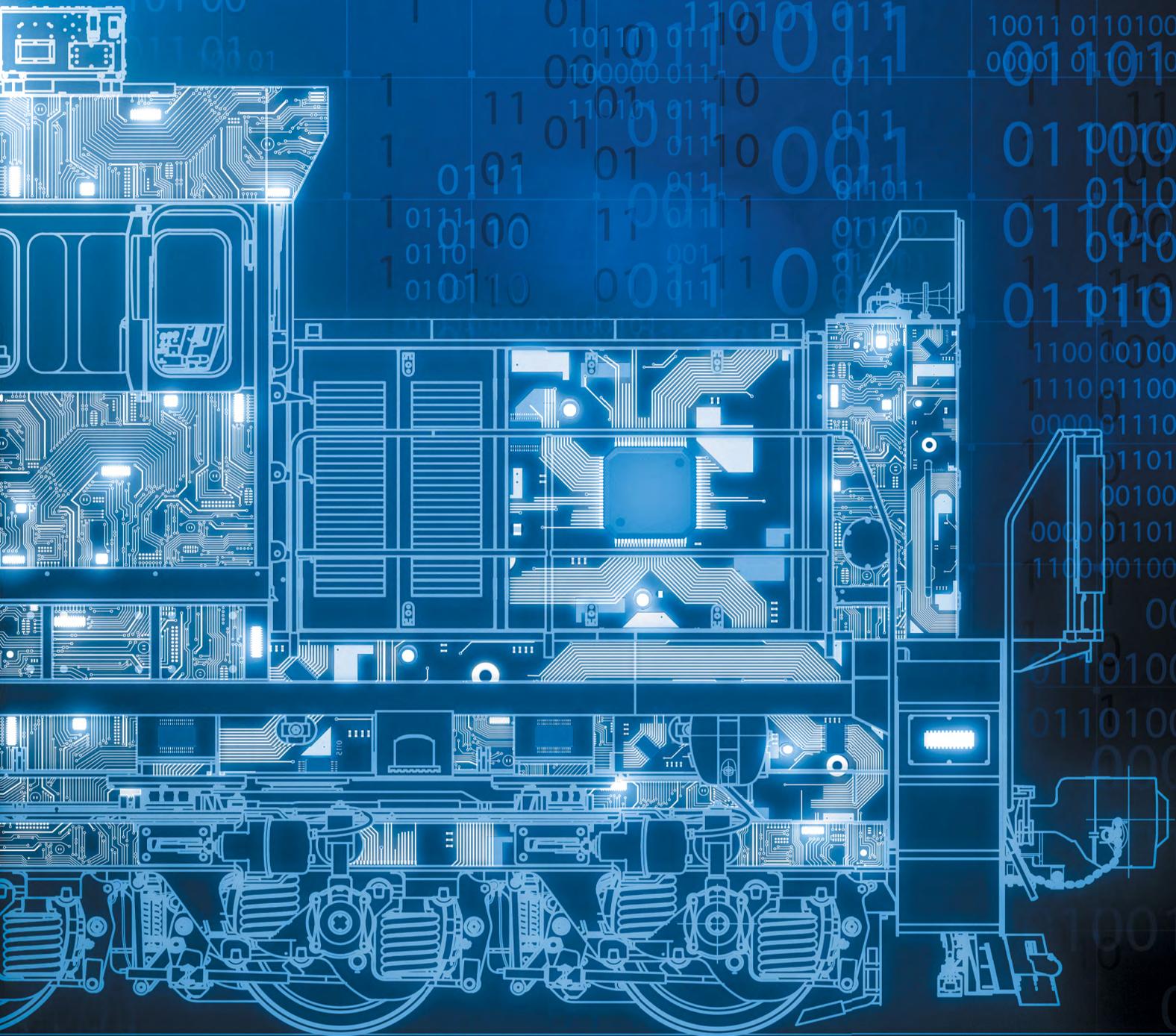


ТЕХНИКА®

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

№ 4 (40) ноябрь 2017



ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



Члены НП «ОПЖТ»

- АББ, ООО
- АВП Технология, ООО
- Азовобщемаш, ПАО
- Азовэлектросталь, ЧАО
- Альстом Транспорт Рус, ООО
- Амстед рейл компани, инк
- Армавирский завод тяжелого машиностроения, ОАО
- АСТО, Ассоциация
- Ассоциация по сертификации «Русский Регистр»
- Балаково карбон продакшн, ООО
- Балтийские кондиционеры, ООО
- Барнаулский вагоноремонтный завод, АО
- Барнаулский завод асбестовых технических изделий, ОАО
- Белорусская железная дорога, ГО
- Вагоноремонтная компания «Купино», ООО
- Вагоноремонтная компания, ООО
- Вагонная ремонтная компания-1, АО
- Вагонная ремонтная компания-2, АО
- Вагонная ремонтная компания-3, ОАО
- Вагонно-колесная мастерская, ООО
- Вайдмюллер, ООО
- ВНИИЖТ, АО
- ВНИИКП, ОАО
- ВНИКТИ, ОАО
- ВНИИР, ОАО
- Волгодизельаппарат, ОАО
- Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий, ООО
- Выксунский металлургический завод, АО
- ГСКБВ им. В. М. Бубнова, ООО
- Диалог-транс, ООО
- ДжейДжи Групп, ООО
- Долгопрудненское научно-производственное предприятие, ПАО
- Евразхолдинг, ООО
- ЕПК-Бренко Подшипниковая компания, ООО
- Жейсмар-Рус, ООО
- Желдорремаш, ОАО
- Завод металлоконструкций, ОАО
- Звезда, ПАО
- Ижевский радиозавод, АО
- Инженерный центр «АСИ», ООО
- Институт проблем естественных монополий, АНО
- Интерпайп-М, ООО
- Кав-Транс, ЗАО
- Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), ФГБОУ ВПО
- Калугапутьмаш, АО
- Калужский завод «Ремпутьмаш», АО
- Кировский машзавод 1-ого Мая, ОАО
- Компания корпоративного управления «Концерн «Тракторные заводы», ООО
- Кременчугский сталелитейный завод, ПАО
- Крюковский вагоностроительный завод, ПАО
- Лугцентрокуз им. С. С. Монастырского, ЧАО
- Межрегиональная группа компаний «ИНТЕХРОС», ЗАО
- Металлинвестиновация, ООО
- Мичуринский локомотиворемонтный завод «Милорем», АО
- Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), ФГБОУ ВПО
- МТЗ «Трансмаш», ОАО
- МуромЭнергоМаш, ООО
- Муромский стрелочный завод, АО
- МЫС, ЗАО
- Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры, ОАО
- Научно-внедренческий центр «Вагоны», АО
- Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта, филиал ПАО «Украинская железная дорога»
- Научные приборы, АО
- Национальная компания «Казахстан Темир Жолы», АО
- НЗТО, ЗАО
- НИИАС, ОАО
- НИИ вагоностроения, ОАО
- НИИ мостов и дефектоскопии, АО
- НИПТИЭМ, ПАО
- НИЦ «Кабельные Технологии», АО
- НИИЭФА-Энерго, ООО
- Новая вагоноремонтная компания, ООО
- НПК «Объединенная вагонная компания», ПАО
- ИПК транспортного машиностроения «Метрополитены и железнодорожная техника», НП
- НПК «Уралвагонзавод» им. Ф. Э. Дзержинского, АО
- НПО Автоматики им. академика Н.А. Семихатова, АО
- НПО «КАСКАД», АО
- НПО «РоСАТ», АО
- НПО «САУТ», ООО
- НПО «Электромашина», АО

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

- НПП «ВИГОР», ООО
- НПП «Смелянский электромеханический завод», ООО
- НПФ «Доломант», ЗАО
- НПЦ «Динамика», ООО
- НПЦ «Инфотранс», АО
- НПЦ «Пружина», ООО
- НТЦ Информационные технологии, ООО
- НТЦ «Привод-Н», ЗАО
- Объединенная металлургическая компания, АО
- Орелкомпрессормаш СП, ООО
- Оскольский подшипниковый завод ХАРП, ОАО
- Остров системы кондиционирования воздуха, ООО
- Первая грузовая компания, АО
- ПО Вагонмаш, ООО
- Покровка финанс, ООО
- ПО «Октябрь», ФГУП
- ПО «Старт», ФГУП
- Производственная торгово-финансовая компания «Завод транспортного оборудования», ЗАО
- ПКФ «Интерсити», ООО
- Проммашкомплект, ТОО
- Радиоавионика, ОАО
- РэйлМатик, ООО
- Рельсовая комиссия, НП
- «Ритм» Тверское производство тормозной аппаратуры, АО
- Рославльский вагоноремонтный завод, АО
- Российские железные дороги, ОАО
- Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), ФГБОУ ВПО
- Саранский вагоноремонтный завод, ОАО
- СГ-Транс, АО
- Сибирский Сертификационный центр – Кузбасс, ООО
- Силовые машины – завод «Реостат», ООО
- Сименс, ООО
- Синара – Транспортные машины, АО
- СКФ Тверь, ООО
- Содружество операторов аутсорсинга, НП
- ССАБ шведская сталь СНГ, ООО
- Стахановский вагоностроительный завод, ПАО
- Тверской вагоностроительный завод, ОАО
- Теплосервис, ООО
- Тимкен-Рус Сервис Компании, ООО
- Тихвинский вагоностроительный завод, АО
- Тихорецкий машиностроительный завод им. В.В. Воровского, ОАО
- Тольяттинский государственный университет, ФГБОУ ВПО
- Томский кабельный завод, ООО
- Торговый дом РЖД, ОАО
- ТПФ «Раут», ООО
- Трансвагонмаш, ООО
- ТрансКонтейнер, ПАО
- Трансмашпроект, ОАО
- Трансмашхолдинг, ЗАО
- Транспневматика, АО
- ТрансЭнерго, ООО
- ТСЗ «Титран-Экспресс», АО
- УК РэйлТрансХолдинг, ООО
- Управляющая компания «Профит центр плюс», ООО
- Управляющая компания РМ Рейл, ООО
- Управляющая компания ЕПК, ОАО
- Уралгоршахткомплект, ЗАО
- Уральская вагоноремонтная компания, ЗАО
- Уральский завод автотекстильных изделий, ОАО
- Уральские локомотивы, ООО
- Уральский межрегиональный сертификационный центр, НОУ
- Уралхим-Транс, ООО
- Фактория ЛС, ООО
- Федеральная грузовая компания, АО
- Фейвели Транспорт, ООО
- Финэкс Качество, ООО
- Финк Электрик, ООО
- Фирма ТВЕМА, АО
- Флайг+Хоммель, ООО
- Фойт Турбо, ООО
- Фонд инфраструктурных и образовательных программ
- Хартинг, ЗАО
- ХЕКСА, ООО
- Хелиос РУС, ООО
- ХК «СДС-Маш», ОАО
- Холдинг кабельный альянс, ООО
- Холдинг Кнорр-Бремзе Системы для Рельсового Транспорта СНГ, ООО
- Центр «Приоритет», ЗАО
- Чирчикский трансформаторный завод, АО
- Шэффлер руссланд, ООО
- Экспортно-промышленная фирма «Судотехнология», ЗАО
- Экспертный центр по сертификации и лицензированию, ООО
- ЭЛАРА, АО
- Электровыпрямитель, ОАО
- Электромеханика, ОАО
- Электро СИ, ООО
- Электротяжмаш, ГП
- Элтеза, ОАО
- Энергосервис, ООО
- Южный центр сертификации и испытаний, ООО
- Яхтинг, ООО

Издатель:



АНО «Институт проблем естественных монополий»
Адрес редакции: 123104, Москва, ул. Малая Бронная, д. 2/7, стр. 1
Тел.: +7 (495) 690-14-26,
Факс: +7 (495) 697-61-11
vestnik@ipem.ru
www.ipem.ru

При поддержке:



НП «Объединение производителей железнодорожной техники»



Комитет по железнодорожному машиностроению ООО «Союз машиностроителей России»

Подписной индекс в каталогах:

Объединенный каталог
«Пресса России» – **41560**

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77-31578 от 25 марта 2008 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования.

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Техника железных дорог», допускается только со ссылкой на издание.

Типография: ООО «Типография Сити Принт», 129226, Москва, ул. Докукина, д. 10, стр. 41
Тираж: 3000 экз.

Периодичность: 1 раз в квартал
Подписано в печать: 17.11.2017

Журнал «Техника железных дорог» (полное название «Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог») включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов.

Редакционная коллегия

Главный редактор:

В. А. Гапанович,
старший советник президента ОАО «Российские железные дороги»,
президент НП «Объединение производителей железнодорожной техники»

Заместитель главного редактора:

Ю. З. Саакян,
к. ф.-м. н., генеральный директор
АНО «Институт проблем естественных монополий», вице-президент НП
«Объединение производителей железнодорожной техники»

Р. Х. Аляудинов,
к. э. н., член корреспондент Академии экономических наук и предпринимательской деятельности России,
действительный член Международной академии информатизации

В. М. Курейчик,
д. т. н., профессор, действительный член Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Дискретная математика и методы оптимизации» Южного федерального университета

Н. Н. Лысенко,
вице-президент, исполнительный директор НП «Объединение производителей железнодорожной техники»

А. В. Зубихин,
к. т. н., заместитель генерального директора по внешним связям и инновациям ОАО «Синара - Транспортные машины», вице-президент НП «Объединение производителей железнодорожной техники»

В. А. Матюшин,
к. т. н., профессор, вице-президент НП «Объединение производителей железнодорожной техники»

А. А. Мещеряков,
вице-президент – статс-секретарь ОАО «Российские железные дороги»

Б. И. Нигматулин,
д. т. н., профессор, председатель совета директоров, научный руководитель ЗАО «Прогресс-Экология»

Заместитель главного редактора:

С. В. Палкин,
д. э. н., профессор, вице-президент НП «Объединение производителей железнодорожной техники»

Ю. А. Плакиткин,
д. э. н., профессор, действительный член Российской академии естественных наук, заместитель директора Института энергетических исследований РАН

Э. И. Позамантир,
д. т. н., профессор, главный научный сотрудник Института системного анализа РАН

О. А. Сеньковский,
первый заместитель начальника Центра технического аудита ОАО «Российские железные дороги»

И. Р. Томберг,
к. э. н., профессор, руководитель Центра энергетических и транспортных исследований Института востоковедения РАН

О. Г. Трудов,
начальник отдела Департамента технической политики ОАО «Российские железные дороги»

А. И. Салицкий,
д. э. н., главный научный сотрудник ИМЭМО РАН

А. В. Акимов,
д. э. н., профессор, заведующий отделом экономических исследований, ФГБУН Институт востоковедения РАН

С. В. Жуков,
д. э. н., руководитель Центра энергетических исследований ИМЭМО РАН

Выпускающая группа

Выпускающий редактор:

Е. В. Матвеева

Редактор:

С. А. Белов

Консультанты:

А. А. Поликарпов
И. А. Скок

Верстальщик:

М. А. Голуб

Дизайн обложки:

Д. В. Рожковец

Корректор:

А. С. Кузнецов

На обложке – дизайнерская обработка чертежа маневрового тепловоза ТЭМ28, АО «Брянский машиностроительный завод»

Содержание

| ТРЕНДЫ И ТЕНДЕНЦИИ |

- С.Г. Недорослев.* Цифровые технологии для машиностроения 4
- Р.А. Краснов.* Кибербезопасность АСУ ТП сегодня 10
- М.Р. Нигматулин.* Мониторинг ситуации в промышленности: III квартал 2017 года . . 14

| СТАТИСТИКА | 24

| АНАЛИТИКА |

- С.Е. Гончаров.* Износ гребней колесных пар грузовых вагонов 32
- А.А. Климов, В.Б. Бондарик, А.В. Стручков, С.В. Домнин.* Исследование металлической основы микроструктуры тормозных локомотивных колодок 38

| КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ |

- И.К. Лакин, В.В. Павлов, В.А. Мельников.* Диагностирование электрической передачи тепловозов с использованием методов машинного обучения 43

- К.М. Гурьяшкин.* Ниши эффективного применения литий-ионных аккумуляторов . 52
- Г.В. Кожевникова, Г.П. Филиппук, А.О. Рудович, В.Я. Шукин.* Прогрессивный метод изготовления черновых вагонных осей 57

- С.В. Тяпаев.* Экологические и технологические аспекты эволюции технологий производства и неразрушающего контроля деталей буксовых подшипников (часть 2) 64

- В.В. Скворцов, В.А. Иванов.* Новый типоразмерный ряд среднеоборотных дизельных двигателей 70

| СОБЫТИЯ |

- Ехро 1520: Курс на цифровизацию 74

| ЮБИЛЕИ | 75

| АННОТАЦИИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА | . . 76

Цифровые технологии для машиностроения



С.Г. Недорослев,
к.э.н., президент ООО «СТАН»

В июне 2017 года Правительство РФ одобрило Стратегию развития транспортного машиностроения до 2030 года, среди ключевых задач которой – насыщение внутреннего рынка конкурентоспособной продукцией. Один из вариантов развития отрасли – умеренно оптимистический – подразумевает практически полное замещение импорта на внутреннем рынке – до 90%, а экспорт выпускаемой продукции – на уровне 18%.

Оптимизация в транспортном машиностроении

Для того чтобы достичь необходимых показателей, нужна существенная государственная поддержка, направленная на локализацию производства. Однако даже отдельно взятому предприятию транспортного машиностроения вполне под силу разработать комплекс мер, которые повысят экономическую эффективность производства за счет увеличения производительности при одновременном сокращении затрат.

Рассмотрим ряд факторов, присущих большинству предприятий транспортного машиностроения и напрямую влияющих на экономическую эффективность производства:

- *Большая номенклатура деталей. Многодетальность, высокая точность их обработки.* Постоянное обновление номенклатуры сопровождается большим объемом вычислений как на этапе планирования, так и при производстве. Эффективность во многом зависит от используемых методов цифрового учета.
- *Высокая трудоемкость отрасли, длительность производственного цикла.* Выпуск продукции транспортного машиностроения требует гораздо больше времени по сравнению с другими отраслями.
- *Наличие как серийного, так и уникального производства.* Ориентировочно больше половины станочного парка предприятий транспортного машиностроения составляет такое оборудование, которое ча-

сто влияет на общую работу предприятия и пропускную способность, поскольку требует отдельных расчетов по загрузке.

- *Сложность производимых изделий, которая касается не только уникальности с точки зрения технологий, но и габаритов и веса отдельных деталей.* Это влечет за собой существенные транспортные издержки, прежде всего временные, а, значит, в некоторых случаях может привести к значительным простоям рабочих и станков на определенных участках. Транспортные операции должны быть обязательно включены в технологический процесс производства детали.
- *Планирование производственного процесса.* Весь процесс производства можно условно разделить на три части: создание заготовок, их обработка и сборка. Процесс перехода детали из одной стадии в другую – время, которое нужно планировать. Если же детали приходят с других предприятий, есть вероятность, что отсутствие единой электронной системы планирования такого перехода может существенно повлиять на календарные планы всего производственного процесса. По некоторым данным, удельный вес подобных работ, если они выполняются вручную, достигает 50–60%.
- *Недозагруженность машиностроительных производств.* Так, по оценкам экспертов, в 2015 году загрузка производственных

мощностей российских предприятий по производству локомотивов составила 54,2%, грузовых вагонов – 46%, магистральных пассажирских вагонов – 28%¹.

- *Консолидация транспортных активов.* С точки зрения конкурентоспособности компании, выпускающие широкий спектр продукции за счет консолидации научно-технического и производственного потенциала, способны быть на равных с лидерами мирового транспортного машиностроения, однако это также требует и создания единой системы учета функционирования всех активов.
- *Отсутствие единой системы мониторинга качества продукции.*
- *Проходящий процесс перевооружения предприятий отрасли.* Он призван повысить качество продукции, инновационность и технологичность всех производственных процессов и должен учитывать общий вектор развития мировой промышленности в сторону роботизации и цифровизации.

На простом примере работы станков для производства колесных пар или любых других деталей в машиностроении становится понятно, что далеко не все возможности современных технологий сейчас используются на промышленных предприятиях. «Умные станки» при максимальном использовании их функционала помогают контролировать процесс производства, формировать отчетность, проводить финансовый мониторинг и, соответственно, контролировать и прогнозировать расходы. Высокотехнологичные металлообрабатывающие центры дают возможность полагаться не на субъективные данные, а на абсолютно объективную цифровую модель. Конечно, зачастую это расходится с привычной многим советской моделью управления предприятиями, когда нормой считалось создание запасов, которые могут когда-то позже понадобиться. Сегодня это уже не работает, так как контроль издержек в современных компаниях – необходимое условие повышения эффективности.

Цифровизация промышленности

Цифровизация производства, которая еще несколько лет назад была далека от российских реалий, сейчас обрела вполне осязаемые очертания и поддержку на уровне государства для внедрения в разные сферы жизни. Практически перед любой отраслью стоит задача по достижению глобальной конкурентоспособности, и часто именно диджитализация видится как тот путь, который приведет к максимальной эффективности и высокой производительности труда.

Многие страны Европы, а также США, Япония, Китай перестраивают или уже перестроили свои предприятия в сфере транспорта, телемедицины, промышленности, науки в соответствии с принципами цифрового производства. Так, Siemens уверенно стремится к тому, чтобы перевести в цифровую форму весь процесс производства высокоскоростных поездов. Уже сейчас они создаются и дорабатываются в лабораториях виртуальной реальности,

моделируется также и весь жизненный цикл изделия – вплоть до технического обслуживания. Россия сейчас находится в догоняющей позиции, но если мы хотим обеспечить стране лидерство в разных отраслях, то цифровизация – одно из обязательных внедрений, причем в этом направлении должна развиваться вся экономика.

Конечно, в отсутствие цифровых платформ и большого числа высокотехнологичных компаний Россия не сможет быстро поставить всю промышленность на цифровые рельсы. Легче этот процесс пройдет в сфере финансов, торговли, телекоммуникационных услуг, именно поэтому цифровая структура в транспортном машиностроении должна быть сформирована государством с привлечением ведущих компаний, которые могут помочь с ее созданием.

В 2017 году Минпромторг России приступил к созданию проекта единого цифрового пространства промышленности

¹ Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года.

России 4.0 RU. В рабочую группу вошли высокотехнологичные компании в области электроники, производства и информационной безопасности: ООО «СТАН», АО «Лаборатория Касперского», НПП «Итэлма», Siemens. На выставке «Иннопром-2017» был представлен первый прототип единого цифрового пространства, с помощью которого была изготовлена базовая крепежная деталь в машиностроении. Прототип показывает, как будет функционировать промышленность, переведенная в цифровой формат, и какие процессы в компаниях должны участвовать в изменениях (рис. 1).

Проект 4.0 RU подразумевает создание своего рода онлайн-биржи, в которую интегрированы вертикальные и горизонтальные цепочки создания, производства и обслуживания промышленных изделий. В единую цифровую систему объединены компании-заказчики, проектные бюро, металлообрабатывающие и другие производственные компании по всей России, транспортные компании и т. д. Таким образом, заказчик (участник биржи) может в режиме

реального времени отслеживать все этапы производства, к примеру, колесных пар для железнодорожного вагона, начиная от формулирования самого заказа и заканчивая сервисным обслуживанием уже готового изделия.

Такая организация промышленного производства в масштабах страны как раз призвана оптимизировать перечисленные ранее факторы, влияющие на эффективность производства, в том числе в транспортном машиностроении²:

1. *Сокращение сроков производства продукции в среднем на 20%, в некоторых случаях – на 50%. Сотни, а иногда и тысячи субподрядчиков по поставке комплектующих и предоставлению услуг, объединенные в единое информационное пространство, синхронизируют все кооперационные процессы, прежде всего логистические, увеличивая тем самым производственную мощность.*
2. *Оптимизация мощностей.* Онлайн-биржа позволит отслеживать загрузку производственных площадок по всей

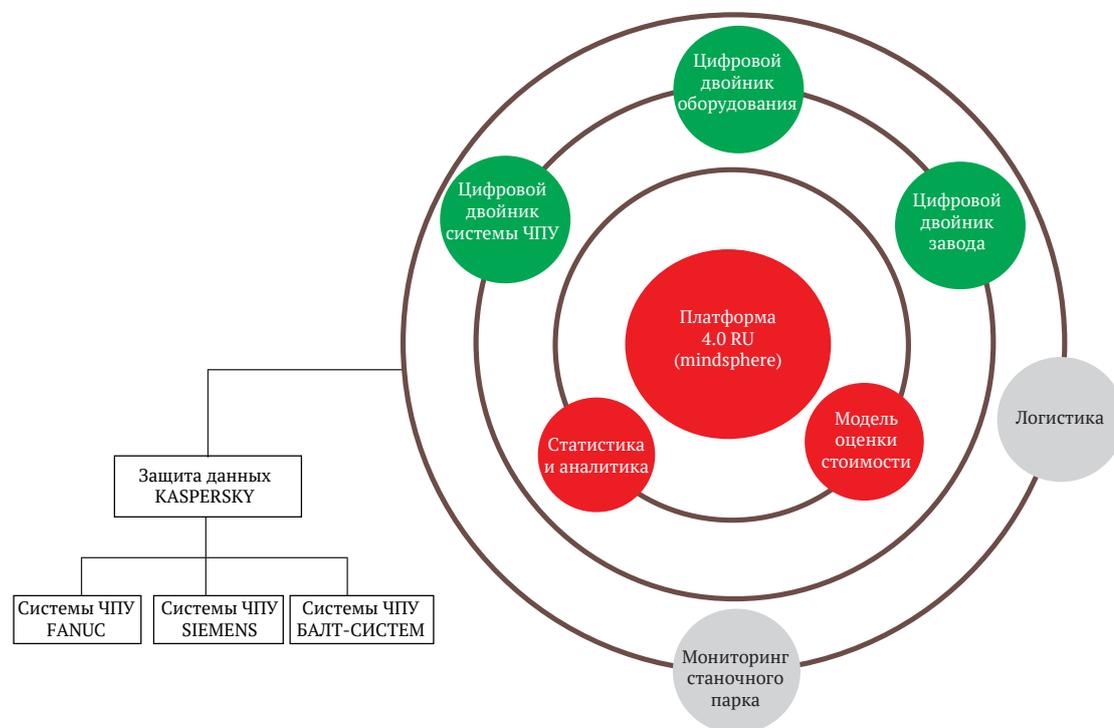


Рис. 1. Архитектура проекта 4.0 RU

² Источник информации – опыт компании Siemens, которая также является членом рабочей группы проекта 4.0 RU. В России нижеперечисленные показатели во многом будут достигнуты за счет повышения производительности труда и благодаря цифровизации производства.

- стране. Недозагруженные предприятия могут предлагать более привлекательные условия изготовления деталей как по времени производства, так и по стоимости.
3. *Оптимизация внутрикооперационных связей.* Машиностроительные предприятия создают холдинги и корпорации, где централизуется большинство процессов. Цифровое управление сквозными производственными процессами существенно сократит процент ручного труда на производствах (от 10 до 30%), увеличив соответственно производительность.
 4. *Прозрачность процесса производства.* Интеграция в единую систему горизонтальных связей (клиенты, поставщики, партнеры) позволяет отслеживать процесс создания добавленной стоимости продукта на каждом этапе: движение конкретной детали в общей цепочке от ее эскиза до доставки клиенту отражается в онлайн-системе не только в отношении логистики, но также с точки зрения того, сколько каждая операция добавляет в цене изделия.

5. *Повышение качества производимой продукции.* Горизонтальная интеграция дает возможность проектировщикам и разработчикам оперативно реагировать на технические требования, предъявляемые заказчиком, получать обратную связь и налаживать процесс обслуживания. Кроме того, совместное планирование спроса позволяет клиентам и производителям общими усилиями отслеживать изменения в спросе и оперативно реагировать на них.
6. *Анализ данных.* Всевозможные данные, поступающие с датчиков оборудования на всех этапах производства, помогут свести к минимуму сопутствующие потери – тепловые, логистические, технологические и пр.

Цифровизация, конечно, существенно оптимизирует все производственные процессы, но они будут происходить постепенно. На рисунке 2 видно, как скоро компании ждут результатов от внедрения цифровизации в производство и насколько этот процесс имеет отложенное действие.

Так, компания PriceWaterhouseCoopers в 2016 году провела масштабное исследование

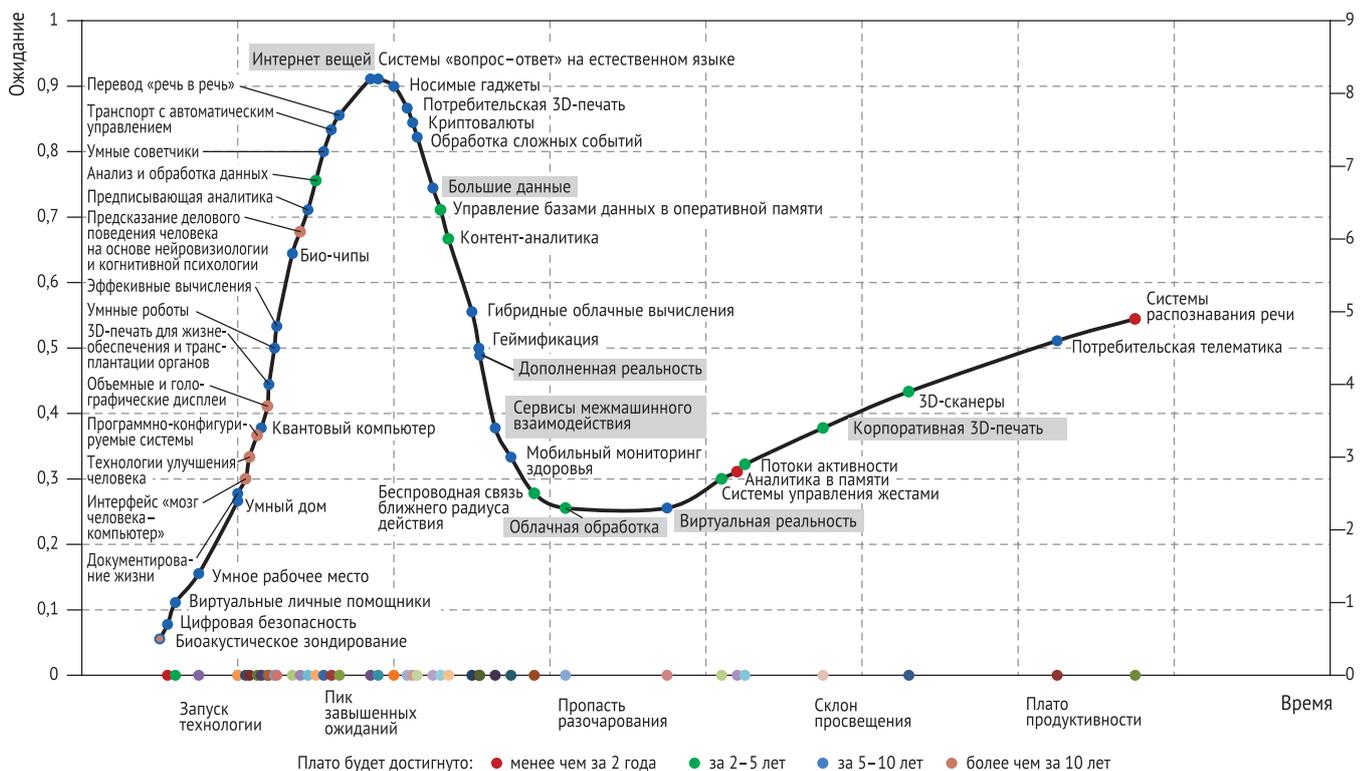


Рис. 2. Цикл зрелости перспективных технологий

дование промышленных компаний, посвященное «Индустрии 4.0», которое, в частности, показало, что в среднем пред-

приятия всех секторов ожидают ежегодного снижения операционных затрат на уровне 3,6%.

Первые шаги

Для того чтобы все описанное выше заработало во всей стране, конечно, потребуется не один и не два года. Сроки внедрения проекта цифровизации промышленности во многом зависят от того, насколько оцифрованы все вертикальные процессы в компаниях – потенциальных участниках биржи. Организациям сначала необходимо завершить вертикальную интеграцию, начиная с самых центральных звеньев своих процессов: литья, проката, плавки, обработки металлов и пр.

В российской практике на данный момент отсутствуют примеры полномасштабного внедрения «Индустрии 4.0» на промышленных предприятиях. Относительно оцифрованы некоторые этапы на автомобильных производствах (например, проектные работы, документооборот), но это лишь самое начало цифровизации. Сравнительно недалеко ушли и зарубежные компании, где внедрение принципов «Индустрии 4.0» еще далеко не завершено, но в скором времени уже позволит проследить некоторые результаты применения.

Так, в 2013 году компания Konecranes, мировой лидер в области производства и

технического обслуживания грузоподъемной техники, одна из первых начала работу в области внедрения диджитализации в свои производственные процессы. Промышленный Интернет вещей³ охватывает такие блоки работ, как мониторинг работы кранов и производственного оборудования, работу с клиентами, управление ресурсами предприятий и жизненным циклом изделий, конфигурацию заказов. Однако, несмотря на то, что к системе подключены более 10 тыс. ед. оборудования, компания все еще находится на этапе сбора данных. Переход от анализа к действию позволит оптимизировать все производственные процессы. Уже сейчас клиенты компании предвидят существенные преимущества цифрового производства: оптимизацию работы крана с точки зрения вопросов безопасности, обслуживания и производительности, увеличение вариантов полезного использования погрузочно-разгрузочного оборудования на протяжении срока его службы, оптимизацию общей стоимости содержания крана, повышение нестандартных видов работ крана в конкретных условиях его эксплуатации и др.

Этапы внедрения цифрового производства в промышленных предприятиях

Рано или поздно большинство промышленных предприятий в России также перейдет на цифровой формат, поскольку это необходимый этап развития, который обеспечивает компаниям лидерство в высококонкурентных отраслях.

Проект 4.0 RU, реализуемый под эгидой Минпромторга России, сегодня является единственным держателем технологий внедрения цифровизации в промышлен-

ности. Уже отработан механизм, позволяющий реализовать принципы «Индустрии 4.0» практически на любом предприятии.

В зависимости от многих параметров (объем предприятия, уровень цифровизации внутренних процессов и т. д.) сроки внедрения цифрового производства составляют от 6 месяцев до нескольких лет.

План внедрения выглядит следующим образом:

³ Промышленный Интернет вещей (IoT) – объединение всех производственных объектов, процессов и рабочих мест в единую информационную сеть.

Табл. 1. Категории предприятия в соответствии с выбранной стратегией внедрения Индустрии 4.0

Опыт в области использования технологий (Y)	Высокий (от 6 до 10)	IV. Развитие ключевых компетенций Каких еще высот можно достичь, используя накопленный опыт?	III. Оптимизация процессов и продукции Как оптимизировать процессы и продукцию с помощью имеющихся технологий?
	Низкий (от 1 до 6)	I. Ведение бизнеса без существенных изменений Удастся ли в будущем вести бизнес без изменений?	II. Прорыв к новым берегам Стоит ли отважиться на что-то совершенно новое?
		Низкая (от 1 до 5)	Высокая (от 6 до 10)
		Необходимость корректировки бизнес-стратегии (X)	

Прим. Предлагается заполнить таблицу, в которой перечислены основные области использования технологий, а компания, в свою очередь, должна сама оценить, в какой степени эти технологии использованы в производстве. Далее считается средний балл. Таким образом, компания понимает свое положение по оси Y, аналогично – по оси X.

1. Аудит текущей производственной системы, анализ уровня цифровизации и инжиниринг технологических процессов. Компаниям необходимо понять, на каком этапе «готовности» они находятся, к какой категории они относятся в текущий момент (табл. 1) и в зависимости от этого начинать разрабатывать стратегию внедрения.
2. Оцифровка всех необходимых деталей и процессов.
3. Разработка стратегии внедрения 4.0 RU.
4. Техническое переоснащение производства или модернизация текущего оборудования.
5. Реализация пилотного проекта.
6. Определение необходимых ресурсов.
7. Внедрение цифровизации на всех стадиях производственного процесса.

Переход на производство в соответствии с принципами «Индустрии 4.0» во многом

коррелирует с внедряемым на предприятиях транспортным машиностроением стандартом IRIS, имеющего цель – создать в организации систему оценки и менеджмента, которая приведет к снижению дефектов во всей цепи поставок. Если IRIS в большей степени относится к принципам ведения бизнеса и отдельных процессов, то цифровизация – это технологическая модернизация, объединение всех процессов в единую онлайн-систему.

Процесс внедрения цифровизации на предприятиях транспортного машиностроения с присущими им особенностями небыстрый, но по этому пути рано или поздно пойдут все компании этой отрасли. И если мы не хотим оказаться в хвосте, а стремимся сохранить за собой лидерство и производить продукцию высокого качества по конкурентной цене, то нужно как можно раньше включиться в этот процесс.

Список использованной литературы

1. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия (электронный ресурс). – Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf. (Дата обращения: 02.10.2017).
2. Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года (электронный ресурс). – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/klnxiLOfYHPRsEe6cD9NsI0KM32LMacz.pdf>. – (Дата обращения: 02.10.2017).
3. Армин Рот. Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики / пер. с нем. под общей ред. А.В. Косторова / Мир станкостроения. – 2017. – С. 109–115, 275–280. (S)

Кибербезопасность АСУ ТП сегодня



Р. А. Краснов,
эксперт
по защите
промышленных
систем Positive
Technologies

История автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) насчитывает уже не один десяток лет. АСУ ТП применяются во всех отраслях реального сектора экономики: нефтегазовой, энергетической, металлургической, тяжелой промышленности и т. д. Транспортная инфраструктура не является исключением из общего правила и также во многом полагается на различную автоматику, а это – сотни тысяч различных микропроцессорных систем, без которых экономическая эффективность транспортной инфраструктуры была бы неконкурентоспособной.

Особенности АСУ ТП в контексте обеспечения информационной безопасности

Одной из специфических особенностей АСУ ТП, в отличие от всевозможных корпоративных информационных систем, является их продолжительный жизненный цикл, исчисляющийся не годами, а десятками лет. Этот нюанс становится ключевым в условиях динамично развивающихся информационных технологий общего назначения, на фундаменте которых основывается современная промышленная автоматизация. Вследствие этого даже в небольших инфраструктурах могут одновременно сосуществовать и взаимо-

действовать как АСУ ТП, произведенные в раннюю эпоху цифровизации, так и системы, которые можно смело отнести к промышленному Интернету вещей (IIoT). При этом конструктивный предел систем различных эпох в разрезе информационной безопасности также совершенно разный. Некоторые из них не подразумевают никакой киберзащищенности исторически – и в этом случае можно говорить об отсутствии аутентификации, реализации протоколов без учета злоумышленных воздействий и т. д.

Конвергенция технологических и ИТ-инфраструктур как причина растущей угрозы

Фактически до настоящего времени кибербезопасность АСУ ТП существовала лишь в узком понимании: фокус при проектировании и эксплуатации был смещен на обеспечение функциональной безопасности. Во главу угла всегда ставилась надежность и безопасность системы при реализации конкретной антропогенной угрозы: ошибки оператора. Такой подход работал, пока элементы АСУ ТП оставались в достаточной мере изолированными от внешнего мира и существовала концепция «воздушного зазора»¹, препятствующего проникновению извне.

Многочисленные исследования и наш практический опыт анализа защищенности различных АСУ ТП говорят о том, что изолированность современных промышленных систем является не более чем условной, а устойчивость к злоумышленному проникновению – низкой. Жесткая рыночная конкуренция и соответствующие бизнес-требования по эффективности производства диктуют необходимость интеграции различных АСУ – от полевого уровня до уровня управления предприятием. Кроме этого, даже в рамках одной АСУ ТП могут использоваться внешние сети передачи

¹ Воздушный зазор (air gap) (англ.) – мера обеспечения информационной безопасности, заключающаяся в том, что целевая компьютерная сеть физически изолируется от небезопасных сетей: Интернета и локальных сетей с низким уровнем безопасности – IETF RFC 4949.

данных, радиоканалы GSM, и в том числе Интернет. В частности, на начало 2017 года исследователями Positive Technologies было выявлено более 160 000 реально эксплуатируемых компонентов АСУ ТП по всему миру, которые подключены к сети Интернет, что потенциально позволяет злоумышленнику удаленно воздействовать на них и нарушить нормальный режим эксплуатации управляемых промышленных объектов. При этом подключение АСУ ТП к публичным сетям передачи данных может как преследовать цели санкционированного удаленного управления (в ходе пусконаладочных работ, для устранения ошибок и обновления конфигураций и т.д.), так и являться ошибкой, несущей в себе потенциальную угрозу безопасности.

Обеспечить в таких условиях всеобъемлющую киберзащиту от атаки извне далеко не всегда удается, а чаще всего подобная задача и вовсе не ставится вследствие недооценки рисков и других причин. Результаты этого мы могли видеть в первой половине 2017 года, когда из-за внешних атак вирусов-шифровальщиков (WannaCry (рис. 1), Petya/NotPetya) пострадали в том числе и промышленные предприятия. Это, например, случилось с транспортно-логистическим гигантом Maersk Group, ущерб которого от действия шифровальщика NotPetya составил, по собственным оценкам компании, от 200 млн долл. до 300 млн долл. Еще ранее, в ноябре 2016 года, вредоносное ПО (HDDCryptor) парализовало работу метро

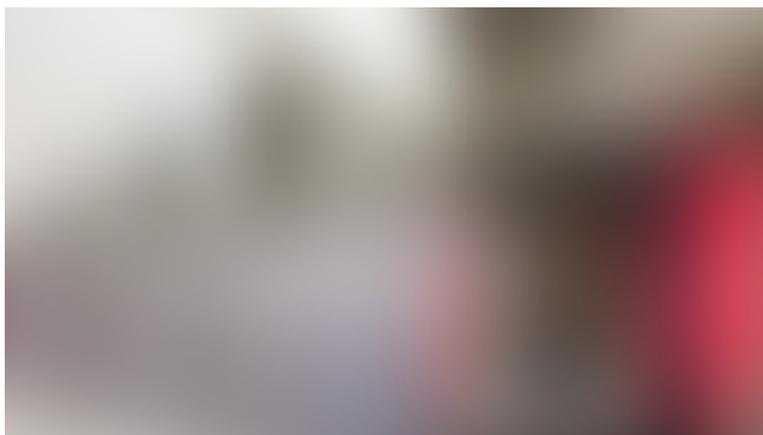


Рис. 1. Информационное табло железнодорожной станции, подвергшейся атаке шифровальщика WannaCry (Германия, 2017 год)

Сан-Франциско (США). В ходе атаки было инфицировано 2 112 систем, включая панели управления администраторов, рабочие станции CAD, системы оплаты, серверы баз данных, терминалы департамента потерянных вещей, серверы электронной почты и печати, рабочие станции сотрудников, а также компьютеры в киосках продажи билетов.

Детальных примеров, когда информация о киберинцидентах в промышленности и на транспорте становится доступной СМИ, экспертам и широкой публике не так много. Причиной тому является историческая непубличность предприятий реального сектора экономики. Кроме этого, зачастую предприятия попросту не имеют надлежащих средств и ресурсов для идентификации и верной классификации киберинцидента.

Низкая устойчивость компонентов АСУ ТП к атакам

В сложных и распределенных промышленных инфраструктурах (особенно транспортных) может функционировать огромное количество взаимодействующих между собой систем, включая системы непосредственного управления транспортным потоком, связь, бортовые системы управления, навигацию, телеметрические комплексы, развлекательные онборд-подсистемы, системы учета пассажиропотока и т.д. Кроме этого, следует принимать во внимание и трансграничную сущность многих транспортных инфраструктур,

при которой необходимо обеспечить корректное взаимодействие с иностранными системами. Все это делает обеспечение кибербезопасности ключевой для транспортной отрасли задачей, чрезвычайно комплексной и критически важной, особенно с учетом напряженной геополитической обстановки. Не стоит также забывать и о том, что большая часть компонентов АСУ ТП, поставляющихся для нужд нашей промышленности, в том числе железных дорог, – иностранного производства (например, по ряду оценок доля импортных

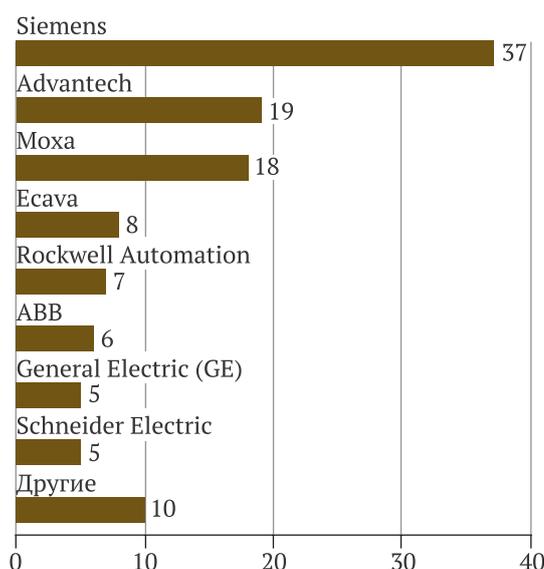


Рис. 2. Уязвимости по основным производителям компонентов АСУ ТП

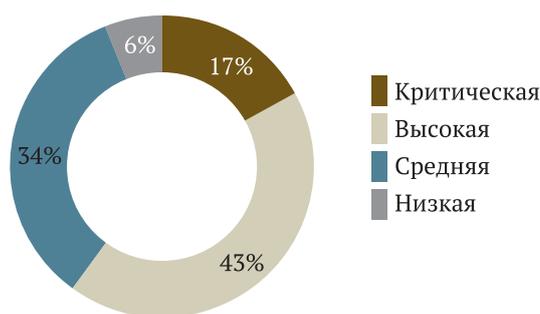


Рис. 3. Распределение уязвимостей по степеням риска

компонентов в железнодорожной сфере может достигать 90%²).

Необходимо отметить, что, будучи незащищенной от проникновения зло-

умышленника извне, любая АСУ ТП чаще всего обладает фактически нулевой устойчивостью к несанкционированному воздействию изнутри. При проектировании АСУ ТП, а также разработке ее компонентов внимание, уделяющееся вопросам кибербезопасности, минимально: разработчики чаще всего не ставят перед собой подобные задачи. Таким образом, распространенные компоненты (SCADA/ЧМИ, ПЛК и т.д.), в том числе от ведущих производителей современных АСУ ТП, несут в себе опасные уязвимости. Всего за 2016 год было опубликовано более сотни (и это только публичные истории) уязвимостей в компонентах АСУ ТП основных производителей, больше всего их найдено в продуктах Siemens, Advantech и Муха (рис. 2). При этом основная доля таких уязвимостей имеет критическую и высокую степень риска (в соответствии с оценкой CVSS версии 3) и большая их часть приходится на устройства диспетчеризации и мониторинга (ЧМИ/SCADA) (рис. 3). Наиболее распространенные уязвимости – удаленное выполнение кода, отказ в обслуживании и раскрытие информации, создающие риск внештатного режима работы систем, выхода из строя оборудования, остановки производственных процессов. Данная статистика, к сожалению, актуальна и в отношении микропроцессорных систем управления железнодорожным движением и железнодорожной автоматикой (МПСУ ЖАТ) (табл. 1).

Обеспечение информационной безопасности МПСУ ЖАТ

В ходе анализа защищенности ряда МПСУ ЖАТ нами было установлено, что эксплуатация найденных уязвимостей может привести к широкому спектру последствий – от блокирования систем и нарушения их работоспособности до дистанционного изменения параметров управления локомотивом.

К сожалению, устранение уязвимостей такого уровня в действующих АСУ ТП зачастую невозможно в короткий срок, так

как для этого необходимо выводить оборудование в режим обслуживания, приостанавливать производственный процесс, что затруднительно. Нередко производитель ПТК (программно-технический комплекс) просто не в состоянии оперативно предоставить исправление. Не стоит также забывать о том, что многие АСУ ТП имеют определенные ограничения на внесение изменений и сертификационные требования.

² PC Week № 8–9 (907–908), 31 мая 2016 года, «Кибербезопасность российских железных дорог», интервью с Б. Макаровым, руководителем центра кибербезопасности ОАО «НИИАС».

Табл. 1. Примеры обнаруженных уязвимостей

	ICSA-16-336-01 (CVE-2016-8567)	SEVD-2016-343-01	ICSA-16-336-05A (CVE-2016-9360)
Производитель	Siemens	Schneider Electric	General Electric
Краткое описание	Уязвимость в программном обеспечении Siemens SICAM Power Automation System связана с ненадежным хранением паролей и разглашением чувствительной информации. Злоумышленник может удаленно получить привилегированный доступ к базе данных SICAM PAS, используя стандартную возможность дистанционного конфигурирования через TCP-порт 2638 и жестко закодированные пароли в заводских учетных записях	Уязвимость в программном обеспечении StruxureWare Data Center Expert 7.3.1.114 и 7.2.4 и более ранних версиях продукта связана с небезопасным хранением некоторых паролей в открытом виде в оперативной памяти	Уязвимость в продуктах Proficy HMI/SCADA iFIX 5.8 SIM 13, Proficy HMI/SCADA SIMPLICITY 9.0, Proficy Historian 6.0 и в их предыдущих версиях позволяет злоумышленнику локально перехватить пароли пользователей при наличии доступа к авторизованной сессии
Оценка CVSS	9,8 Уязвимость критического уровня риска	7,6 Уязвимость высокого уровня риска	6,4 Уязвимость среднего уровня риска
Вектор CVSS	AV:N/AC:L/PR:N/UI:N/S:U/C:H/I:H/A:H	AV:N/AC:L/PR:H/UI:N/S:C/C:H/I:L/A:N	AV:L/AC:H/PR:H/UI:R/S:C/C:H/I:L/A:L
Рекомендации по устранению	Для устранения уязвимости производитель рекомендует обновить SICAM PAS до версии 8.0	Для устранения уязвимости производитель рекомендует обновить программное обеспечение до версии 7.4.0 или выше	Для устранения уязвимости производитель рекомендует обновить Proficy HMI/SCADA iFIX до версии 5.8 SIM 14, Proficy HMI/SCADA SIMPLICITY — до версии 9.5, а Proficy Historian — до версии 7.0
Ссылка	ics-cert.us-cert.gov/advisories/ICSA-16-336-01	schneider-electric.com/en/download/document/SEVD-2016-343-01	ics-cert.us-cert.gov/advisories/ICSA-16-336-05A

«Безопасность АСУ ТП: итоги 2016 года», Positive Technologies, 2017

Кроме этого, для многих уязвимостей, особенно устаревших компонентов (в том числе операционных систем АРМ'ов), попросту отсутствуют исправления. При выработке мер по обеспечению информационной безопасности таких систем приоритет отдается непрерывности процесса, поэтому предпочтительно применение пассивных средств защиты (специализированных СОВ/IDS), не влияющих на технологический процесс, сетевую инфраструктуру и оборудование во избежание его отказа, снижения надежности и эффективности систем и других нежелательных последствий. Такие решения обеспечивают непрерывный мониторинг сетевой активности и позволяют выявлять уязвимости и хакерские атаки.

Решение проблем кибербезопасности АСУ ТП, и МПСУ ЖАТ в частности, является комплексной задачей, требующей координации как корпоративных, так и государственных усилий. Сюда относится разработка нормативного и методического обеспечения, внедрение передовых технологий безопасной разработки (SSDL) на стороне производителей компонентов АСУ ТП, а также специализированных систем непрерывного анализа защищенности и управления инцидентами информационной безопасности на местах и в контексте государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА). 

Мониторинг ситуации в промышленности: III квартал 2017 года



М. Р. Нигматулин,
старший эксперт-аналитик Департамента исследований ТЭК
Института проблем естественных монополий (ИПЕМ)

По итогам III квартала 2017 года индексы ИПЕМ синхронно выросли по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Устойчивая положительная динамика сохраняется уже более 1,5 лет, что свидетельствует о восстановлении реального сектора от прошлых экономических потрясений. Локомотивом роста остаются добывающие секторы, результаты которых подкрепляются благоприятной конъюнктурой на экспортных рынках. Обрабатывающий сектор также растет, демонстрируя умеренно положительную динамику, однако в отраслевом разрезе ситуация не столь однозначна. Статистика инвестиций в основной капитал в текущем году выглядит оптимистично: за I полугодие текущего года наблюдается рост данного показателя, главным образом благодаря снижению общей макроэкономической неопределенности.

Анализ основных результатов расчета индексов ИПЕМ

По итогам III квартала 2017 года индексы ИПЕМ продемонстрировали положительную динамику: индекс ИПЕМ-производство вырос на 0,4% к аналогичному периоду 2016 года. Индекс ИПЕМ-спрос за аналогичный период также продемонстрировал рост: +3,1% – к III кварталу 2016 года (рис. 1).

Устойчивая позитивная динамика индексов позволяет говорить об этапе восстановления российской экономики после кризисного спада 2015–2016 годов. За 9 месяцев 2017 года индекс ИПЕМ-производство вырос на 1,3% к соответствующему периоду прошлого года, индекс ИПЕМ-спрос – на 3,3%. На фоне высоких показателей в конце прошлого квартала, вызванных действием временных факторов (аномально низкие температуры, статистический эффект «низкой базы»), резко выделяется падение индекса ИПЕМ-производство в начале III квартала текущего года на 1,2%, во многом связанное со снижением отгрузки продукции в обрабатывающих отраслях.

Результаты расчета индекса промышленного производства (ИПП) Росстата также свидетельствуют о выходе экономики на траекторию роста: ИПП повышается уже 7-й квартал подряд. По итогу III квартала 2017 года ИПП поднялся на 1,4%, а с начала года – на 1,8%.

Тренды со снятием сезонности в III квартале фиксируют однонаправленное движение индексов производства и спроса (рис. 2).

Источники роста промышленности сосредоточены как в секторах, связанных с добычей сырья, так и в обрабатывающем производстве. Рост в добывающих отраслях происходил в первую очередь за счет увеличения производства газа и благоприятной конъюнктуры на экспортных рынках¹. Основным драйвером в несырьевом сегменте выступил обрабатывающий сектор промышленности. В частности, устойчивый рост показали пищевая, химическая промышленности, а также машиностроение².

¹ См. раздел «Анализ основных количественных показателей работы ТЭК, выявление основных тенденций его развития».

² См. раздел «Анализ основных результатов расчета индекса ИПЕМ-спрос по отраслевым группам».

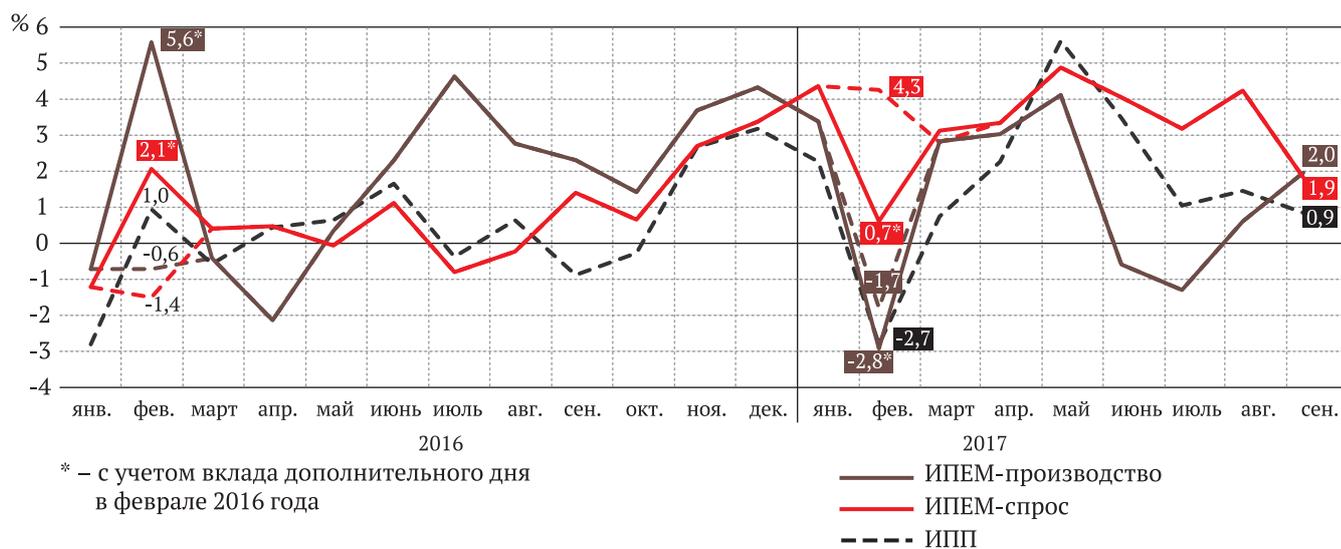


Рис. 1. Динамика индексов ИПЕМ в 2016–2017 годах (к соответствующему месяцу прошлого года)

Вместе с тем сохраняется неоднородность процессов оживления экономической активности по отраслям. Так, сокращение

выпуска в металлургическом секторе оказало негативное влияние на итоговые показатели промпроизводства.

Анализ основных результатов расчета индекса ИПЕМ-спрос по отраслевым группам

Расчет индекса ИПЕМ-спрос в отраслевом разрезе показывает, что в III квартале 2017 года рост спроса продолжился в добывающих и низкотехнологичных отраслях (рис. 3). Среднетехнологичные отрасли с начала 2017 года также демонстрируют положительную динамику нарастающими темпами (табл. 1).

Спрос на продукцию высокотехнологичных отраслей продолжает снижать-

ся, однако темпы падения замедлились по сравнению с предыдущими кварталами.

Добывающие отрасли

Рост спроса в добывающих отраслях в III квартале 2017 года замедлился и составил +3,6% (+5,2% – во II квартале, +4,1% – с начала года). Положительная динамика спроса в добывающих отраслях

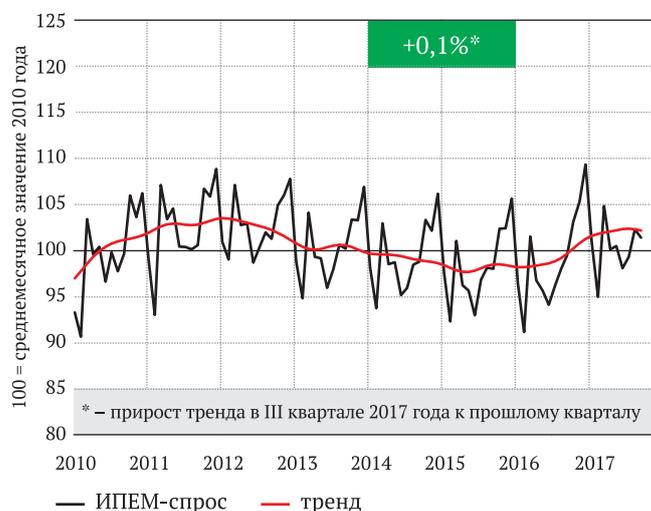
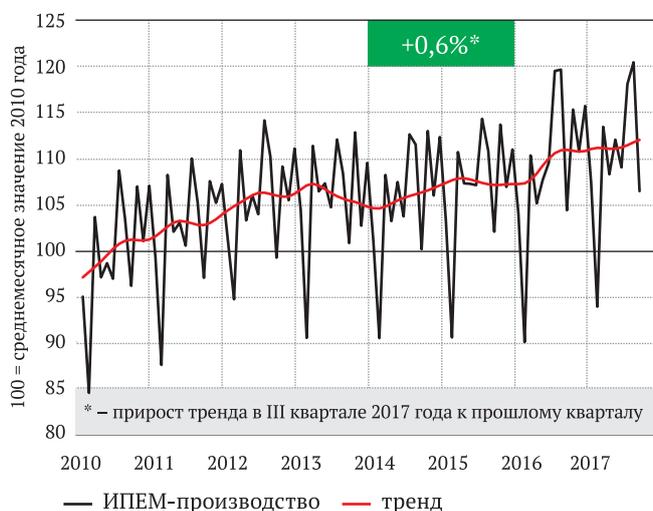


Рис. 2. Динамика индексов ИПЕМ в 2010–2017 годах (тренд со снятием сезонности)

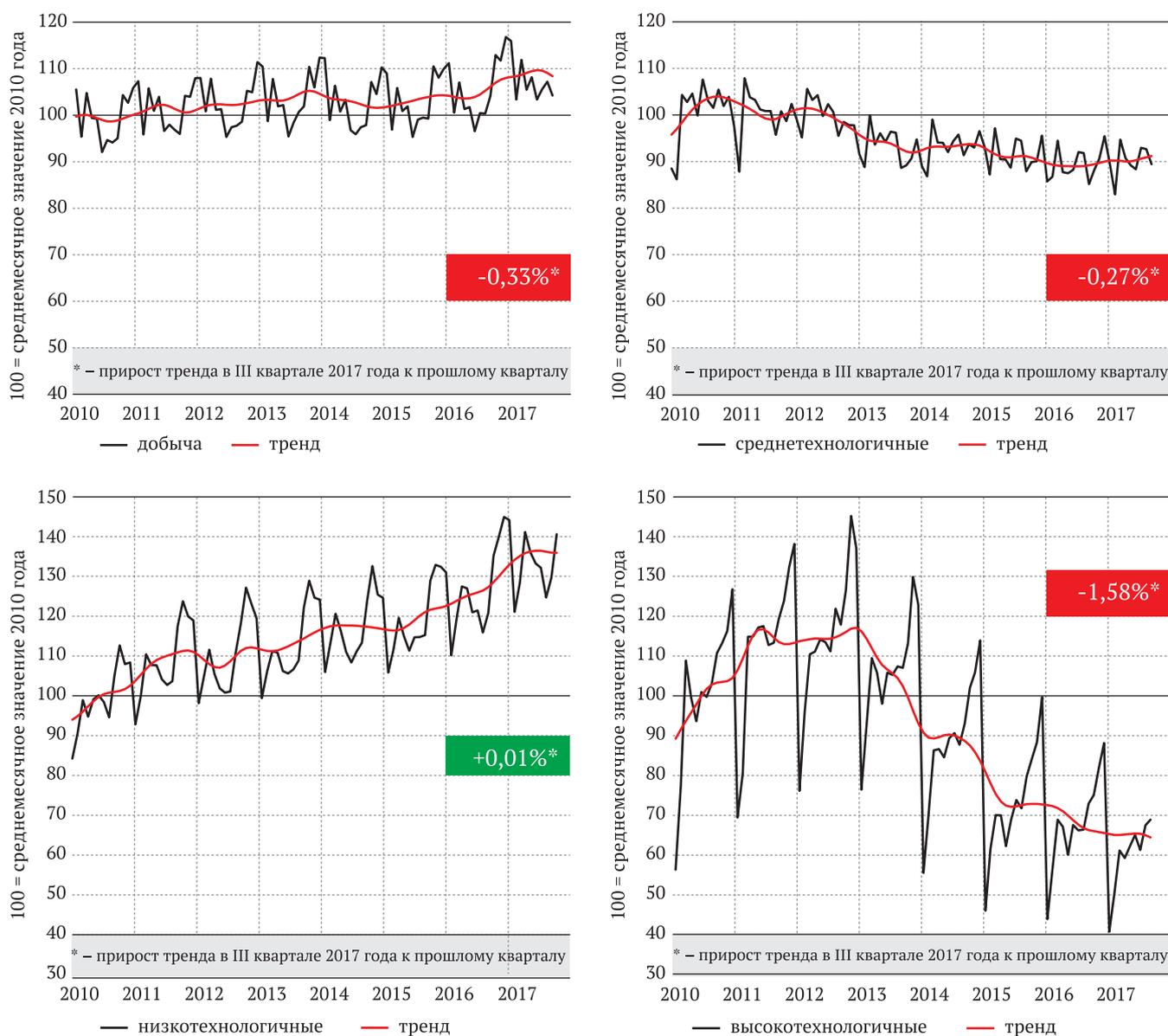


Рис. 3. Динамика индекса ИПЕМ-спрос по секторам в 2010–2017 годах (тренд со снятием сезонности)

связана прежде всего с показателями газовой и угольной отраслей.

Высокотехнологичные отрасли

Сохраняется общий понижательный тренд в высокотехнологичных отраслях экономики: с начала года падение составило -5,6%. Однако темпы падения спроса по итогу III квартала незначительно сократились (-3,7% против -4,0% – во II квартале). Одним из индикаторов падения спроса является сокращение отгрузки машиностроительной продукции на сети железных дорог: -9,1% – в III квартале, -13,9% – с начала года.

Основным локомотивом высокотехнологичного сектора является автомобиль-

ная промышленность. Благодаря своему положению в конце технологической цепочки автопром за счет высокого мультипликативного эффекта является важнейшим драйвером в экономике. С начала 2017 года отрасль демонстрировала положительную динамику во многом из-за программы господдержки. Так, по данным Росстата, в III квартале выпуск автотранспортных средств вырос на +9,7% относительно III квартала 2016 года (за период с января по сентябрь – +12,4%). Причем увеличение выпуска произошло практически по всем укрупненным позициям. Также немаловажными факторами роста в автомобильной промышленности являются

Табл. 1. Расчет индекса ИПЕМ-спрос в отраслевом разрезе в III квартале 2017 года*

	июль	август	сентябрь	III квартал
добывающие отрасли	4,62	6,17	0,10	3,59
низкотехнологичные отрасли	7,44	7,26	3,98	6,13
среднетехнологичные отрасли	0,85	0,78	4,30	1,93
высокотехнологичные отрасли	-7,28	1,55	-5,36	-3,74

* в % к соответствующему периоду прошлого года

реализация отложенного спроса и стабилизация цен с одновременной адаптацией потребителей к новым ценовым реалиям.

За январь – сентябрь 2017 года наблюдался резкий рост выпуска пассажирских (+56,5% – за 9 месяцев 2017 года), а также грузовых вагонов (+72%). Однако на фоне отсутствия долгосрочных перспектив роста спроса машиностроительные компании сокращают мощности по выпуску подвижного состава.

Стоит отметить завершение реализации сразу нескольких крупных инвестпроектов в III квартале: в Санкт-Петербурге начал работу НПК «БПК-СЕВЕР» по производству металлорежущих станков (инвестиции – 1,5 млрд руб.), в Москве открыт завод измерительного оборудования (инвестиции – 1 млрд руб.), в Липецкой области запущен цех на заводе «Хорш» по производству сельхозтехники (инвестиции – 200 млн руб.).

Среднетехнологичные отрасли

Темпы роста спроса в среднетехнологичных отраслях постепенно нарастают (+1,9% – в III квартале, +1,2% – с начала года).

Динамика спроса в среднетехнологичных отраслях сильно коррелирует с показателями в металлургическом секторе. По итогу III квартала внутренний спрос на цветные металлы продолжил расти (+8,1% – в III квартале 2017 года, +20,3% – с начала года). В настоящий момент наблюдается ряд факторов роста отраслей промышленности, генерирующих основную долю заказов для предприятий цветной металлургии. Среди них стоит отметить увеличение с начала года выпуска полу-

проводниковых приборов на 21,5% и компьютеров и комплектующих – на 49,7%. Кроме этого, ведется активное сетевое строительство, особенно по проектам, необходимым для технологического присоединения транспортной и спортивной инфраструктуры.

Внешний спрос на цветные металлы также заметно вырос (+4,7% – в III квартале, +1,2% – с начала года). К факторам роста экспорта цветных металлов относится снижение предложения на мировом рынке, которое приводит к значительному росту цен, благодаря чему цены на многие цветные металлы находятся на локальных максимумах за последние несколько лет. Основными причинами снижения предложения на рынке являются: уменьшение поставок меди крупнейшими поставщиками (забастовки на медном руднике «Эскондида» (Escondida) в Чили, запрет на экспорт с рудника «Грасберг» (Grasberg) в Индонезии), а также сокращение производства в Китае. Так, по данным Национального бюро статистики КНР, в августе производство 10 основных цветных металлов снизилось на 2,2% впервые с декабря 2015 года. Основной причиной сокращения выпуска является борьба китайских властей с загрязнением окружающей среды и незаконной добычей полезных ископаемых.

За счет растущего производства в автотранспортной отрасли внутренний спрос на черные металлы заметно поправил свое положение, продемонстрировав значительный рост по итогу квартала (+13,4% – в III квартале, +3,8% – с начала года).

Экспорт черных металлов в III квартале 2017 года показал отрицательную динамику (-3,7% – в III квартале, -1,9% – с начала года). Основными факторами, сдерживающими рост экспорта черных металлов, служат избыточное предложение на мировом рынке, а также антидемпинговые таможенные пошлины в отношении российских производителей. Напомним, что в Турции действуют дополнительные пошлины в размере 30% в отношении импорта стальных труб, а Мексика продлила на 5 лет действие антидемпинговых пошлин на поставки листового горячекатаного проката из России в размере 29,3%.

Внутренний спрос на химические и минеральные удобрения остается на стабильно высоком уровне. Отгрузка на внутренний рынок в III квартале 2017 года выросла на +8,4% (+7,3% – с начала года). Дальнейшему росту поставок на внутренний рынок может способствовать скидка 5% на перевозку минеральных удобрений по территории России, предоставляемая АО «ФГК» с июня и до конца 2017 года, хотя с началом осенне-зимнего периода эффект от данной меры априори будет ослабевать.

Экспортные поставки удобрений также демонстрируют рост: по итогу III квартала 2017 года +7,1% (+8,3% – с начала года). С января по август поставки российских удобрений нарастили Китай (+8%), Бразилия (+17%) и Финляндия (в 2,3 раза). Кроме того, правительство Аргентины отменило действовавшую с 2011 года пошлину в размере 6% на ввоз российского высококачественного диаммонийфосфата³, что потенциально открывает возможности для наращивания экспорта в Аргентину.

Производственный потенциал среднетехнологичных отраслей в III квартале 2017 года растет на фоне ввода в эксплуатацию новых мощностей: в Белгородской области запущен третий цех комплекса горячебрикетированного железа на АО «Лебединский ГОК» (инвестиции – 35 млрд руб.); в Хабаровском

крае – завод по переработке древесины (инвестиции – 12 млрд руб.); в Белгородской области – завод по производству керамического кирпича (инвестиции – 5,2 млрд руб.); в Республике Татарстан запущена установка по производству высококонцентрированного формальдегида (инвестиции – 4,5 млрд руб.); в Калужской области – новая линия по производству косметической продукции компании L'Oreal (инвестиции – 2,5 млрд руб.); в ОЭЗ «Липецк» – завод тепличных конструкций (инвестиции – 2,2 млрд руб.); в Рязанской области – завод пластиковых водосточных систем компании «ТехноНИКОЛЬ» (инвестиции – 1,5 млрд руб.); в Вологодской области запущен деревоперерабатывающий завод (инвестиции – 1,2 млрд руб.); в Краснодарском крае – новый цех на Абинском электрометаллургическом заводе (инвестиции – 1,2 млрд руб.), в Нижегородской области – цех радиальнойковки на предприятии ПАО «Русполимет» (инвестиции – 1 млрд руб.).

Низкотехнологичные отрасли

Темпы роста спроса на продукцию низкотехнологичных отраслей сохраняются на стабильно высоком уровне (+6,1% – в III квартале, +8,0% – с начала года).

Производство пищевых продуктов, по данным Росстата, за январь – сентябрь 2017 года выросло на 5,0% к аналогичному периоду прошлого года. Легкая промышленность также растет: с начала 2017 года текстильное производство на 7,6% к аналогичному периоду прошлого года.

В III квартале 2017 года продолжилось инвестирование в открытие крупных производств: в Пермском крае начал работу новый ткацкий цех по производству материалов с использованием мембранной огнезащитной технологии на базе «Чайковского текстиля» (инвестиции в модернизацию – 2 млрд руб.), в Республике Башкортостан открыт молочный завод (инвестиции – 450 млн руб.), в Волгоградской области – консервный завод (инвестиции – 300 млн руб.).

³ Диаммонийфосфат – азотно-фосфорное удобрение.

Анализ основных количественных показателей работы ТЭК, выявление основных тенденций его развития

Нефтяная отрасль

Средняя цена на нефть марки Urals по итогам III квартала на 16,3% превысила аналогичный показатель 2016 года (табл. 2). Объем добытой нефти в III квартале 2017 года вырос относительно III квартала 2016 года на 0,3% и составил 137,1 млн т. (рис. 4). Причем в сентябре показатели добычи продемонстрировали отрицательные результаты (-1,9% – к сентябрю 2016 года). За 9 месяцев добыча выросла на 0,7% – до уровня 409,4 млн т. Пролонгация соглашения нефтедобывающих стран о сокращении добычи нефти до конца марта 2018 года оказывает заметное стабилизирующее влияние на рынок, при этом возможно негативное влияние на динамику российской добычи в конце года.

С января по сентябрь 2017 года ПАО «НК «Роснефть» добыла 140,8 млн т (-0,5%), ПАО «ЛУКОЙЛ» – 61,2 млн т (-1,2%), ОАО «Сургутнефтегаз» – 45,2 млн т (-2,1%), ПАО «Газпром нефть» – 29,8 млн т (+8,0%), ОАО «Татнефть» – 21,7 млн т (+2,6%), ПАО АНК «Башнефть» – 15,8 млн т (-1,0%), ПАО НК «Русснефть» – 5,2 млн т (+1,2%), ПАО «НОВАТЭК» – 5,7 млн т (-6,2%).

Первичная переработка нефти на НПЗ России в III квартале снизилась на 0,9% (70,8 млн т). Этот же показатель с начала года вырос на 0,7%.

Экспорт нефти за III квартал 2017 года вырос на 2,0% (62,5 млн т), за январь – сентябрь составил 192,8 млн т, что на 2% выше прошлогоднего показателя. Причем экспорт в ближнее зарубежье (основной объем – в Республику Беларусь) с начала года снизился на 10,7% до 13,5 млн т. К факторам роста экспорта относится умень-

шение предложения на мировом рынке в результате снижения экспорта нефти из США, связанного с приостановкой работы отдельных месторождений и портов после череды ураганов. Однако рост добычи и экспорта ограничивается выполнением обязательств в рамках соглашения между ОПЕК и независимыми производителями о сокращении добычи, а также договоренностью о мониторинге экспорта нефти.

Объем перевалки наливных грузов в III квартале 2017 года увеличился до 98,2 млн т (+3,2%), при этом объем перевалки сырой нефти вырос до 59,7 млн т (+15,5%), а нефтепродуктов сократился до 34,2 млн т (-13,4%). В годовом исчислении данный показатель вырос до уровня 308,2 млн т (+8,8%), в том числе сырой нефти – до 188,6 млн т (+13,7%), нефтепродуктов – до 105,8 млн т (+0,7%).

Газовая отрасль

Добыча газа в России в III квартале 2017 года соответствует 158,7 млрд м³ (+12,2% – к аналогичному периоду 2016 года), за январь – сентябрь рост добычи составил +11,8% (502,2 млрд м³) (рис. 4). Добыча ПАО «Газпром» в III квартале текущего года составила 107,0 млрд м³, что на 20,9% больше, чем за аналогичный период прошлого; с начала года показатель добычи вырос еще больше и составил 339,8 млрд м³ (+20,1%). В итоге доля ПАО «Газпрома» в общей добыче достигла 67,7%.

ПАО «НК «Роснефть» по итогам 9 месяцев 2017 года сохранила лидерство по добыче газа среди независимых производителей: объем добычи компании вырос на 2,6% (35,3 млрд м³) к соответствующему

Табл. 2. Средняя цена нефти марки Urals в III квартале 2017 года

		июль	август	сентябрь	III квартал
2017	фактическая, долл./барр.	47,85	51,02	54,24	51,04
	к соответствующему периоду прошлого года	9,8% ↑	16,2% ↑	22,8% ↑	16,3% ↑
	к предыдущему периоду	4,8% ↑	6,6% ↑	6,3% ↑	17,1% ↑
2016	фактическая, долл./барр.	43,58	43,90	44,18	43,89

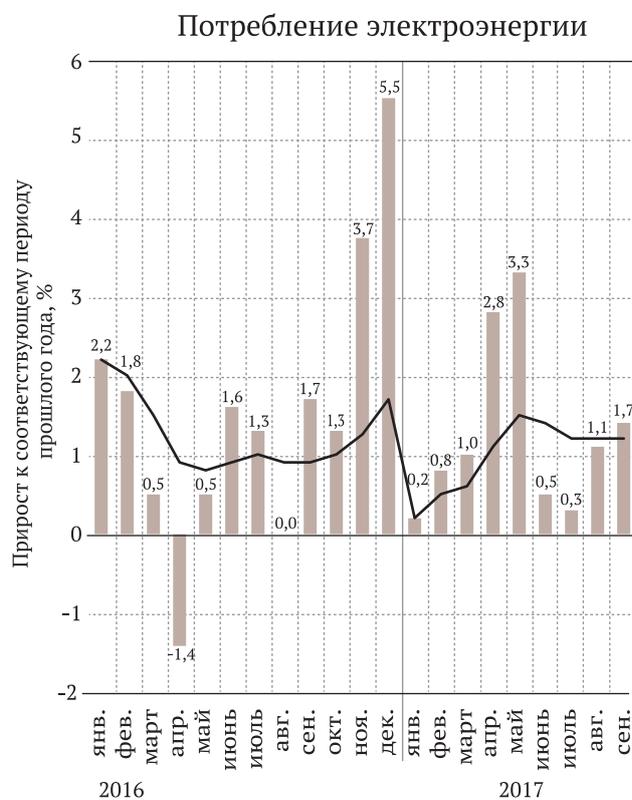
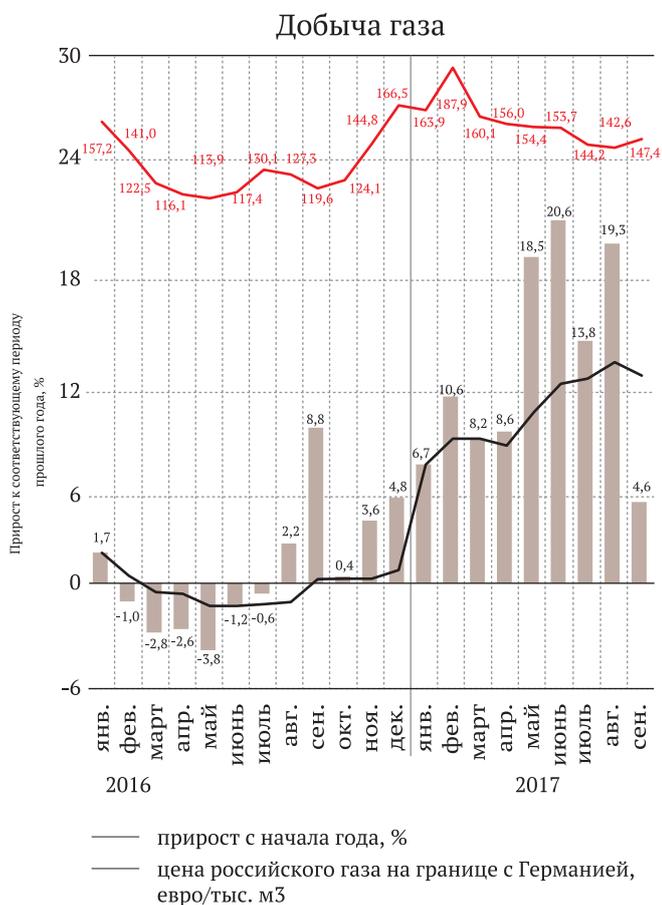
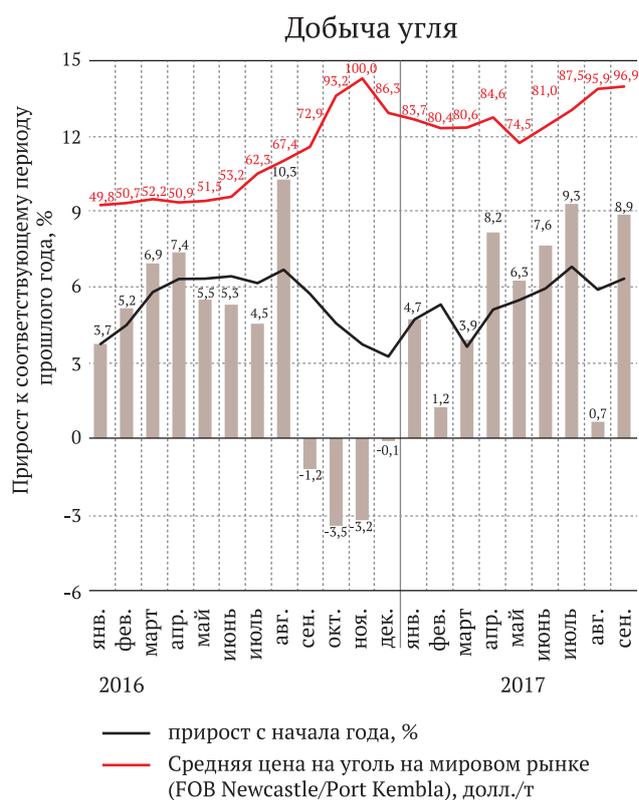
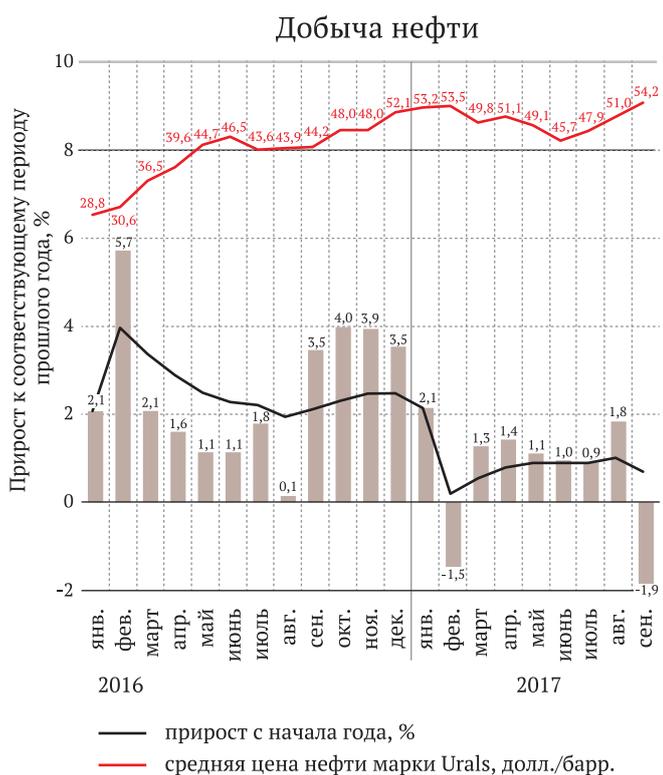


Рис. 4. Результаты работы ТЭК России в 2016–2017 годах

Табл. 3. Цена российского газа на границе с Германией в III квартале 2017 года

		июль	август	сентябрь	III квартал
2017	фактическая, евро/тыс. м ³	144,17	142,57	147,36	144,70
	к соответствующему периоду прошлого года	10,8% ↑	12,0% ↑	23,2% ↑	15,1% ↑
	к предыдущему периоду	-6,2% ↓	-1,1% ↓	3,4% ↓	-6,5% ↓
2016	фактическая, евро/тыс. м ³	130,13	127,26	119,61	125,67

периоду прошлого года. Также с начала года увеличили добычу: ПАО «ЛУКОЙЛ» – до 15,7 млрд м³ (+14,6%), ПАО «Газпром нефть» – 11,0 млрд м³ (+11,3%), ОАО «Сургутнефтегаз» – 7,5 млрд м³ (+2,6%), ПАО «АНК «Башнефть» – 0,5 млрд м³ (+3,6%). Сократили добычу газа за аналогичный период ПАО НК «Русснефть» – до 1,7 млрд м³ (-5,8%), НГК «Славнефть» – 0,7 млрд м³ (-4,9%), ОАО «Татнефть» – 0,7 млрд м³ (-0,7%).

Экспортные цены на российский газ продолжают расти вслед за ростом нефтяных котировок, отставая от них с определенным лагом (табл. 3).

Продолжается рост экспорта газа в дальнее зарубежье: +10,7% (45,5 млрд м³) – за III квартал 2017 года по отношению к аналогичному периоду прошлого года. Рост экспорта газа связан с продолжением восполнения запасов газа в подземных хранилищах на территории Европы в результате повышенного отбора в осенне-зимний период 2016-2017 годов, а также с падением собственной добычи (сокращение добычи газа в Нидерландах, в том числе из-за землетрясений в провинции

Гронинген). При этом объем поставленного на экспорт сжиженного природного газа (СПГ) вырос в натуральном выражении на 2,0% по сравнению с периодом с января по сентябрь 2016 года – до 11,5 млн м³ (8,1 млн т).

Угольная отрасль

В III квартале 2017 года добыча угля выросла на 6,2% относительно аналогичного периода прошлого года (до 101,1 млн т). С начала года прирост добычи составил 6,3% (299,2 млн т) (рис. 4).

Погрузка угля на сети ОАО «РЖД» за июль – сентябрь также выросла: было погружено 85,6 млн т угля (+9,2% – к аналогичному периоду прошлого года, +9,3% – с начала года).

Ситуация на мировом рынке угля продолжает оставаться стабильной. В течение III квартала 2017 года цены на уголь выросли (табл. 4).

В III квартале 2017 года экспорт угля вырос на 12,3% (до 48,0 млн т), с начала года он превысил 138,4 млн т (+13,3%). На экспортных направлениях погрузка на сети ОАО «РЖД» выросла на 16,4% – за III квар-

Табл. 4. Средняя цена на уголь на мировом рынке (FOB Newcastle/Port Kembla) в III квартале 2017 года

		июль	август	сентябрь	III квартал
2017	фактическая, долл./барр.	87,53	95,89	96,87	93,43
	к соответствующему периоду прошлого года	40,5% ↑	42,3% ↑	32,9% ↑	38,4% ↑
	к предыдущему периоду	8,1% ↑	9,6% ↑	1,0% ↑	16,7% ↑
2016	фактическая, долл./барр.	62,29	67,37	72,90	67,52

тал, с начала года – на 18,2%. Погрузка угля на внутренний рынок остается стабильной (+1,1% – за III квартал, +0,4% – с начала года). Объем перевалки угля в российских портах вырос на 8,9% (40,5 млн т) – в III квартале и на 13,4% (115,6 млн т) – с начала года.

К основным факторам роста экспорта относится увеличение поставок в Китай. Высокий уровень спроса на российский уголь со стороны Китая обусловлен необходимостью замещать недополученные объемы угля, вызванные сокращением собственного производства в связи с проходящей в стране реструктуризацией угольной отрасли, перебоями поставок из Австралии из-за погодных катаклизмов, а также введением санкций на поставки угля из Северной Кореи.

Электропотребление

Потребление электроэнергии в III квартале в целом по России выросло на 0,9%, с начала года оно составило +1,2% (рис. 4). На динамику потребления кроме системных экономических факторов повлияла и более низкая температура – 6,43 °С против 7,63 °С годом ранее (средневзвешенная).

Выработка электроэнергии с начала года составила 782,7 млрд кВт·ч, что на 1,2%

На сегодня портовые терминалы страны способны принимать значительные объемы угля, однако ограничения, накладываемые инфраструктурой железнодорожного транспорта на отдельных направлениях, не позволяют реализовать данный потенциал. В то же время существующая тарифная система на железнодорожном транспорте несколько сглаживает проблемы инфраструктурной недостаточности и дает возможность российской угольной промышленности оставаться конкурентоспособной на внешних рынках. Однако негативным последствием наблюдаемого наращивания погрузки угля является резкий рост ставок операторов на услуги по предоставлению полувагонов, что снижает конкурентоспособность уже других видов грузов и создает дополнительную нагрузку на экономику.

больше, чем за аналогичный период прошлого года.

Средневзвешенный индекс на покупку электроэнергии на РСВ (рынок на сутки вперед) в III квартале составил:

- 828,39 руб./МВт·ч для зоны «Сибирь» (+16,0% – к III кварталу 2016 года);
- 1 268,61 руб./МВт·ч для зоны «Европа и Урал» (-2,3% – к III кварталу 2016 года).

Анализ актуальных для отчетного периода показателей

В III квартале активизировались восстановительные процессы на потребительском рынке. На протяжении рассматриваемого периода происходил ускоренный рост розничной торговли: +2,0% относительно III квартала 2016 года. Увеличение потребления пришлось как на товары повседневного спроса, так и на товары длительного пользования. В частности, наблюдается значительный рост продаж легковых автомобилей на 10,6% за январь – сентябрь 2017 года.

Замедление в добывающих отраслях уже не сказывается столь драматически на общих показателях состояния промышленности. Поддержку деловой активности оказывают и другие отрасли, а также динамика инвестиций в основной капитал (за I полугодие 2017 года

рост составил +4,8%). В то же время влияние внешних факторов – конъюнктуры мировых сырьевых рынков и погодных условий – остается для промышленности определяющим.

Стоит отметить, что росту промпроизводства во второй половине 2017 года будет способствовать дальнейшее смягчение кредитно-денежной политики со стороны ЦБ, особенно принимая во внимание тот факт, что регулятор понизил прогноз на инфляцию по итогам года до уровня 3,2%. Понижение ключевой ставки сделает инвестиции с использованием заемных средств более привлекательным, а значит, будет способствовать расширению и модернизации производства, что в дальнейшем позитивно скажется на динамике российской промышленности. 



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Минтранс России



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

6-8 ДЕКАБРЯ 2017 ГОДА
ГОСТИНЫЙ ДВОР, МОСКВА



реклама

Стратегический партнер



Стратегический партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер



Партнер конгресса



Спонсор



Спонсор



Спонсор



Спонсор



Спонсор



Спонсор



Спонсор



Высокотехнологичный партнер



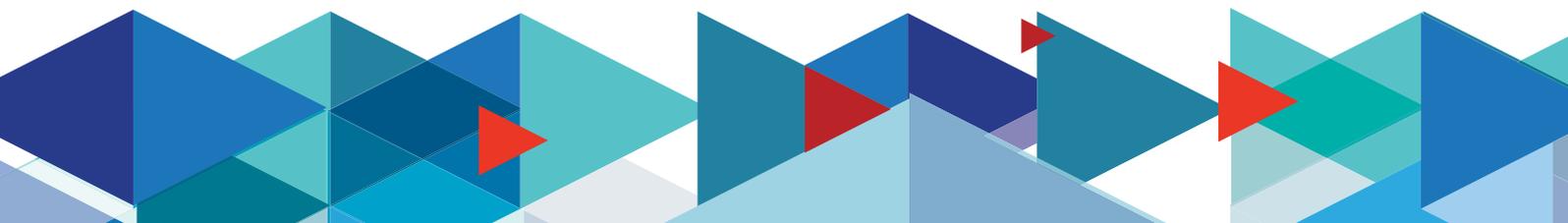
Генеральные информационные партнеры



Официальная газета



Организатор

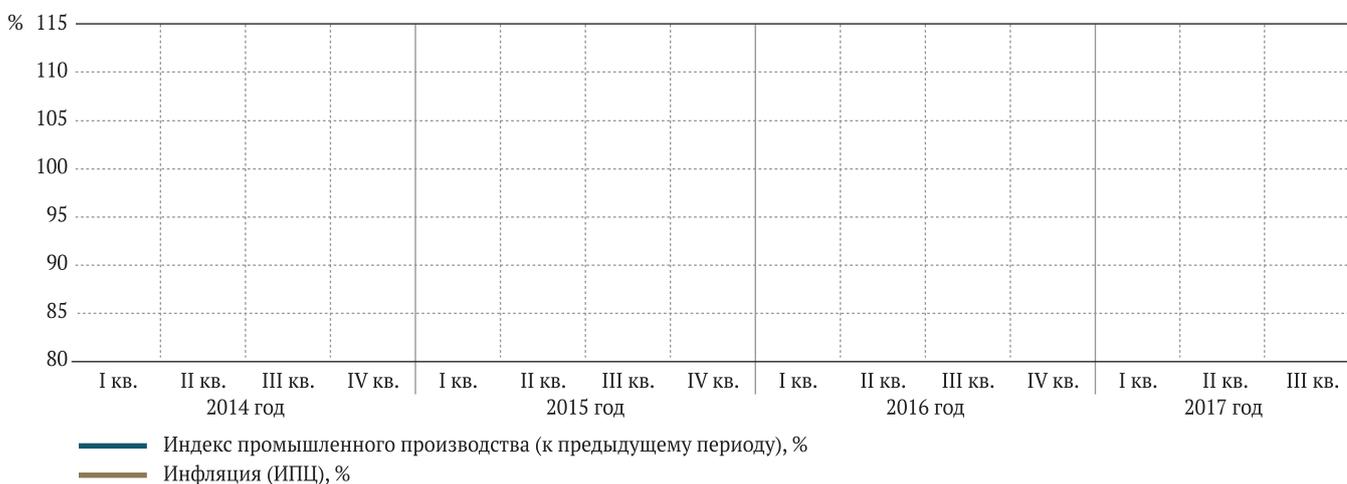


Статистика

Статистические показатели, представленные в настоящем разделе, основаны на официальных данных федеральных органов исполнительной власти, скорректированных по данным ОАО «РЖД» и производителей.

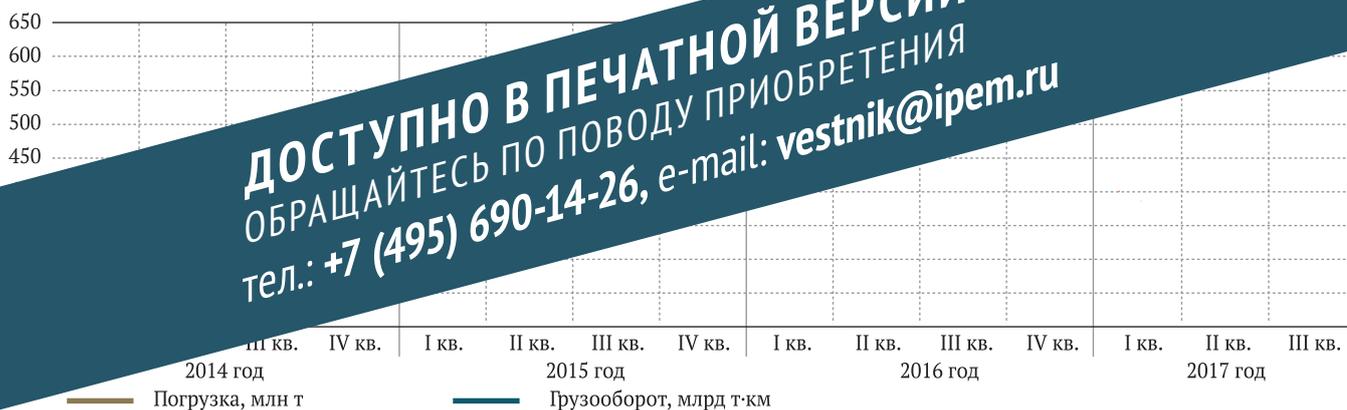
Основные макроэкономические показатели

Показатель	2014 год				2015 год				2016 год				2017 год		
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.
Индекс промышленного производства (к предыдущему периоду), %															
Инфляция (ИПЦ), %															



Основные показатели железнодорожного транспорта

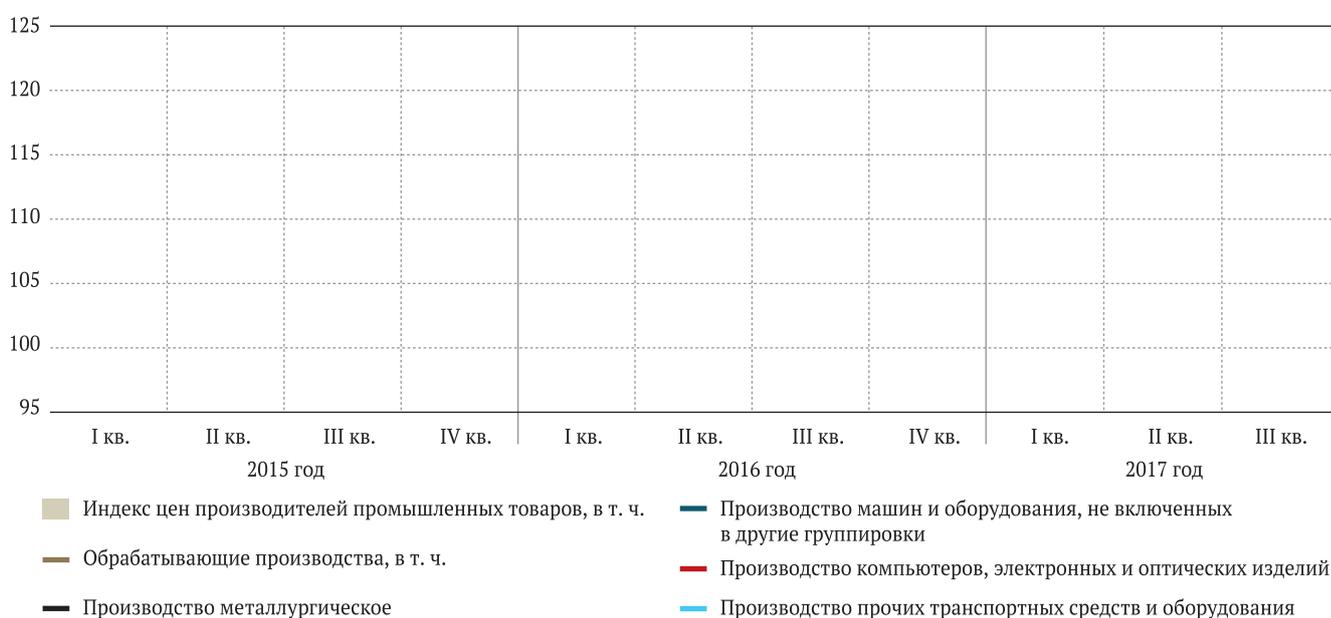
Показатель	2014 год				2015 год				2016 год				2017 год		
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.
Погрузка, млн т															
Грузооборот, млрд т-км															



ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
 ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Индексы цен в промышленности

Показатель	2015 год				2016 год				2017 год		
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.
Индекс цен производителей промышленных товаров, в т. ч.											
Обрабатывающие производства, в т. ч.											
Производство металлургическое											
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки											
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий											
Производство прочих транспортных средств и оборудования											

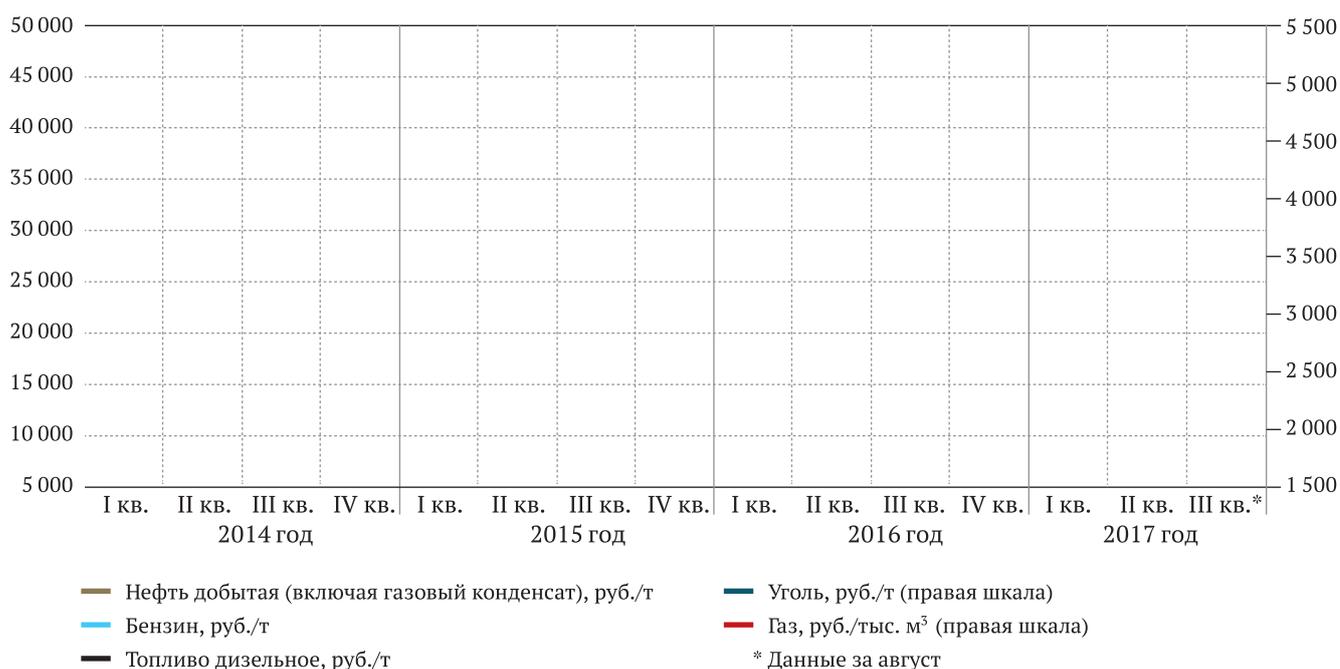


Средние цены на приобретение энергоресурсов и продуктов нефтепереработки (на конец периода), руб./т

Показатель	2014 год				2015 год			
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Нефть добытая (включая газовый конденсат)								
Уголь								
Газ								
Тепловая энергия								
Электрическая энергия								

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Данные за август



Железнодорожное машиностроение

Производственные показатели

Виды продукции	III кв. 2016 года	III кв. 2017 года	III кв. 2017 года / III кв. 2016 года
Локомотивы, ед.			
Тепловозы магистральные			
Электровозы магистральные			
Тепловозы маневровые и промышленные широкой колеи			
Электровозы рудничные			
Вагоны, ед.			
Вагоны грузовые магистральные			
Вагоны пассажирские магистральные			
Вагоны электропоездов			
Вагоны метрополитена			
Вагоны трамвайные			

Локомотивы

Производство локомотивов в III кв. 2017 года

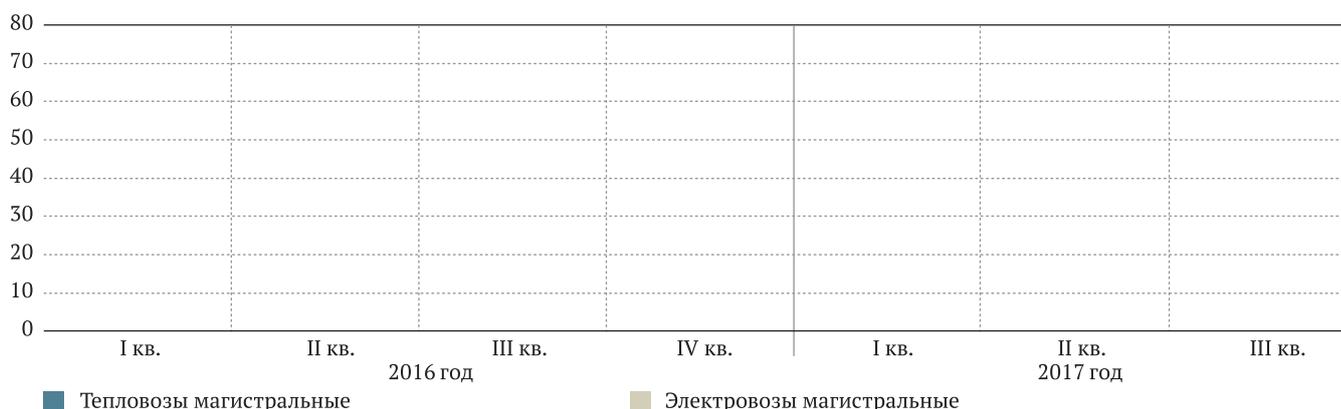
	2017 год				
	кв.	июль	август	сентябрь	III кв.
Тепловозы маневровые и промышленные широкой колеи					
Электровозы рудничные					

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Производство локомотивов в 2016 и 2017 годах поквартально, ед.

Виды продукции	2016 год				2017 год		
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.
Тепловозы магистральные							
Электровозы магистральные							
Тепловозы маневровые и промышленные широкой колеи							
Электровозы рудничные							

Производство магистральных локомотивов в 2016–2017 годах, поквартально, ед.



Производство локомотивов по предприятиям в III кв. 2016 и 2017 годов, ед.

Производители локомотивов	за III квартал		
	2016 год	2017 год	Отношение 2017 г. к 2016 г., %
Электровозы магистральные (ед.)			
Коломенский завод			
Новочеркасский электровозостроительный завод			
Уральские локомотивы			
Всего			
Электровозы рудничные (ед.)			
Александровский машиностроительный завод			
Новочеркасский электровозостроительный завод			
Всего			
Тепловозы маневровые и промышленные широкой колеи (ед.)			
Брянский машиностроительный завод			
Коломенский завод			
Всего			
Тепловозы маневровые и промышленные узкой колеи (ед.)			
Брянский машиностроительный завод			
Всего тепловозов			
Всего локомотивов			

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
 ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Структура производства магистральных электровозов в III кв. 2016 и 2017 годов



Структура производства магистральных тепловозов в III кв. 2016 и 2017 годов



Вагоны

Производство вагонов в III кв. 2016 и 2017 годов, ежемесячно, ед.

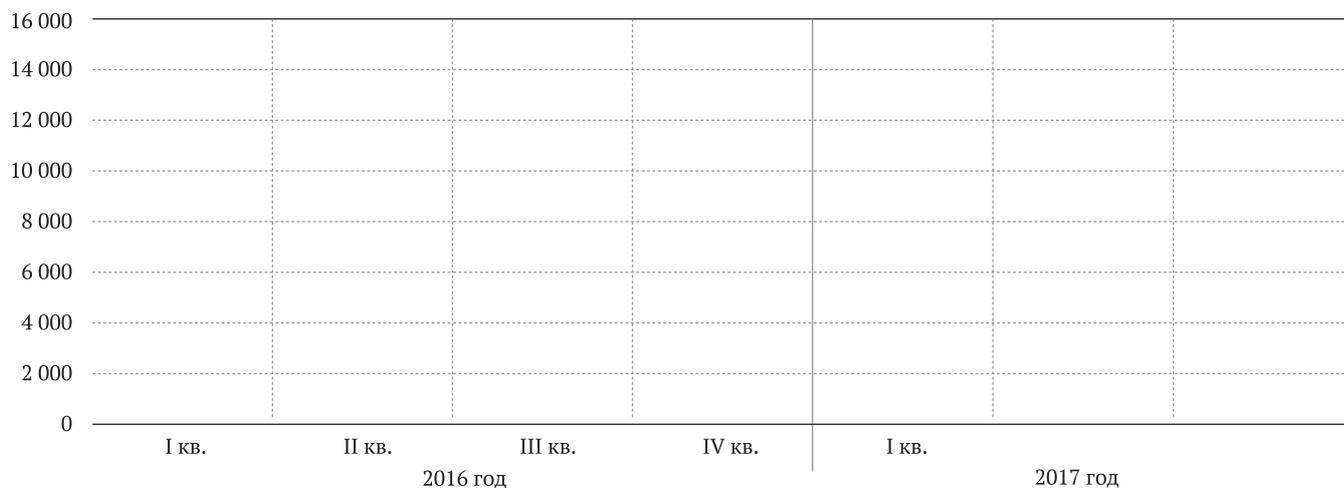
Виды продукции	2016 год				2017 год			
	июль	август	сентябрь	III кв.	июль	август	сентябрь	III кв.
Вагоны грузовые магистральные								
Вагоны пассажирские магистральные								
Вагоны электропоездов								
Вагоны метрополитена								
Вагоны трамвайные								

Производство вагонов в 2016 году

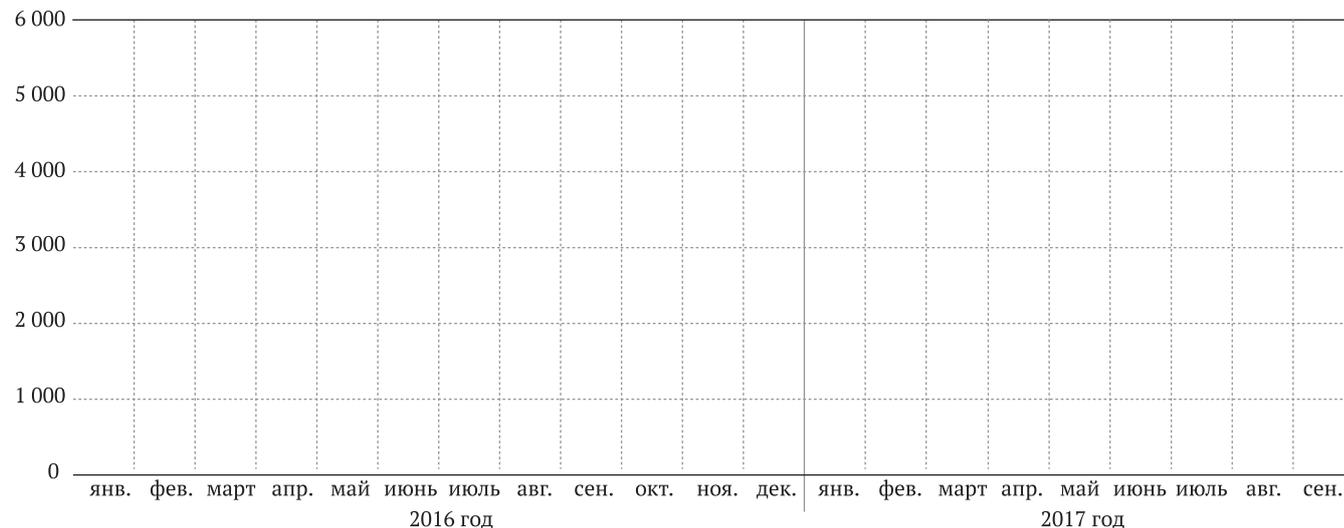
Виды продукции	2016 год				2017 год			
	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.
Вагоны метрополитена								
Вагоны трамвайные								

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

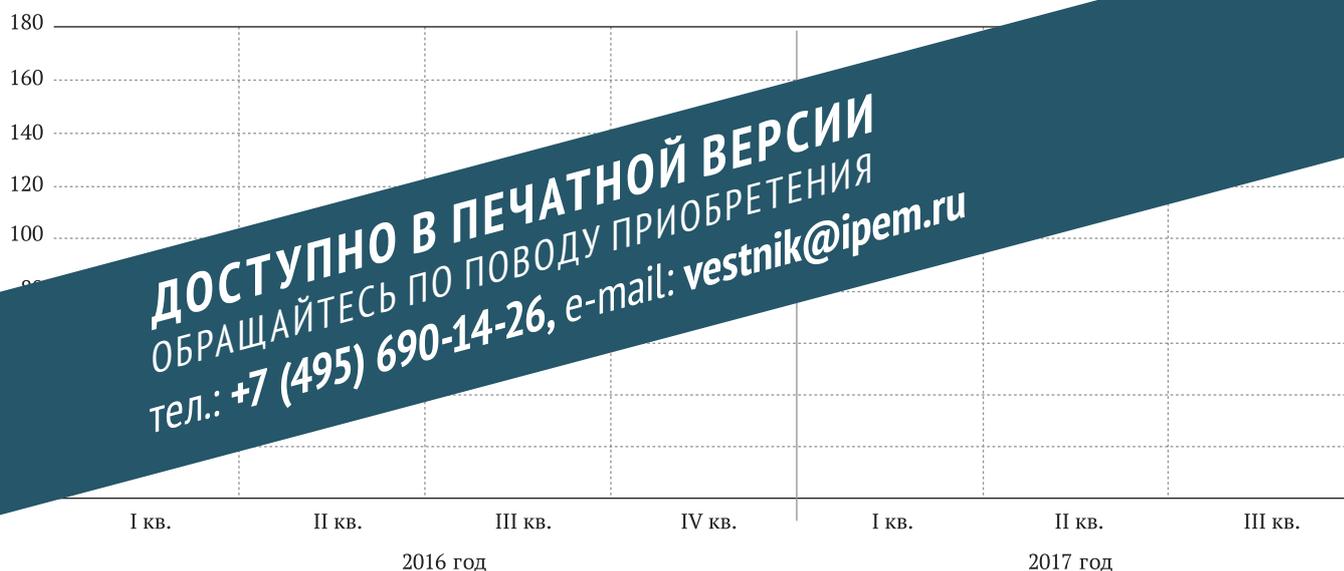
Производство грузовых вагонов в 2016 и 2017 годах, поквартально, ед.



Производство грузовых вагонов в 2016 и 2017 годах, ежемесячно, ед.

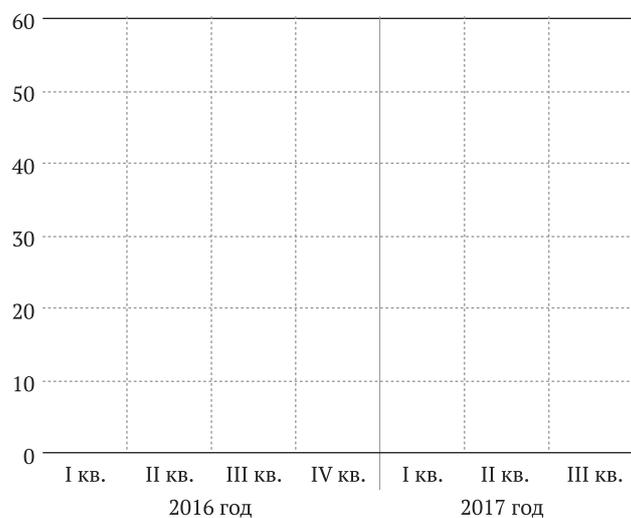


Производство пассажирских вагонов в 2016 и 2017 годах, поквартально, ед.

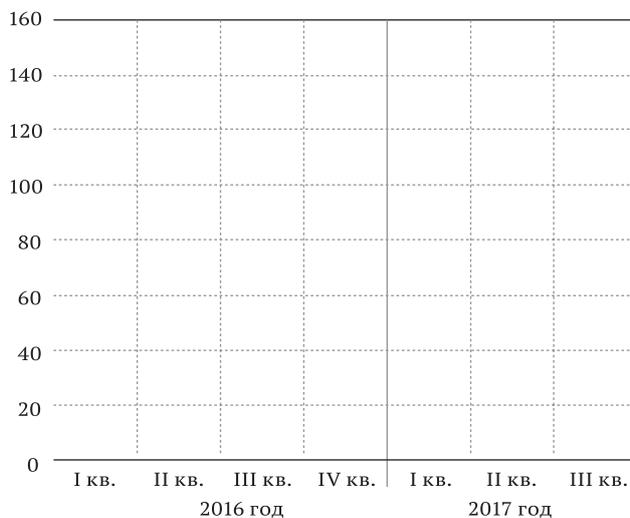


ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Производство трамвайных вагонов в 2016 и 2017 годах, поквартально, ед.



Производство вагонов электропоездов в 2016 и 2017 годах, поквартально, ед.



Производство вагонов по предприятиям в III кв. 2016 и 2017 годов, ед.

Производители вагонов	за III квартал		
	2016 год	2017 год	Отношение 2017 г. к 2016 г., %
Вагоны грузовые			
Алтайвагон (включая Кемеровский филиал)*			
Армавирский завод тяжелого машиностроения			
Барнаульский вагоноремонтный завод*			
Брянский машиностроительный завод*			
Завод металлоконструкций*			
Новозыбковский вагоностроительный завод*			
Рославльский вагоноремонтный завод			
Рузаевский завод химического машиностроения			
Тихвинский вагоностроительный завод			
ТихвинХимМаш			
ТихвинСпецМаш			
Трансмаш (г. Энгельс)*			
Уралвагонзавод			
Прочие			
Всего грузовых вагонов			
Вагоны пассажирские локомотивной тяги			
Тверской вагоностроительный завод			
Всего			
Вагоны электропоездов			
Демидовский машиностроительный завод			
Уральские локомотивы			
Всего			
Всего трамвайных вагонов			
Вагоностроительный завод им. С.М. Кирова			

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

* Экспертная оценка ИПЕМ

Структура производства грузовых вагонов в III кв. 2016 и 2017 годов



- Алтайвагон (включая Кемеровский филиал)*
- Армавирский завод тяжелого машиностроения
- Барнаульский вагоноремонтный завод*
- Брянский машиностроительный завод*
- Завод металлоконструкций*
- Новозыбковский вагоностроительный завод*
- Рославльский вагоноремонтный завод
- Рузаевский завод химического машиностроения
- Тихвинский вагоностроительный завод
- ТихвинХимМаш
- ТихвинСпецМаш
- Трансмаш (г. Энгельс)*
- Уралвагонзавод
- Прочие

* Экспертная оценка

Структура производства трамвайных вагонов в III кв. 2016 и 2017 годов



- ПК «Транспортные системы»
- Усть-Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова

Экономические показатели

Отгружено товаров собственного производства предприятиями транспортного машиностроения, выполнено работ и услуг собственными силами (без НДС и акцизов), млн рублей

Тип производства			
35.20. Производство железнодорожного подвижного состава:			
35.20.1. железнодорожных локомотивов			
35.20.2. моторных ж/д, трамвайных вагонов, троллейбусов, автобусов, автодрезин			
35.20.3. прочее			
35.20.4. вагоноремонтные работы			
35.20.5. вагоноремонтные работы по обслуживанию путей			
35.20.6. вагоны для перевозки грузов			
35.20.7. вагоны для перевозки пассажиров			
35.20.8. вагоноремонтные работы подвижного состава; путевого оборудования и устройств			
35.20.9. Предоставление услуг по ремонту, техническому обслуживанию подвижного состава			

ДОСТУПНО В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
 ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО ПОВОДУ ПРИОБРЕТЕНИЯ
 тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: vestnik@ipem.ru

Износ гребней колесных пар грузовых вагонов



С. Е. Гончаров,
к. э. н., заместитель генерального директора
по техническому развитию,
главный инженер АО «ПГК»

В настоящее время отцепки вагонов в текущий ремонт по неисправностям колесных пар составляют 75% от общего количества, при этом наибольшая отцепка вагонов происходит из-за износа гребня колесной пары. По итогам 2016 года в текущий отцепочный ремонт (ТОР) по данной неисправности попали 351 989 (62% от общего количества) вагонов всех форм собственности.

Динамика отцепок вагонов в ТОР

В 2014–2017 годах наблюдалась следующая динамика отцепок вагонов в ТОР:

- 2014 год – 191 638 ваг. (+20% – к уровню 2013 года);
- 2015 год – 266 511 ваг. (+39% – к уровню 2014 года);
- 2016 год – 351 989 ваг. (+32% – к уровню 2015 года);
- за 6 месяцев 2017 года – 160 816 ваг. (+8,9% – к 6 месяцам 2016 года).

Данный тренд приводит к значительным материальным затратам для всех участников перевозочного процесса. Например, средняя стоимость отцепки по неисправности по-

верхности катания колесных пар составляет 23 000 руб. Как следствие, общие затраты на ремонт подвижного состава по данной неисправности за первое полугодие 2017 года достигли 3,5 млрд руб.

К расходам на устранение дефекта добавляются расходы на простой вагона в ожидании ремонта (в среднем – 3 суток), а также тариф на отправку вагона с места отцепки до места проведения ремонта. При этом затраты несут не только собственники вагонов, но и владелец инфраструктуры, так как это ведет к снижению пропускной способности как отдельных станций, так и инфраструктуры в целом.

Причины роста отцепок

Начиная с 80-х годов прошлого века изменения условий эксплуатации на железных дорогах России привели к значительному росту интенсивности износа и повреждаемости колес и рельсов. Среди причин, вызывающих рост бокового износа, отмечались:

- переход на подшипники качения;
- увеличение массы и длины поездов;
- переход на ширину колеи 1520;
- введение профиля рельсов, предусматривающего двухточечный контакт профиля обода с головкой рельса;
- существенный разрыв в твердости колеса и рельса, возникший вопреки мировой практике из-за укладки объемнозакаленных тя-

желых рельсов не только в упорных нитках пути, но и в его прямых участках.

Рост количества отцепок вагонов в последние годы во многом связан с ужесточением контроля со стороны владельца инфраструктуры, а также параметров настройки комплексов автоматического контроля, что, как следствие, привело к увеличению отцепки вагонов в ТР-2 (в целях выполнения требований ПТЭ и соблюдению параметра гребня в 25 мм).

В 1995 году указанием Министерства путей сообщения № М-535у была разрешена эксплуатация порожних грузовых вагонов с толщиной гребня одного колеса 23 мм, но не менее 48 мм – у двух колес одной пары.

Около 10 лет назад Департамент вагонного хозяйства ОАО «РЖД» инициировал процесс ужесточения норматива на толщину гребня до минимальной в 25 мм и под погрузку – 26 мм. Вместе с тем ни в одном из нормативных документов либо заключений исследовательских институтов не обозначены причины данного перехода, так же как нет и официальных публикаций какого-либо анализа, обосновывающего изменение норматива. Нет и примеров того, что толщина гребня в 23 мм как-то повлияла на безопасность движения.

С учетом накопленного опыта эксплуатации колесных пар с толщиной гребней менее 25 мм на 37-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, состоявшемся 10–12.02.2004 в Риге, было рассмотрено и принято решение о разрешении эксплуатации в межгосударственном сообщении колесных пар грузовых вагонов по единым требованиям: с минимальной толщиной гребней до 24 мм. Однако на железных дорогах РФ данный норматив не был введен.

Пути решения

Изменение норматива толщины гребня

Реальной и относительно легко реализуемой мерой по сокращению отцепок в текущий внеплановый ремонт является внесение изменений в нормативные документы в отношении требований к минимальной толщине гребня колесных пар грузовых вагонов в эксплуатации (в пределах 24–33 мм).

Изменение требований к толщине гребня до 24 мм и менее позволит исклю-

чить отцепку вагонов с пробегом менее 50 тыс. км после планового ремонта в ТР-2 по неисправности «тонкий гребень». Также при изменении параметра толщины гребня до 24 мм отцепка вагонов в ТР-2 снизится на 11% (на 33 933 ваг.), до 23 мм – на 29% (на 84 730 ваг.), до 22 мм – на 47% (на 138 385 ваг.) (рис. 1).

Перспективной мерой по сокращению затрат владельцев инфраструктуры и под-

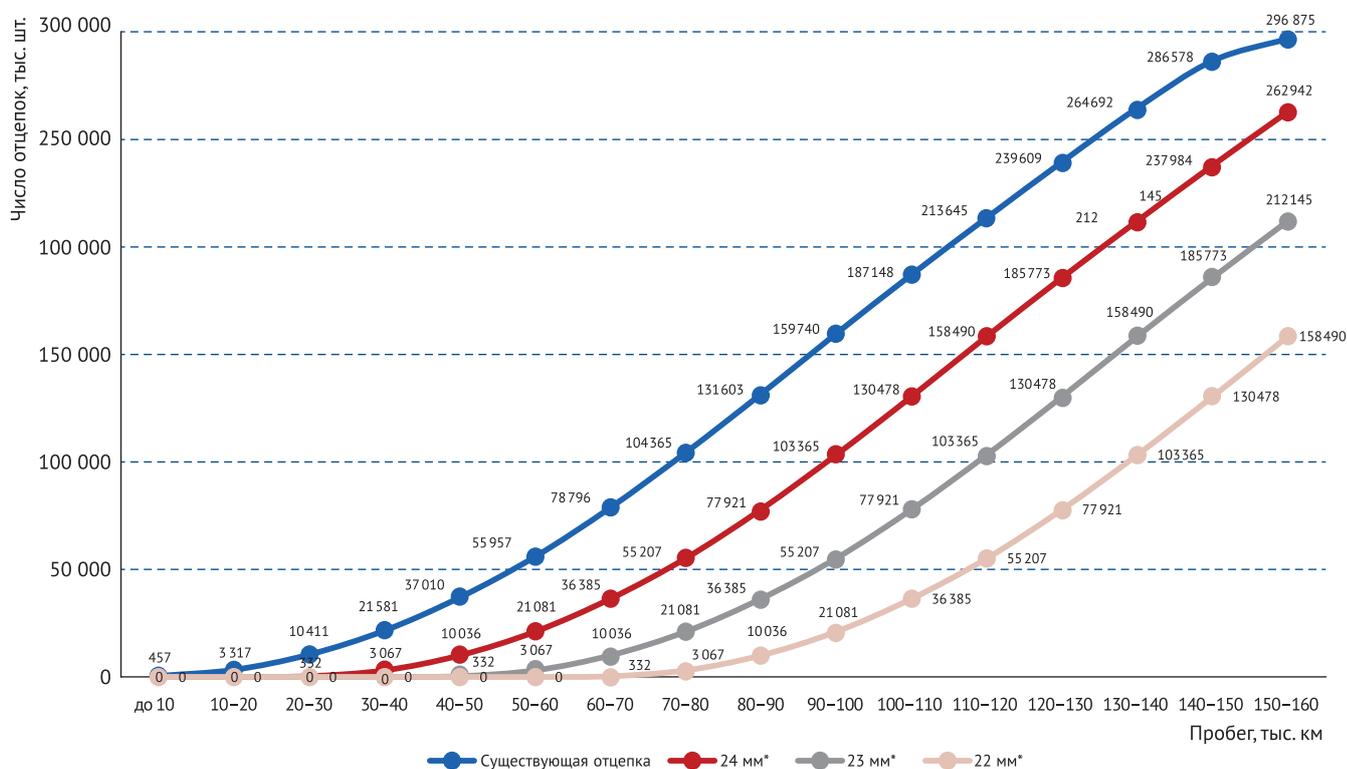


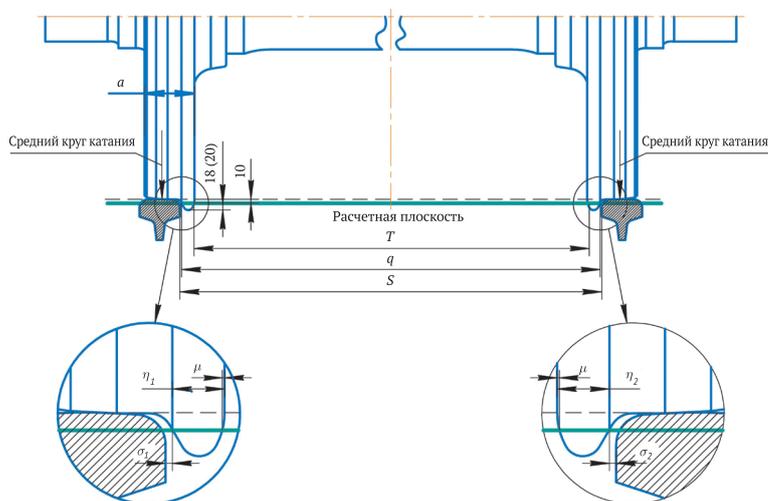
Рис. 1. Прогноз отцепок вагонов в ТР-2 при изменении параметров толщины гребня в эксплуатации
* прогнозируемая отцепка вагонов в ТР-2 по тонкому гребню с учетом изменения числа отцепок при подаче вагонов под погрузку

вижного состава может стать переход на толщину гребня в 22 мм. Данная мера, безусловно, требует пристального изучения и обсуждения с причастными участниками перевозочного процесса, но очевидно, что время для рассмотрения наступило.

Во введении данного норматива заинтересованы не только операторы и владельцы подвижного состава, но и инфраструктуры. Учитывая, что в процессе эксплуатации происходит «приработка» профилей колеса и рельса, увеличение диапазона разрешенных толщин гребней будет способствовать снижению износа и рельсов, и стрелочных переводов.

В итоге это позволит:

- снизить нагрузку на инфраструктуру, риск срыва погрузки вагонов на угольных станциях, сократить загрузенность станций нерабочим парком, повысить долю полезного парка на сети;
- снизить износ рельсов и стрелочных переводов;
- продлить ресурс колеса за счет снижения количества обточек на 26%;



- a – ширина колеса;
- δ_1, δ_2 – зазоры между гребнями колес и рабочими гранями головок рельса;
- h_1, h_2 – толщина гребней колес;
- μ – утолщение гребней колес выше расчетной плоскости;
- T – насадка колес (расстояние между гранями);
- q – ширина колесной пары;
- S – ширина колеи.

Рис. 2. Положение колесной пары в рельсовой колее при толщине гребня на расчетной плоскости $h_1, h_2 = 33$ мм, поверхности катания 40 мм и при расстоянии между гранями $T = 1440$ мм

- понизить стоимость содержания вагона на 8 тыс. руб. (в целом в годовом эквиваленте);
- снизить выбытие вагонов в текущий отцепочный ремонт по неисправности «тонкий гребень» на 15%, или около 50 тыс. ваг./год, что позволит сократить затраты в пределах 1 млрд руб./год.

Изменение поля допусков расстояния между гранями колесных пар

Одним из факторов, влияющих на ускоренный износ колес и рельсов, является проведенное в свое время изменение ширины рельсовой колеи с 1524 мм до 1520 мм без изменения геометрии профиля катания колес и параметров колесных пар.

В результате если раньше зазоры между гребнями колес и рабочими гранями головок рельса составляли 4 мм (рис. 2) ($\delta_1 + \delta_2$), то для ширины колеи 1520 мм они равняются 0 мм ($\delta_1 + \delta_2$). Таким образом, изменение ширины рельсовой колеи с 1524 мм до 1520 мм создало условия беззазорного контакта выкружки колеса с головкой рельса, что привело к износу колеса и рельса при движении в кривых и влиянии экипажа на прямых участках пути.

В связи с этим эффективным средством снижения износа явилась в начале 2000-х годов разработка ремонтных профилей обточки колесных пар с толщиной гребня не 33, а 30 мм, эквивалентная компенсации изменения ширины колеи.

С другой стороны, к снижению износа гребня колеса может привести внедрение формирования колесных пар грузовых вагонов насадкой колес со смещением внутренних граней к центру оси колесной пары. Обработка рабочих поверхностей катания колес с линейным смещением профилей катания колес и гребней в сторону внутренней грани обода (линейными смещениями профилей) позволит увеличить боковые зазоры между гребнями и головками рельсов при сохранении максимальной или увеличенной толщины гребней колес и повысить тем самым ресурс работы гребней и головок рельсов.

Идея представляется перспективной, способствующей снижению износа гребня, так как фактически расширяет рельсовую колею.

АО «ПГК» провело изучение данного предположения на выборке из 120 полувагонов собственного парка, находившихся в эксплуатации на замкнутом маршруте при достижении пробега 100 тыс. км. Были проведены обмеры толщин гребней колес и расстояния между гранями колесных пар с целью определения наличия эффекта и выявления зависимости.

Анализ полученных результатов обнаружил эффект снижения износа гребня в зависимости от уменьшения расстояния между гранями колесных пар с 1442 мм до 1439 мм. Все колесные пары, имеющие расстояние между гранями в 1442 мм, при пробеге в 100 тыс. км достигли браковочного параметра гребня 24 мм. Колесные пары с расстоянием между гранями в 1439 мм при аналогичном пробеге браковочного параметра не достигли.

Действовавшая до 2013 года «Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар», утвержденная 31.12.1976 № ЦВ/3429, устанавливала допускаемые размеры колесных пар и их элементов при выпуске вагонов из ремонта: заводском (капитальном), деповском (среднем) и текущем отцепочном ремонтах. Расстояние между внутренними гранями ободьев цельнокатаных колес у колесных пар грузовых и пассажирских вагонов, обращающихся в поездах со скоростями до 120 км/ч, составляло 1437–1443 мм.

Вступивший в силу с 2013 года «Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм» в настоящее время устанавливает эти же нормы для колесных пар в эксплуатации.

Инструкция № ЦВ/3429 определила следующие допускаемые размеры расстояния между внутренними гранями ободьев колес при проведении ремонта колесных пар: капитальном (со сменой элементов) 1438–1441 мм и среднем (без смены элементов) 1438–1443 мм.

Действующие в настоящее время «Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм»

(2013 года) и ГОСТ 4835–2013 «Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия» устанавливают для колесных пар после ремонта со сменой элементов диапазон 1439–1442 мм (для ремонта без смены элементов нормативы сохранились неизменными).

Такое изменение диапазона расстояний представляется нелогичным, так как создается для гребней колес некомфортные условия эксплуатации из-за эффективного сужения рельсовой колеи.

Учитывая, что миллионы колесных пар более 40 лет безопасно эксплуатируются с минимальным расстоянием между внутренними гранями ободьев колес в 1437 мм, представляется целесообразным внести изменения в документацию по формированию колесных пар грузовых вагонов в части изменения параметров насадки колес в «Руководящем документе по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм» (2013 год) и ГОСТ 4835–2013 «Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия».

Формирование колесных пар грузовых вагонов с изменением поля допусков по расстоянию между гранями колесных пар с 1439–1442 мм на 1437–1440 мм, то есть со смещением внутренних граней к центру оси колесной пары, окажет положительное влияние как на сокращение объема замены рельсов по износу головки, так и отцепок по неисправностям колесных пар.

Перевод тележек типа 2 (модель 18–100 и аналоги) на колесные пары с кассетными подшипниками под адаптерами

Еще одной действенной мерой по сокращению отцепок в ТОР по толщине гребня колесной пары грузовых вагонов в эксплуатации является перевод тележек типа 2 (модель 18–100 и аналоги) на колесные пары с кассетными подшипниками под адаптерами.

В АО «ПГК» проводилась работа по реализации проекта перевода тележек модели 18–100 на колесные пары с кассетными подшипниками под адаптерами. Данный проект был направлен на сокращение эксплуатационных расходов существующего

Табл. 1. Комплектация полувагонов для проведения сравнительного анализа

№ п/п	Комплектация	120 полувагонов	536 полувагонов*
1	Колесные пары	Колеса марки «Т» с кассетными подшипниками под адаптерами	Колеса марки «2» со стандартной комплектацией буксовых узлов
2	Начальная толщина гребня (мм)	33–30	
3	Букса	Адаптер	Стандартный корпус буксы
4	Подшипники	Кассетные подшипники «Бренко» габарита 130×230×150	Стандартные цилиндрические подшипники
5	Пробег	Аналогичный	
6	Даты проведения плановых ремонтов	Аналогичные	

* 536 полувагонов с аналогичными пробегами и сроками проведения плановых ремонтов, оснащенные стандартными буксовыми узлами и колесными парами с колесами марки «2»

парка грузовых вагонов АО «ПГК» с осевой нагрузкой 23,5 тс. В рамках этой работы была создана собственная конструкция нового буксового узла, включающего в себя адаптер и блокиратор. Новый узел предназначен для установки на колесные пары с кассетным подшипником габарита 130×230×150 мм.

В декабре 2013 года – январе 2014 года в депо Лиски были отремонтированы и оснащены кассетными подшипниками производства «Бренко» под адаптерами и блокираторами конструкции АО «ПГК» и направлены в подконтрольную эксплуатацию на замкнутом маршруте «Ст. Стойленская – ст. Чугун 2 Юго-Восточной ж.д.» 2 состава по 60 полувагонов (табл. 1).

За время проведения подконтрольной эксплуатации было проведено 3 осмотра

технического состояния и замера износов колесных пар подконтрольных вагонов.

Начальные замеры технических параметров колесных пар (толщина обода, гребня и величина проката) проводились в депо Лиски при пробеге 26 тыс. и 55 тыс. км на путях подготовки вагонов. В связи с наступлением календарного срока с декабря 2016 года по январь 2017 года на ООО «ВКМ» ст. Котел Юго-Восточной ж.д. полувагонам проведен плановый ремонт. На момент поступления полувагонов в плановый ремонт средний пробег составил 100 тыс. км (при минимальном пробеге – 86 тыс. км и максимальном – 117 тыс. км).

Для анализа результатов эксплуатации 120 полувагонов, оснащенных колесными парами на кассетных подшипниках под адаптерами и блокираторами, взяты данные работы 536 полувагонов с аналогичными пробегами и сроками проведения плановых ремонтов, оснащенных стандартными буксовыми узлами. Анализ показал (рис. 3), что количество поступлений в текущий отцепочный ремонт по тонкому гребню у колесных пар с кассетными подшипниками под адаптерами на 21% меньше, чем у колесных пар со стандартными буксовыми узлами. При этом средний пробег вагонов с колесными парами на кассетных подшипниках под адаптерами до поступления в ТОР по неисправности «тонкий гребень» составляет 85 тыс. км, что на 16 тыс. км больше, чем у оснащенных стандартными буксовыми узлами.



Рис. 3. Динамика роста поступления полувагонов в ТОР по тонкому гребню (количество неисправностей на 100 приведенных полувагонов)

Таким образом, надежность работы колесных пар на кассетных подшипниках под адаптерами неоспоримо выше, чем у колесных пар, оснащенных стандартными буксовыми узлами. Проведенные испытания подтверждают целесообразность перевода массовых родов подвижного состава эксплуатационного парка на подшипники кассетного типа.

Усиление контроля за соблюдением параметров выпуска тележек из деповского ремонта

В заключение остановимся на мерах, которые собственник и оператор грузовых вагонов может осуществить немедленно.

В процессах изнашивания колеса и рельса важнейшим является давление в зоне контакта «колесо-рельс», определяющееся в основном площадью пятна этого контакта. Чем больше угол набегания (рис. 4), тем меньше площадь пятна контакта, выше давление и больше боковой износ. Перекос оси относительно пути в прямых участках обусловлен неточностью сборки тележки (прежде всего фрикционного узла гашения колебаний), в том числе в пределах нормативов.

В связи с этим интересна статья¹, авторы которой выявили корреляционные зависимости между параметрами содержания тележек и боковым износом гребня. Под

параметрами содержания подразумевались продольный зазор в буксовом проеме, разность баз тележки и параметры фрикционного узла гашения колебаний.

Исследование также показало, что при обеспечении нормативов выпуска тележек из деповского ремонта, в частности завышения фрикционных клиньев до 3 мм, продольного зазора в буксовом проеме до 15 мм и разности баз тележки при прижатии букс наружу проемов до 2 мм, снижение интенсивности износа гребня может быть реализовано на уровне 0,56 мм/10 тыс. км. Это выигрыш в 8,96 мм на 160 тыс. км, что вполне достаточно для безотцепочной эксплуатации колесных пар между деповскими ремонтами.

Таким образом, на износ гребня колесных пар основное влияние оказывает качество сборки тележки модели 18–100 и ее аналогов, в связи с чем возможно ожидать, что строгое соблюдение параметров выпуска тележек из деповского ремонта, прежде всего для фрикционного узла гашения колебаний, вполне может обеспечить безотцепочную (по тонкому гребню) эксплуатацию колесных пар в межремонтный период.

В соответствии с этим контроль за соблюдением данных нормативов – первоочередная задача в направлении снижения числа внеплановых отцепок по причине износа гребней колесных пар.

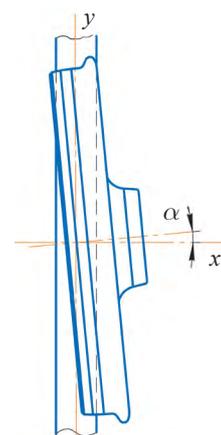


Рис. 4. Угол набегания α колеса на рельс

Выводы

Таким образом, к числу первоочередных мер по сокращению числа отцепок грузовых вагонов в текущий отцепочный (внеплановый) ремонт по износу гребней колесных пар можно отнести:

- внесение изменений в нормативные документы в отношении требований к минимальной толщине гребня колесных пар грузовых вагонов в эксплуатации (в пределах 24–33 мм);
- внесение изменений в документацию по формированию колесных пар грузовых

вагонов с изменением поля допусков по расстоянию между гранями колесных пар с 1439–1442 мм на 1437–1440 мм;

- перевод массовых родов подвижного состава эксплуатационного парка на подшипники кассетного типа;
- усиление контроля за соблюдением параметров выпуска тележек из деповского ремонта, прежде всего для фрикционного узла гашения колебаний;
- доработка вопроса изменения норматива толщины гребня до 22 мм. 

¹ Орлова А. М., Лесничий В. С. и др. Исследование влияния состояния тележек грузовых вагонов на боковой износ гребней колес по результатам математического моделирования и обследования вагонов в эксплуатации / А. М. Орлова, А. С. Лесничий и др. // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского Национального университета железнодорожного транспорта. – № 23. – 2008. – С. 69–75.

Исследование металлической основы микроструктуры тормозных локомотивных колодок

А. А. Климов,

к. т. н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Красноярского института железнодорожного транспорта (КРИЖТ) филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС)

В. Б. Бондарик,

аспирант кафедры «Эксплуатация железных дорог» КРИЖТ филиала ИрГУПС

А. В. Стручков,

к. т. н., доцент кафедры «Основы конструирования машин» Сибирского государственного университета науки и технологий (СибГУ) имени академика М. Ф. Решетнева

С. В. Домнин,

аспирант кафедры «Эксплуатация железных дорог» КРИЖТ филиала ИрГУПС

На отечественных железных дорогах всегда остро стояла проблема ресурсообеспеченности колодочных тормозов и износа в трибологической паре «колесо-колодка», сохраняющая свою актуальность и в настоящее время. Она требует решения технико-экономических, технологических, металлургических, трибологических задач, связанных с выбором износостойких фрикционных чугунов, выбором конструкции, оптимально приемлемой для установления на локомотив чугунных тормозных колодок при соблюдении экологически чистых технологий производства. Одной из задач является уменьшение изнашивания трущихся поверхностей. В Красноярском институте железнодорожного транспорта разработаны экспериментальные тормозные колодки с феррито-графитовой структурой чугуна, эффективность которых и снижение износа экспериментально подтверждены на Красноярской железной дороге.

Актуальность исследований

Тормоза локомотива работают в условиях сухого трения, при этом потери металла от интенсивного износа максимальны. Наиболее важными показателями, определяющими нормальный износ трибологической пары «колесо-колодка», является твердость тормозной колодки, стабильность твердости по их сечению и небольшой разброс твердости по отдельным колодкам. Это выражается тем, что твердость колодки определяет величину износа. Изменение твердости по сечению приводит к качественному изменению процессов трения, а большой разброс твердости по колодкам – к недоиспользованию материала части колодок.

Твердость тормозных чугунных колодок зависит от внутренней микроструктуры. Основные ее составляющие – перлит, графит, цементит, фосфидные эвтектики.

Анализ статистических данных по причинам изнашивания бандажей колесных пар грузовых электровозов на Красноярской железной дороге по итогам 2009–2015 годов

(табл. 1) показал, что 85,1% из них приходится на гребни и прокат. Суммарный износ по ползунам, выщербинам и по разнице диаметров составляет всего 3,1%, остальное происходит по неустановленным причинам (прочие) – 12,8%.

Как видно из представленных данных, единственным фактором изнашивания бандажей колес, не учитываемым статистикой, является работа тормозных колодок. В то же время исследованиями, проведенными на Красноярской железной дороге дирекцией тяги совместно с КРИЖТ, получен результат [1, 2], который показывает, что в совершенно идентичных условиях в течение 40 дней эксплуатации на электровозе-толкаче износ бандажей тормозными колодками повышенной твердости достигал 4 мм, а износ колодками пониженной твердости – 1,8 мм.

Анализ литературных источников выявил, что аналогичные исследования влияния тормозных колодок на износ банда-

Табл. 1. Количество обточек бандажей грузовых электровозов в зависимости от причин износа

Год	Причины износа, кол-во (%)						Всего
	По износу гребня	По прокату	По ползунам	По разнице диаметров	По выщербинам	Прочие	
2009	5 642 (62,6)	1 912 (21,2)	132 (1,5)	21 (0,4)	250 (2,7)	1 061 (11,8)	9 018 (100)
2010	5 504 (63,4)	1 830 (21,1)	116 (1,3)	30 (0,34)	121 (1,4)	1 081 (12,46)	8 682 (100)
2011	6 629 (68,47)	1 960 (20,25)	65 (0,67)	1 (0,01)	133 (1,37)	893 (9,22)	9 681 (100)
2012	7 784 (73,36)	1 584 (14,93)	89 (0,84)	2 (0,019)	37 (0,35)	1 014 (9,55)	10 610 (100)
2013	4 568 (57)	2 200 (27,46)	30 (0,37)	9 (0,11)	30 (0,37)	1 175 (14,67)	8 012 (100)
2014	2 974 (42,64)	2 778 (39,82)	38 (0,55)	0 (0)	48 (0,72)	1 137 (16,3)	6 975 (100)
2015 (10 мес.)	3 148 (47,49)	2 148 (32,4)	30 (0,45)	0 (0)	45 (0,69)	1 258 (18,97)	6 629 (100)
В среднем за год	5 178 (60,9)	2 059 (24,2)	71 (0,85)	8 (0,09)	94 (1,11)	1 088 (12,8)	8 498 (100)

жей колесных пар в условиях эксплуатации подвижного состава не проводились, поэтому выделить в своих отчетах этот фактор износа не представляется возможным. Тормозные колодки исследуются металлургами в основном с точки зрения повышения их износостойкости [3–6], наиболее полно – в работах [3, 4], где изучены тормозные колодки с перлитной структурой, но анализ износа контактирующей поверхности бандажа в условиях эксплуатации тоже не проводился.

Согласно представлениям о характере износа поверхностей, работающих в зоне сухого абразивного износа на основе работ [7–8], тормозная колодка при длительных торможениях, сопровождающихся нагревом, особенно в зонах с повышенным удельным давлением (выпуклости на рабочей поверхности), приводит к схватыванию металла колодки с металлом бандажа, то есть износ становится патологическим. Металл бандажа, как более пластичный, вырывается из поверхностных слоев и образует навар на поверхности трения колодки. Интенсивность этого процесса зависит от микроструктуры исходного чугуна, которая согласно стандарту [9] состоит из перлита,

графита и твердых включений цементита и тройной фосфидной эвтектики. Такое строение определяет существенный разброс твердости в зависимости от технологического режима охлаждения отливок, так как чугун, исходя из скорости охлаждения, может иметь углерод в виде графита или цементита [10]. Твердость тормозных колодок в этих условиях зависит от соотношения таких форм углерода в структуре.

Поскольку твердость цементитных включений в чугуне тормозных колодок более чем в два раза выше твердости перлита, то в первую очередь изнашивается перлитная часть структуры, обнажая твердые включения. При этом нагрузка, прикладываемая к тормозной колодке, распределяется неравномерно, выступающие твердые блоки работают при повышенных удельных давлениях, что приводит к увеличению температуры в тонких слоях металла колеса до температуры плавления. В результате эти слои снимаются с поверхности колеса, образуя задиры.

По нашему мнению, улучшение трибологических функций тормозных локомотивных колодок возможно переводом сложной нестабильной структуры исходного серого

чугуна, имеющего большой разброс по твердости, в более стабильную «феррит плюс графит», где феррит имеет стабильную твердость как в партии колодок, так и по объему каждой колодки [11]. Такую структуру можно получить высокотемпературным графитизирующим отжигом отливок (нагрев до температуры 950–

1 000 °С, выдержка – около 2 ч при этой температуре и охлаждение вместе с печью [12]).

При подобной обработке полностью снимается набел (поверхностный слой белого чугуна) и все внутренние напряжения, обеспечивается графитизация свободного цементита и распад цементита эвтектоидного [13].

Исследования металлической основы микроструктуры тормозных локомотивных колодок методом микроскопического анализа

При исследованиях металлической основы в структуре чугуна тормозных колодок методом микроскопического анализа предполагалось решение следующих задач:

- подтвердить правильность предлагаемого режима термообработки тормозных колодок;
- исследовать полученные структуры металлической основы экспериментальных колодок, сравнивая их со структурами принятого стандарта.

Для выполнения поставленных задач были отобраны экспериментальные колодки, обработанные при температуре 950–980 °С. Для сравнения экспериментальных тормозных колодок со стандартными (ГОСТ 30249–97) были отобраны по 4 колодки с твердостью, близкой к нижней границе стандарта (229 НВ) (1-я группа), экспериментальные (2-я группа) и 4 колодки с твердостью, близкой к верхней границе стандарта (303 НВ) (3-я группа). Всего получено 30 микрошлифов (по 10 штук от каждой группы).

Исследование металлической основы микроструктуры чугунов производилось для микрошлифов после химического травления поверхностей 5% раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Полученные аппаратурой для микрофотографирования микроструктуры обрабатывались в программе «ЦИТО-2.0», которая дает возможность тонких измерений составляющей структуры.

Микроструктуры соответствуют стандарту ГОСТ 30249–97 на тормозные локомотивные колодки, то есть состоят из перлита (темные включения), графита (серые узкие полоски) и твердой фазы (цементита и тройной фосфидной эвтектики – светлые включения). Видно, что светлые включения группируются в отдельные блоки. При небольшом количестве твердой фазы частицы цементита разделяются графитовыми пластинами.

Площадь микрошлифа под твердой фазой варьируется от 4% до 18% и в среднем составляет 12% при твердости 220–240 НВ. Частицы твердой фазы по площади варьируются по экспоненте от 150 мкм² до 2 850 мкм² и в среднем составляют 574 мкм² (рис. 1).

Микроструктура чугуна экспериментальной группы, которая разительно отличается светлым окрасом от образцов микроструктуры 1-й группы, говорит о том, что основа структуры ферритная. При этом светлые пятна чистого феррита напоминают по форме и цвету твердые включения. Площадь феррита составляет от 13,3% до 21,7%, в среднем – 16,2% (количественные измерения в программе «ЦИТО – 2.0») при твердости образцов от 220 НВ до 230 НВ. Темная часть микроструктуры является продуктом распада аустенита на мелкодисперсную смесь феррита и графита, полученную при медленном охлаждении в зоне эвтектоидных превращений. Это

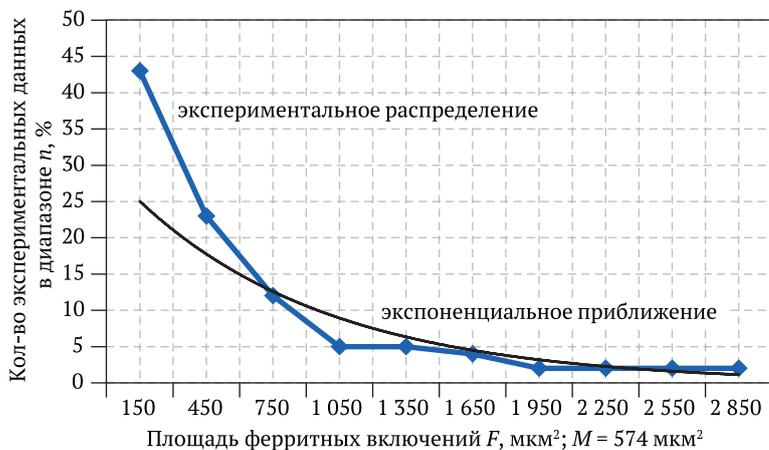


Рис. 1. Гистограмма распределения площадей, занятых твердой фазой (цементит плюс тройная фосфидная эвтектика) в чугунах со стандартной структурой пониженной группы твердости

подтверждает правильность выбранного режима охлаждения при термообработке. Площадь мелкодисперсной смеси феррита и графита составляет 70–90%.

Из гистограммы распределения площадей, занятых ферритом в чугуне тормозных колодок экспериментальной группы (рис. 2), видно, что частички феррита по площади также варьируются по экспоненте, но их площади заметно больше, чем площади, занятые твердой фазой (около 2 раз). Более того, как показал микроскопический анализ, площадь ферритных включений в микроструктуре экспериментальных колодок может варьироваться в большем диапазоне (от 300 мкм² до 5 700 мкм²). Средняя площадь ферритных включений, определенная методом математической статистики, составляет 1 361 мкм².

На микроструктурах чугуна тормозных колодок 3 группы видно, что большая часть микрошлифов занята твердой (светлой) фазой – цементитной.

Повышенное количество цементита сопровождается пропорциональным уменьшением графита в структуре до почти полного отсутствия. Микрошлиф содержит ле-

Выводы

В результате проведенных металлографических исследований можно сделать следующие выводы.

Во-первых, присутствующие в чугуне тормозной колодки твердая и мягкая фазы группируются в отдельные блоки, при этом графит располагается в перлитной составляющей структуры.

Во-вторых, из-за наличия в структуре стандартных тормозных локомотивных колодок блоков твердой составляющей (цементит плюс тройная фосфидная эвтектика) происходит неравномерный износ поверхности трения. Твердые включения выступают на поверхности, приводя за счет увеличения удельных давлений на эти выступы к термоциклическому растрескиванию, что сопровождается разрушением чугуна.

В-третьих, в диапазоне стандартной твердости тормозных колодок (229–303 НВ)

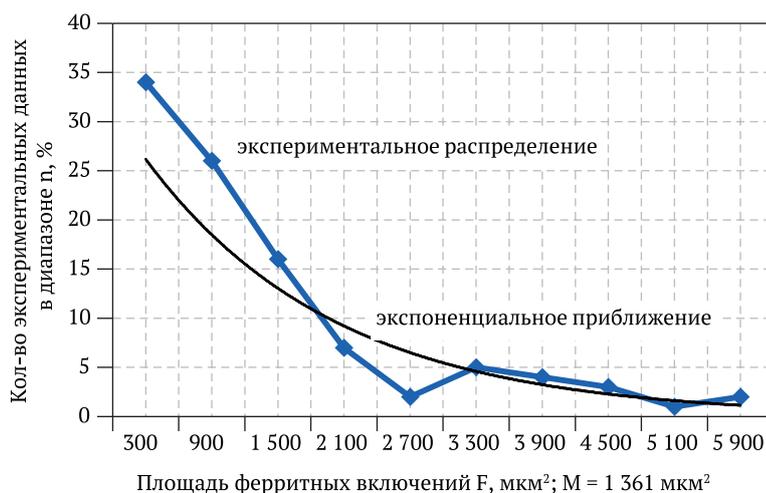


Рис. 2. Гистограмма распределения площадей, занятых ферритом в чугуне тормозных колодок экспериментальной группы

дебурит (светлые пятна с темными точками перлита внутри), то есть чугун является половинчатым. Такая структура практически не выделяет графит для образования разделительной пленки в процессе трения, что обеспечивает повышенный износ металла бандажей колес локомотивов.

В среднем площадь, занимаемая цементитной фазой, составляет от 30% до 60% площади микрошлифа в зависимости от твердости.

количественный баланс графита и цементита в структуре зависит не от химического состава, а от скорости охлаждения чугуна, которая определяет стабильный или нестабильный процесс формирования структуры.

В-четвертых, при стандартной структуре тормозных колодок масса наваря напрямую зависит от количественного состава твердой фазы.

В-пятых, колодки повышенной твердости имеют незначительное количество графита в структуре, что определяет отсутствие разделительной графитовой пленки на поверхности трения и, как следствие, повышение износа материала бандажей колесных пар.

В-шестых, экспериментальные колодки, полученные в результате термической обработки, имеют микроструктуру феррито-графитную при наличии крупных вклю-

чений феррита и ферритной основы в виде мелкодисперсной смеси феррита и графита, при этом полностью отсутствует цементитная фаза.

Экспериментальные исследования тормозных колодок с полученной феррито-графитовой структурой в условиях эксплуатации на электровозе-толкаче показали, что гарантированное наличие разде-

лительной графитовой пленки на поверхностях трения обеспечило средний износ бандажей колес 0,8 мм за 40 дней (для 1-й группы – 1,8 мм, для 3-й группы – 4,0 мм). При этом ресурс самих экспериментальных тормозных колодок с феррито-графитовой микроструктурой по сравнению со стандартными одинаковой твердости не снижается [1–2].

Список использованной литературы

1. Климов А. А. и др. Исследование влияния структуры и твердости тормозных колодок на износ бандажей колес локомотивов / А.А.Климов, С.В. Домнин, А.В. Стручков, В.Б.Бондарик // Современные технологии, системный анализ, моделирование : Научный периодический журнал. – Вып. № 352. – ГОУ ВПО ИрГУПС. – Иркутск. – 2017. – № 1 (53). – С. 215–218.
2. Климов А. А. и др. Влияние микроструктуры и твердости тормозной локомотивной колодки на трещинообразование чугуна / А.А.Климов, С.В. Домнин, А.В. Стручков, В.П. Кирпиченко и др. // Системы. Методы. Технологии : Научный периодический журнал. – ГОУ ВПО «БрГУ». – Братск. – 2016. – № 2. – С. 73–77.
3. Афонин Д.Г. Исследование и разработка технологии изготовления отливки тормозной локомотивной колодки для железнодорожного транспорта из износостойкого графитизированного чугуна с повышенной эксплуатационной стойкостью: автореферат дис. к.т.н. – М., 2001. – 19 с.
4. Кульбовский И. К. и др. Исследования структуры, свойств чугуна и эксплуатационной стойкости тормозных колодок производства ОАО «Сантехлит» / И.К. Кульбовский, Д.Г.Афонин, И.И.Добровольский, Ю.В.Игнатенко // Материаловедческие проблемы в машиностроении. Областная научно-техническая конференция: тез. докл. – Брянск, 1997. – С. 7–8.
5. Ларин Т. В. и др. Фрикционный чугун для тормозных колодок: Авт. Св. № 1567652 СССР, МКИ А1 С22С37/10 / Т.В.Ларин и др. – Заявл. 06.04.1987; опубл. 30.05.1990.
6. Головатый А.Т. Чугун: Авт. Св. №834206 СССР, МКИ А1 С22С37/10 / А.Т.Головатый и др. – Заявл. 21.12.1979; опубл. 30.05.1981. – Бюл. № 20.
7. Крагельский И.В. Трение и износ. – М : Машиностроение, 1968. – 480 с.
8. Кащеев В.Н. Абразивное разрушение твердых тел. – М. : Наука, 1970. – 247 с.
9. Колодки тормозные чугунные для локомотивов. Технические условия: ГОСТ 30249–97. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1999–07–01. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2005. – 11 с.
10. Чугун: Справочник / Под ред. А.Д.Шермана и А.А.Жукова. – М. : Metallurgy, 1991. – 576 с.
11. Климов А. А. и др. Способ повышения износостойкости тормозных локомотивных колодок из серого чугуна / А.А.Климов, С.В.Домнин, Д.С.Хацкевич // IX международная научно-практическая конференция «Современные концепции научных исследований». – Ч. 1, М., 2014. – С 82–85.
12. Климов А.А. Способ повышения износостойкости тормозных локомотивных колодок: Патент № 2575505 РФ, МПК С21D 5/02 / А.А.Климов, А.В.Стручков и др. – Заявл. 13.05.2014; опубл. 20.02.2016. – Бюл. № 5.
13. Климов А. А. и др. Способ улучшения трибологических характеристик пары «колесо-тормозная колодка» локомотивов / А.А.Климов, С.В.Домнин, А.В.Стручков, В.П.Кирпиченко и др. // Сб. публикаций научного журнала «Глобус» по материалам VIII международной конференции «Технические науки – от теории к практике». – СПб., 2016. – С. 47–53. 

Диагностирование электрической передачи тепловозов с использованием методов машинного обучения

И.К. Лакин,
д. т. н., проф., директор департамента развития систем мониторинга (ДРСМ) технического состояния локомотивов ООО «ЛокоТех»

В.В. Павлов,
к. ф.-м. н., разработчик-математик ООО «Кlover Групп»

В.А. Мельников,
асп. кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)

Вопрос об использовании данных бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) локомотивов для расширения их диагностического потенциала поднимался с момента появления первых локомотивов, оборудованных подобными системами. Считывание данных МСУ локомотивов на постоянной основе и их ручная расшифровка были начаты осенью 2012 года в подразделении «Максим Горький» ООО «ТМХ-Сервис», а уже летом 2013 года появились первые автоматизированные рабочие места (АРМ), позволявшие производить расшифровку в полуавтоматическом режиме с применением заранее написанных алгоритмов диагностики. Создаваемый по заказу ООО «Локомотивные технологии» проект «Умный локомотив» ставит перед собой амбициозную задачу автоматизировать не только расшифровку данных МСУ, но и процесс написания алгоритмов диагностики при помощи методов статистического анализа данных (BigData) и машинного обучения, что в конечном итоге позволит повысить объективность постановки диагноза за счет перехода от субъективного мнения диагноста к статистическому подтверждению скрытых для человеческого глаза закономерностей.

Бортовые микропроцессорные системы локомотивов

Современные локомотивы оснащаются бортовыми микропроцессорными системами (МСУ), предназначенными для управления работой силовой электрической передачи и вспомогательного оборудования локомотива. В общем случае МСУ локомотива состоит из управляющей стойки, комплекта датчиков, органов управления (реле и сервоприводов) и дисплейного модуля (ДМ) для взаимодействия с машинистом (рис. 1). Помимо основной функциональности, конструктивное исполнение большинства МСУ позволяет производить накопление и хранение информации о работе оборудования локомотивов в памяти дисплейного модуля с возможностью ее дальнейшего считывания посредством переносных флеш-накопителей или дистан-

ционного считывания через беспроводные сети GPRS или Wi-Fi (в зависимости от исполнения МСУ).

Начиная с 2012 года в сервисных локомотивных депо (СЛД) ООО «ЛокоТех-Сервис» производится считывание с последующей расшифровкой данных МСУ локомотивов в рамках мониторинга их технического состояния [1]. По результатам расшифровки данных МСУ выявляются инциденты¹. Они делятся на нарушения режимов эксплуатации (НРЭ) и предотказные состояния и заносятся в ERP-систему депо (ТУ-28Э) для принятия мер при заходе локомотивов на ближайшее ТО или ТР [2]. По итогам 2016 года подтвержденный экономический эффект от мониторинга по всем СЛД превысил 100 млн руб./год.

¹ В данном случае термин взят из стандартов ITIL, в котором под термином «инцидент» подразумевается любой режим работы оборудования, отличный от нормального.

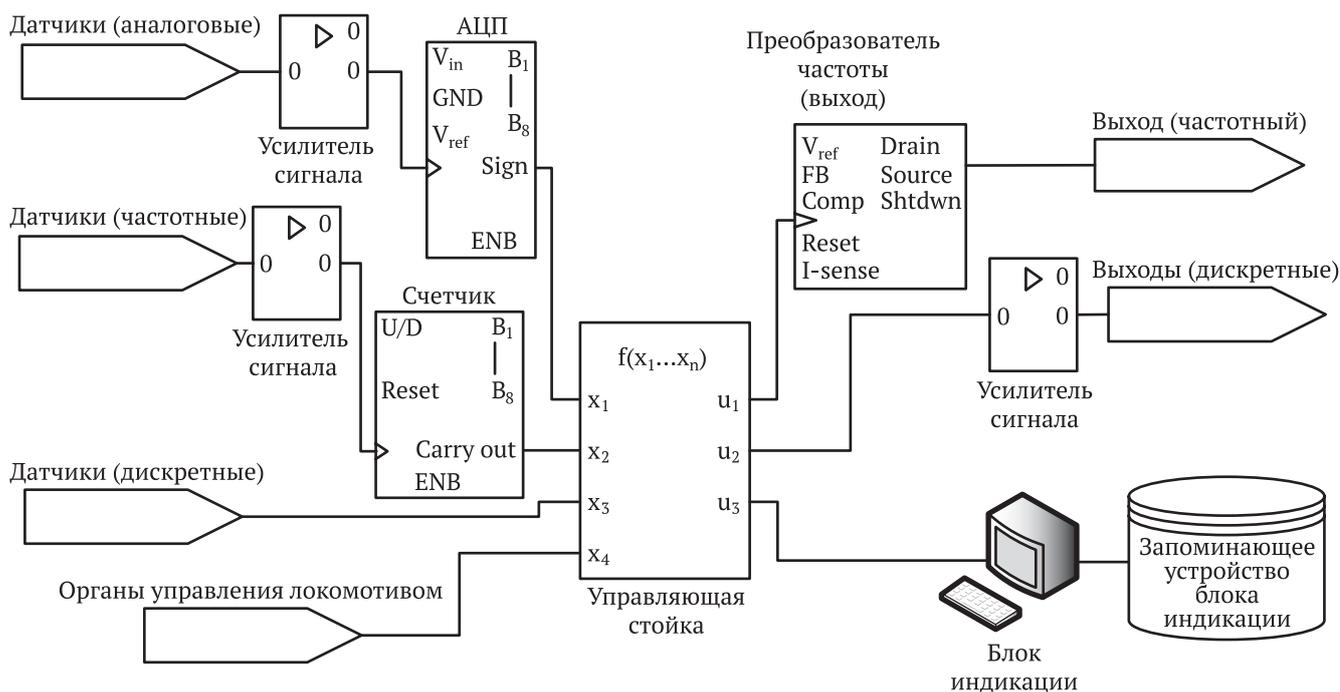


Рис. 1. Принципиальная схема МСУ

Основным недостатком существующей системы является зависимость качества выявления инцидентов от компетенции оператора – диагноста СЛД. Для снижения влияния диагноста на результат расшифровки с 2012 года внедряются автоматизированные рабочие места диагноста (АРМ МСУ) с функцией автоматизированного поиска инцидентов по заданным алгоритмам диагностики. В рамках этих работ созданы АРМ «Осциллограф-3» (тепловозы 2(3)ТЭ116У, ТЭП70БС(У), 2ТЭ70, 2(3)ТЭ10МК(УК) и ТЭМ18ДМ) и АРМ МСУД (электровозы Э5К, 2(3)ЭС5К, ЭП1М, 2(3)ЭС4К и ЭП2К), позволившие частично автоматизировать работу диагностов и повысить эффективность проводимого мониторинга.

Однако у встроенных в АРМ МСУ алгоритмов диагностики все еще оставался один существенный недостаток: для введения в АРМ новых алгоритмов диагностики требовалось дорабатывать сам АРМ МСУ. В результате по мере накопления опыта диа-

гностики и появления новых видов НРЭ и предотказных состояний вес инцидентов, найденных при помощи алгоритмов, уменьшается и проблема ручного поиска инцидентов появляется вновь. В последней версии АРМ МСУД эта проблема была частично решена за счет внедрения встроенного языка написания алгоритмов диагностики, но пользовательские алгоритмы существовали лишь в локальной версии АРМ и не могли быть распространены на все локомотивы серии.

В то же время развитие вычислительной техники привело к появлению новых методов обработки информации, одними из которых стали методы BigData – алгоритмы, специально созданные для эффективной обработки больших объемов данных и методы машинного обучения. Эти методы позволили на основании статистической обработки исторических данных не только выявлять скрытые взаимосвязи, но и определять алгоритмы взаимного влияния параметров.

Проект «Умный локомотив»

В 2016 году ООО «ЛокоТех» совместно с ООО «Кlover Групп» запустило проект «Умный локомотив» (УЛ), целью которого стал анализ данных МСУ локомотивов мето-

дами BigData с целью выявления скрытых взаимосвязей между параметрами работы оборудования, определения тенденций в их изменении (трендов) и прогнозиро-

вания технического состояния. В качестве пилотной серии локомотивов было решено выбрать тепловозы 2(3)ТЭ116У, так как на момент начала эксперимента она была достаточно распространена, обладала значительным набором диагностических данных и в то же время по ней был наработан значительный опыт диагностики. В настоящий момент в связи с производственной необходимостью эксперимент расширен на серии 2ТЭ25КМ и ТЭП70БС. В его рамках данные МСУ локомотивов считываются группами диагностики и импортируются на сервер при помощи специально разработанного АРМ МСУ. Помимо загрузки данных, специалистами групп диагностики для получения максимального объема данных совместно со специалистами компаний – разработчиков МСУ прорабатывается вопрос стыковки с системами онлайн-мониторинга данных АСК (тепловозы 2(3)ТЭ116У, 2ТЭ25А(АМ,КМ) и ТЭП70БС) и БРПД (блок расшифровки и передачи данных) (электровозы 2(3,4)ЭС5К, 2(3)ЭС4К и ЭП2К).

На сервере УЛ производится первичный анализ данных при помощи алгоритмов диагностики и их сравнение с показаниями, полученными для аналогичных условий на математической модели оборудования локомотива (рис. 2). Любое отклонение реально наблюдаемых значений параметров от показаний математической модели признается аномалией – ранее не-

известным режимом работы. Наличие алгоритмов диагностики объясняется как необходимостью облегчения работы групп диагностики на время обучения и развертывания методов BigData, так и выделением инцидентов из нормальных режимов работы локомотива. После обработки данных выявленные при помощи математической модели инциденты направляются на верификацию диагноста. Если он подтверждает, что аномалия является инцидентом (в процессе подтверждения также указывается тип инцидента – НРЭ или предотказное состояние, наименование отказавшего оборудования), то аномалия отправляется на верификацию эксперту, после подтверждения которым она фиксируется в математической модели как инцидент. В противном случае аномалия фиксируется как нормальный режим работы локомотива.

Инциденты, выявленные при анализе данных, включаются в список замечаний локомотивов. После интеграции УЛ с системой ТУ-28Э между системами организован обмен информацией, при котором инциденты направляются в ТУ-28Э в автоматизированном режиме, а по окончании ремонта данные об отремонтированном и замененном оборудовании импортируются из ТУ-28Э в УЛ для корректировки модели оборудования (фактически модель отремонтированного оборудования разделяется для того, чтобы

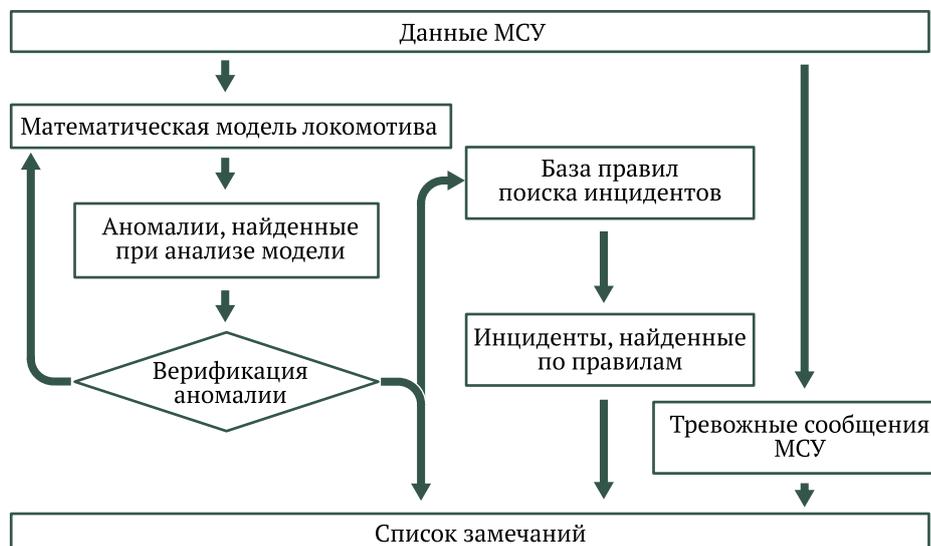


Рис. 2. Алгоритм обработки информации

исключить влияние данных до ремонта на ее работу).

Предварительное исследование показало, что при всей своей гибкости методы машинного обучения обладают рядом специфических требований к обрабатываемой информации:

1. Необходимость в наличии непрерывной информации за длительный период. В данных не должно быть участков времени, в которые информация о работе оборудования не поступала.

2. Необходимость отбора анализируемых параметров. Они должны четко разделяться на входные и выходные (модель описывалась по принципу черного ящика), причем влияние входов на выходы должно происходить только через описываемый узел.

3. Унимодальность описываемого процесса. В случае если в узле имеет место несколько процессов, узел необходимо разделить на несколько моделей.

Анализ работы тяговых электродвигателей

В качестве первоочередного объекта для моделирования были выбраны тяговые электродвигатели (ТЭД), так как они удовлетворяют сразу нескольким критериям отбора:

- ТЭД – один из самых дорогих видов оборудования и интенсивность отказов высокая (за 2016 год – 20% unplanned ремонтов (НР) опытной группы локомотивов были вызваны отказом ТЭД), поэтому их точная диагностика представляет коммерческий интерес для сервисных компаний;
- ТЭД оборудованы достаточным количеством датчиков;
- характеристики ТЭД достаточно подробно описаны как в технической документации, так и в научных трудах.

На основании имеющихся в МСУ параметров была построена модель ТЭД,

которая для обеспечения унимодальности (требование 3) сочетала в себе три отдельных модели:

1. Электрическая модель. Зависимость тока от напряжения на зажимах ТЭД.
2. Электромеханическая модель. Зависимость тока ТЭД от скорости колесной пары (табл. 1).
3. Модель реостатного торможения. Зависимость напряжения на зажимах ТЭД от скорости колесной пары.

Впоследствии в рамках отдельного эксперимента модели (1) и (2) объединены в одну.

Поскольку имеющийся объем данных МСУ не удовлетворяет требованиям для обучения модели (даже после подключения данных систем АСК и БРПД), для обеспечения должной точности работы была выполнена дополнительная подготовка данных:

- режимы работы ТЭД были разделены по признаку режима ослабления поля. Признак перевода локомотива в реостатное торможение (параметр «Блокировка тормозного переключателя ТП. Положение «Тормоз», табл. 1) использовался для разделения режимов тяги и реостатного торможения;
- признаки работы поездных контакторов («Поездной контактор 1 ТЭД», табл. 1), отключателей моторов («Отключатель моторов ОМ1», табл. 1) и предохранителей («Предохранитель 1 ВУУ», табл. 1) использовались для отсева режимов, в которых ТЭД был отключен;

Табл. 1. Схема электрической модели ТЭД тепловоза 2(3)ТЭ116У

Входной параметр	Выходной параметр
Выпрямленное напряжение 1-й ветви выпрямительной установки	Ток якоря ТЭД1
Реле ослабления поля, 1-я ступень	нет
Реле ослабления поля, 2-я ступень	нет
Блокировка тормозного переключателя ТП. Положение «Тяга»	нет
Блокировка тормозного переключателя ТП. Положение «Тормоз»	нет
Поездной контактор 1 ТЭД	нет
Отключатель моторов ОМ1	нет
Предохранитель 1 ВУУ	нет

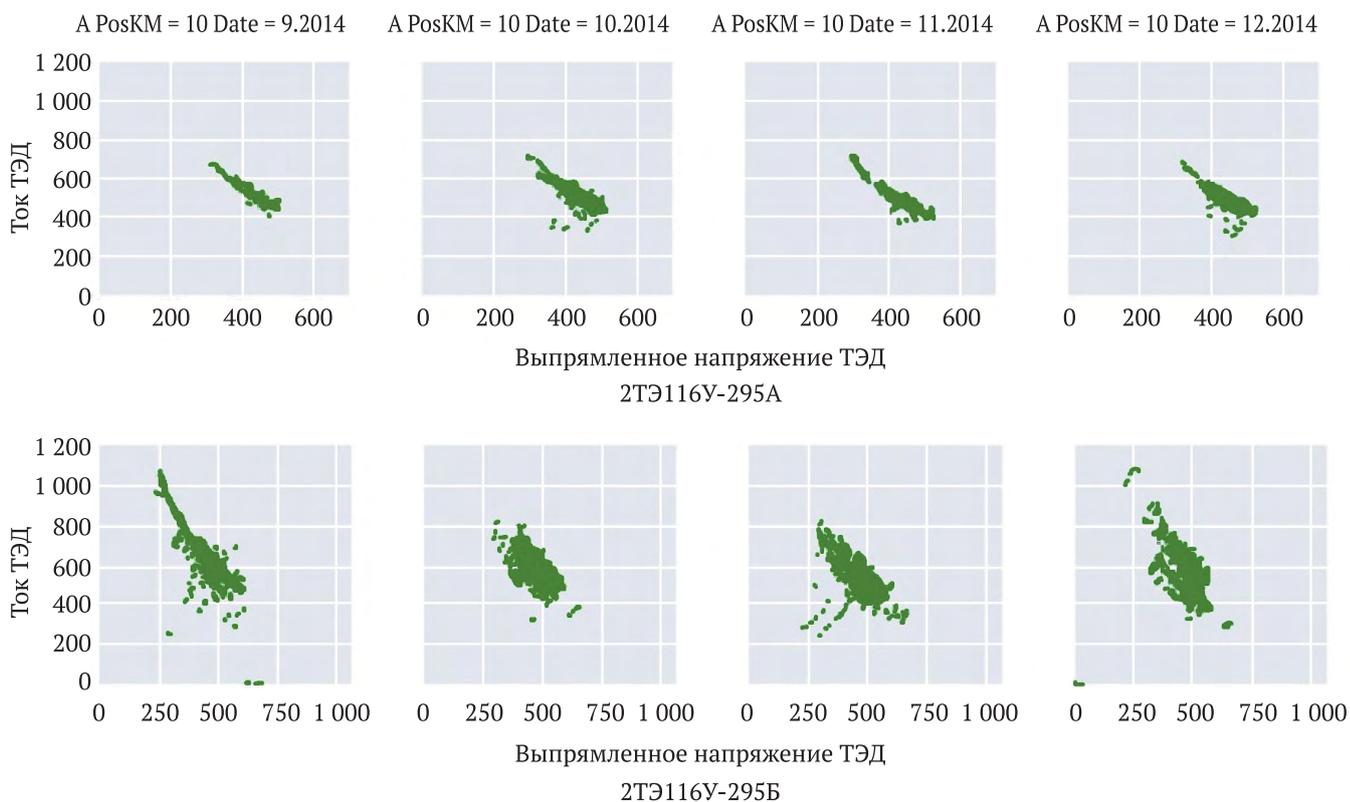


Рис. 3. Зависимость тока ТЭД2 от напряжения для секций А и Б тепловоза 2ТЭ116У-295 за 4 месяца 2014 года

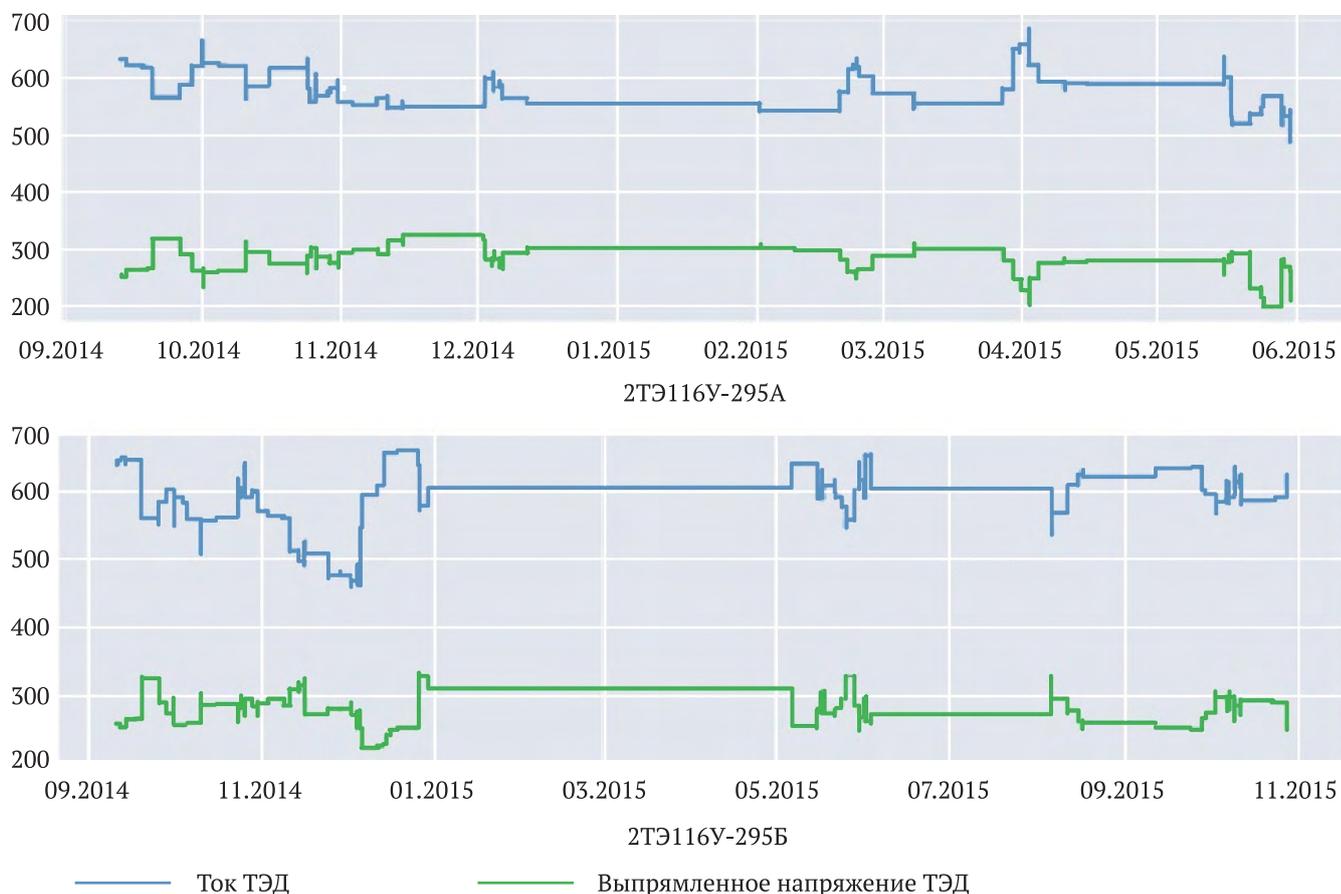


Рис. 4. Изменение значений тока и напряжения ТЭД2 для секций А и Б тепловоза 2ТЭ116У-295 за 2014-2015 годы

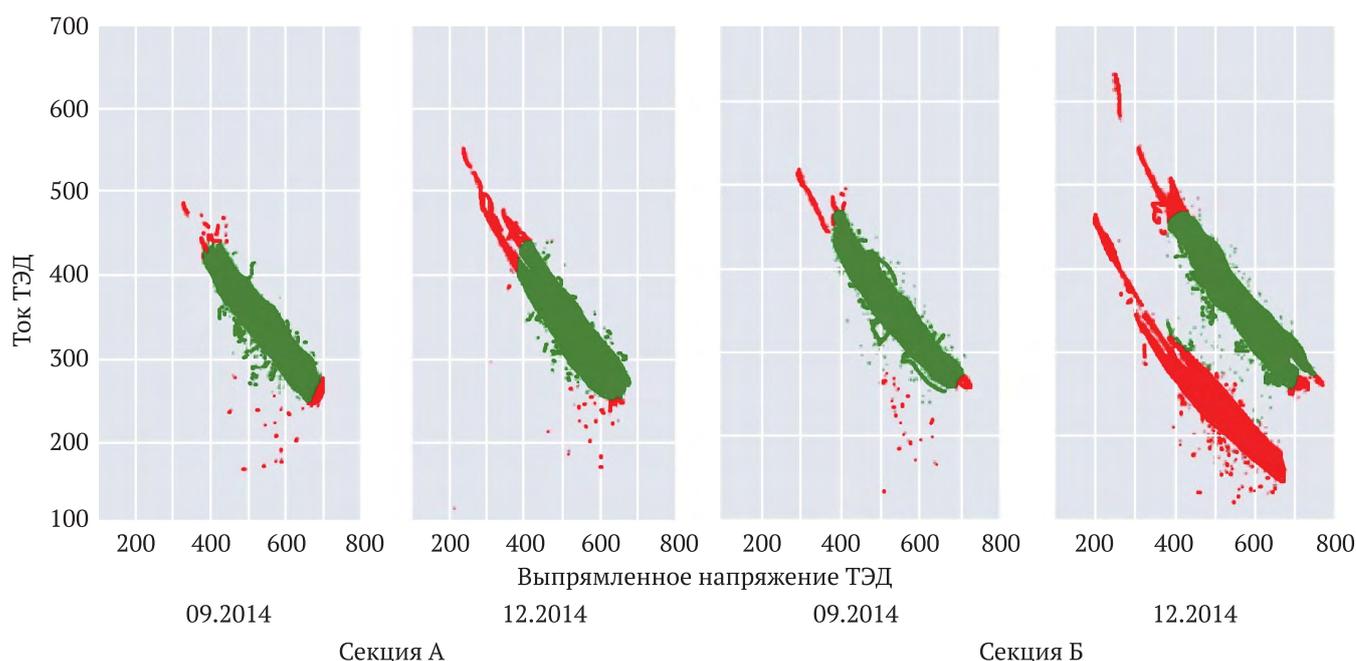


Рис. 5. Зависимость тока ТЭД1 от напряжения по тепловозу 2ТЭ116У-295 на 12 ПКМ за сентябрь 2014 – июнь 2015 года

– с целью борьбы с помехами для всех моделей был выполнен дополнительный отсев участков данных на протяжении 120 сек. после изменения позиции контроллера (ПКМ) или 3 сек. с момента включения (выключения) мотор-вентиляторов, а также участков, на которых был включен тормозной компрессор.

При сравнении данных МСУ тепловозов с моделью в процессе выявления аномалий выполняется сортировка данных по аналогичному принципу.

Анализ электрической и электромеханической моделей ТЭД показал существенные различия в зависимостях скорости колесных пар от тока ТЭД и тока ТЭД от напряжения ТЭД для каждой поездки и отличающихся номеров локомотивов. Например, для секции А тепловоза 2ТЭ116У-295 зависимость тока (ток ТЭД) от напряжения ТЭД (выпрямленное напряжение ТЭД) сохраняется от месяца к месяцу (с 10 сентября 2014 года по 31 января 2015 года) (рис. 3). В свою очередь, для секции Б тепловоза зависимость начинает вырождаться в две кривые, что можно считать переходом тепловоза в предотказное состояние [3]. При этом под предотказным состоянием понимается еще работоспособный, но уже неисправный локомотив [2].

Анализ тока и напряжения ТЭД, приведенный на рисунке 4, по времени по-

казывает, что это раздвоение связано с током ТЭД. Из рисунка 5 следует, что с сентября по декабрь напряжение ТЭД (выпрямленное напряжение ТЭД) колеблется около некоторого постоянного значения, в то время как значение тока (ток ТЭД) постепенно падает к декабрю 2014 года. Это косвенно указывает на то, что проблема связана не с выпрямительной установкой. Возможно, проблема кроется непосредственно в ТЭД [3].

Для поиска этих особенностей были применены методы «Изолирующий лес» и «Линейная регрессия».

Исследование числа аномалий, возникающих каждый день, и его среднеквадратического отклонения показало, что для секции Б тепловоза раздвоение кривых возникает в декабре 2014 года, в то время как для секции А – в мае – июне 2015 года (зависимости тока ТЭД от напряжения приведены на рисунке 5, красным на нем выделены точки, в которых значение параметра отличалось от описанного моделью) [3].

В дальнейшем этот метод был применен для других тепловозов 2ТЭ116У и 3ТЭ116У, для которых известны даты захода на ремонт. В качестве референтного образца был взят тепловоз 2ТЭ116У-295 А за сентябрь 2014 года. Его сравнение с 2ТЭ116У-132 показывают, что зависимости токов ТЭД от их напряжений хорошо повторяют друг друга

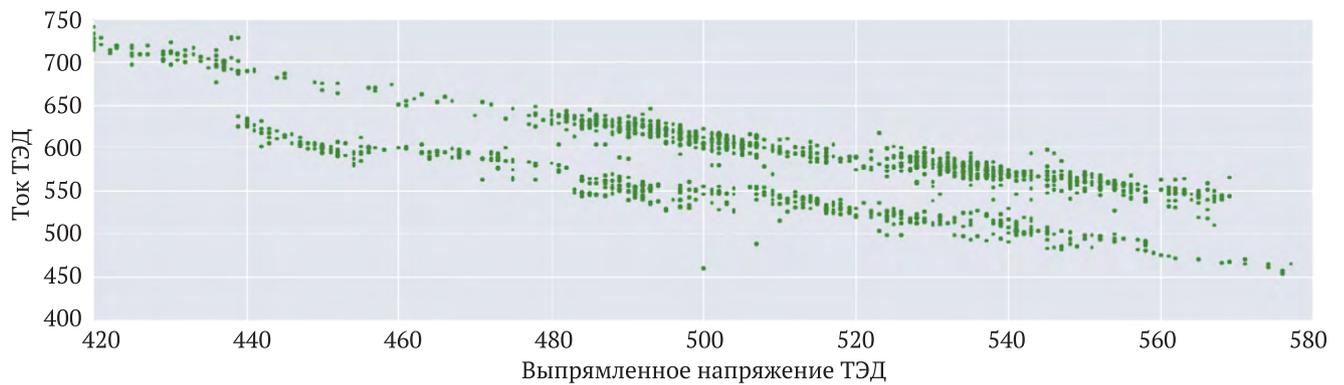


Рис. 6. Зависимость тока ТЭД от напряжения по тепловозу 2ТЭ116У-240Б с января по июнь 2017 года

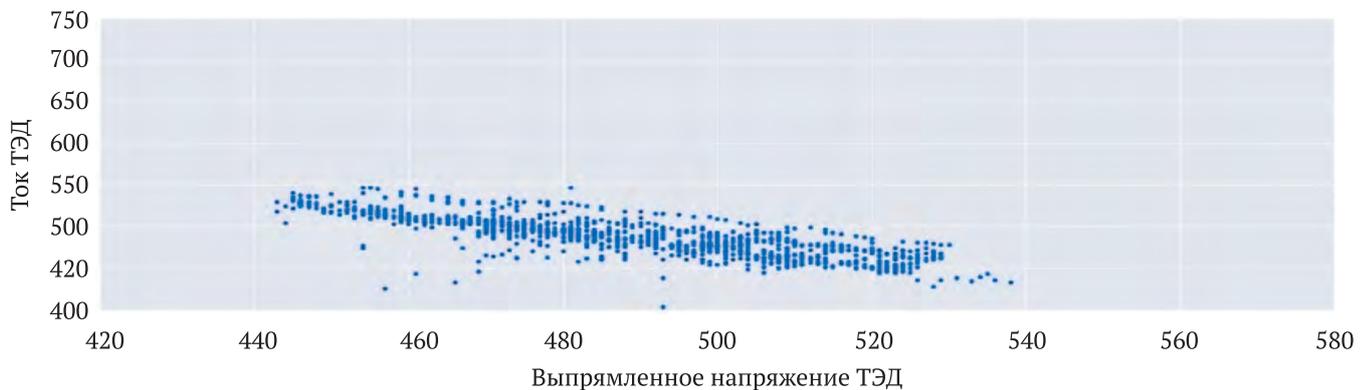


Рис. 7. Зависимость тока ТЭД от напряжения по тепловозу 2ТЭ116У-240Б (6 июня 2017 года)

для разных тепловозов в разные промежутки времени.

Для некоторых тепловозов, таких как 2ТЭ116У-248 и 2ТЭ116У-291, также были обнаружены раздвоения кривых, что может указывать на предотказное состояние. Например, тепловоз 2ТЭ116У-240Б 7 марта 2017 года имел аналогичную зависимость тока якоря от выпрямленного напряжения (рис. 6). 11 мая 2017 года тепловоз встал на неплановый ремонт в связи с отказом ТЭД [3].

Тепловоз 2ТЭ116У-240А был на ремонте 22 мая 2017 года. По данным за 6 июня 2017 года, в зависимости тока якоря от выпрямленного напряжения раздвоения кривых нет (рис. 7) [3].

Так как исследование электромеханической модели ТЭД показало схожие результаты, был сделан вывод о том, что за раздвоение зависимости тока ТЭД от его напряжения ответственен параметр значения тока.

Анализ работы тягового генератора

Поскольку при исследовании зависимости напряжения ТЭД от напряжения на выходе тягового генератора (ТГ) раздвоений выявлено не было, решили расширить исследование, построив похожие модели для выпрямительной установки, тягового генератора и возбудителя тепловоза, введя ряд обратных связей между узлами.

Исследование комплексной модели электрической передачи показало, что в зависимости напряжения ТГ (напряжение генератора) (рис. 8) от тока возбуждения генератора

(ток возбуждения генератора) постепенное раздвоение линий от сентября к декабрю 2014 года снова появляется. При исследовании поведения этих параметров от времени видно, что значение напряжения ТГ не меняется со временем от сентября к декабрю. При этом значение тока возбуждения падает от сентября к декабрю 2014 года и 10 декабря снова возрастет.

Таким образом, за раздвоение зависимости напряжения от тока возбуждения ТГ ответственен ток возбуждения.

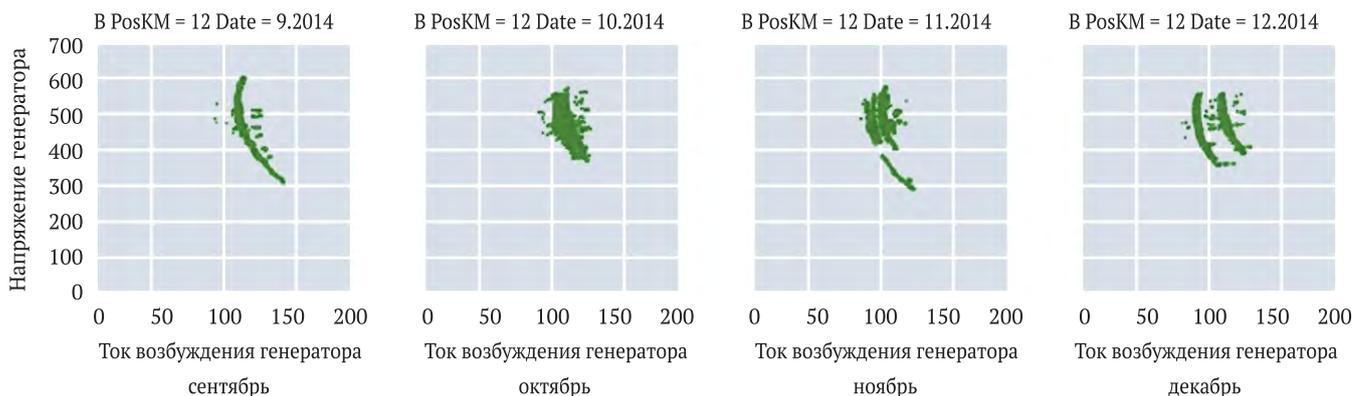


Рис. 8. Изменение зависимости напряжения от тока возбуждения ТГ тепловоза 2ТЭ116У-295А за 4 месяца 2014 года

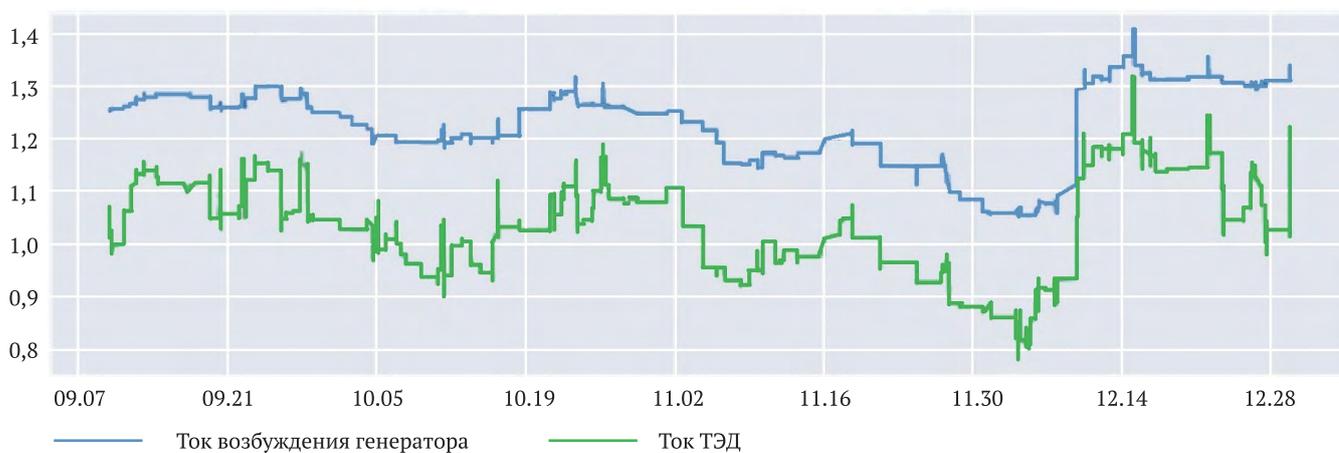


Рис. 9. Изменение зависимости тока возбуждения ТГ и тока ТЭД тепловоза 2ТЭ116У-295А за 4 месяца 2014 года

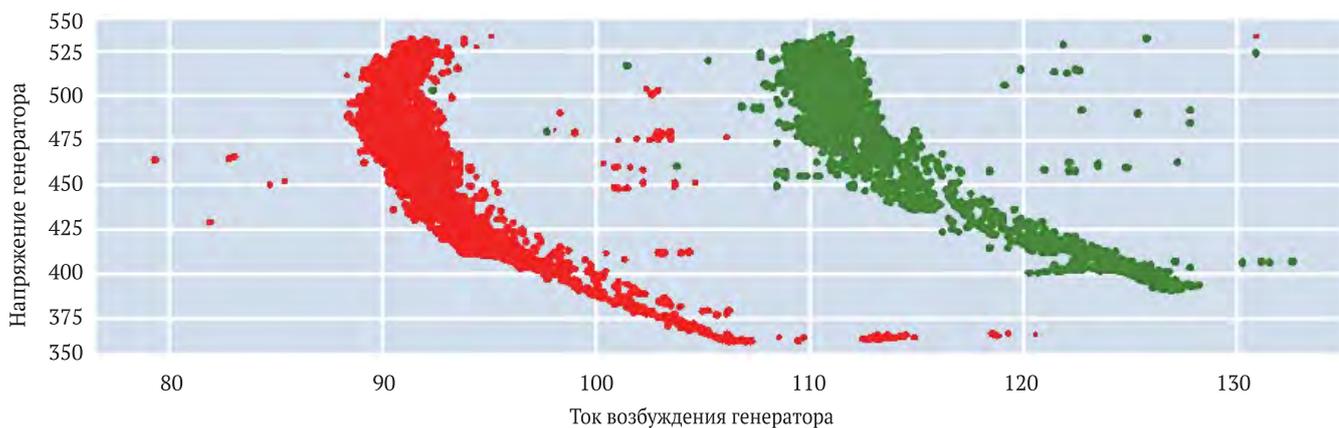


Рис. 10. Зависимости напряжения ТГ от тока возбуждения на 12 ПКМ

Сравним теперь поведение тока возбуждения ТГ (ток возбуждения генератора, рис. 9) с током ТЭД (ток ТЭД). Как видно, их зависимости от времени одинаковые. Мы видим спад от сентября до декабря и резкий подъем 10 декабря 2014 года. Основываясь на модели 2ТЭ116У, можно сказать, что причиной спада значений от сентября до декабря является

ток возбуждения ТГ, а спад тока ТЭД – уже следствие.

Резкое изменение значений 10 декабря 2014 года позволяет предположить, что в это время имел место ремонт возбуждителя, однако, поскольку в официальных источниках информации о неплановых ремонтах тепловоза в этот период не было, наиболее реалистичным объяснением представля-

ется устранение неисправности во время планового ремонта.

Построим зависимость напряжения ТГ (напряжение генератора, рис. 10) от тока возбуждения (ток возбуждения генератора) по двум временным отрезкам. Первый временной отрезок – с 1 декабря по 10 декабря (красные точки). Второй отрезок – с 10 декабря по 31 декабря 2014 (зеленые точки). Как видно из рисунка 10, параметры при предотказном состоянии хорошо разделяются от параметров при нормальном режиме работы.

Дальнейший поиск первопричины деградации среди параметров, влияющих на работу возбудителя (схема модели возбудителя приведена в табл. 2), результатов не принес: в указанные временные периоды ни для одного из параметров не наблюдалось различий в поведении.

Таким образом, применение методов BigData и машинного обучения к модели, построенной на основании данных МСУ тепловозов, позволяет выявлять скрытые за-

Табл. 2. Схема модели возбудителя тягового генератора

Входной параметр	Выходной параметр
Ток возбуждения возбудителя	Ток возбуждения генератора
Угол открытия тиристоров БВГ (блок возбуждения генератора)	нет
Тумблер режима «Водяной реостат»	нет
Частота вращения вала дизеля	нет
Блокировка контактора ВВ (возбуждения возбудителя)	нет
Контактор возбуждения возбудителя	нет
Блокировка контактора аварийного возбуждения КАВ	нет
Контактор аварийного возбуждения	нет
Предохранитель на дверях БВГ	нет

кономерности в изменении параметров работы оборудования тепловозов, давая возможность локализовать предотказные состояния до агрегата и обнаруживать случаи скрытого НР.

Список использованной литературы

1. Липа К.В., Гриненко В.И., Лянгасов С.Л., Лакин И.К., Аболмасов А.А., Мельников В.А. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления. – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2013. – 156 с.
2. Липа К.В., Белинский А.А., Пустовой В.Н., Лакин И.К., Пустовой И.В., Горшенина Т.И., Субботин Р.Н., Дорогин В.С., Худорожко В.А., Аболмасов А.А., Баранов А.И., Баркунова А.А., Гребенюк А.В., Лакин И.И., Никишкина Е.А., Мельников В.А., Храпин А.А., Миронов В.В., Розвер Д.Ю., Есенков А.А. Управление жизненным циклом локомотивов в группе компаний «Локомотивные технологии». Теория и практика. – М. : ООО «Локомотивные технологии», 2017. – 212 с.
3. Павлов В.В. Тепловоз 2ТЭ116У. Аналитический отчет. – Казань : ООО «Кlover Групп», 2016. – 7 с. [8]



НОРНИКЕЛЬ
МУРМАНСКИЙ
ТРАНСПОРТНЫЙ
ФИЛИАЛ

**Реализуем или сдадим в аренду
2-х секционные магистральные локомотивы:**

2ЭС5К «Ермак» - 2010 г.в. (не эксплуатировался)

2М62 - 1983 г.в. (КР-01/2013) срок службы до 2029 г.

Портовый проезд, д. 31, Мурманск,
Россия, 183038
тел.: 8 (8152) 55-80-50
факс: 8 (8152) 55-80-00
murm.filial@normik.ru
www.nornickel.ru

Ниши эффективного применения литий-ионных аккумуляторов



К.М. Гурьяшкин,
генеральный директор ООО «Сотелком»

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) – это обширное семейство продуктов, свойства отдельных представителей которого отличаются порой в десятки раз. В зависимости от того, какие параметры аккумулятора являются наиболее важными в конкретной технической системе, для нее будет оптимальным применение вполне определенной разновидности ЛИА. Более того, во многих случаях использование ЛИА экономически более эффективно, нежели использование традиционных свинцово-кислотных аккумуляторов.

Литий-ионные аккумуляторы на рельсовом транспорте

В области гибридного привода на различных видах транспорта в настоящее время наиболее эффективным является применение литий-ионных аккумуляторов на основе титаната лития (рис. 1) [1]. Эти аккумуляторы в силу невысокого номинального напряжения ячейки – 2,4 В – имеют самую низкую среди прочих литий-ионных систем плотность энергии, хотя могут полностью заряжаться всего за 6–10 мин, и непревзойденный циклический ресурс, измеряемый десятками тысяч циклов «заряд-разряд».

Альтернативным подходом для гибридных приводных систем является совместное использование литий-железофосфатных аккумуляторов и суперконденсаторов. Такая схема реализована, например, на гибридном маневровом тепловозе ТЭМ9Н [2].

Суперконденсатор играет роль быстро звена: способен выдавать либо поглощать высокую мощность, однако в течение лишь непродолжительного времени. Это позволяет снизить токовую нагрузку на аккумуляторную батарею в момент холодного пуска дизельного двигателя или при интенсивном разгоне. Сглаживание токовой нагрузки на батарею дает возможность продлить ее срок службы на десятки процентов [3].

По утверждению производителя ТЭМ9Н (АО Группа Синара), использование гибридного привода с аккумуляторным накопителем энергии дает следующие преимущества:

- поддержание в течение 4 ч работы всех систем тепловоза во время простоя при заглушенном дизельном двигателе;
- уверенный холодный пуск двигателя с использованием энергии суперконденсаторов;
- сокращение потребления дизельного топлива на 30%;
- уменьшение выбросов в окружающую среду до 55%.

Для освобождения городского ландшафта от трамвайной сети разработаны системы беспроводного трамвая с тяговой литий-ионной батареей (рис. 2).



Рис. 1. Литий-ионные аккумуляторы на основе титаната лития

Концепция PRIMOVE (Bombardier) [4] подразумевает использование аккумуляторной батареи сравнительно небольшой емкости – 50 кВт·ч – в сочетании с сохранением контактной сети на трамвайных остановках и на протяжении небольшого разгонного участка в 20–30 м за ее пределами.

Батарея позволяет трамваю преодолеть расстояние около 40 км без подзарядки, однако за счет того, что она подзаряжается во время остановок (45 сек на маршрутных остановках и 10 мин на конечных станциях), а также в силу того, что разгон от остановки происходит за счет энергии из контактной сети, такой трамвай может находиться на маршруте всю смену без опустошения АКБ. Если же контактная сеть по той или иной причине будет неисправна, энергии батареи хватит на то, чтобы трамвай мог добраться до конечной остановки.



Рис. 2. Беспроводной трамвай с тяговой литий-ионной батареей

Литий-ионные аккумуляторы на промышленном колесном транспорте

На ряде промышленных машин аккумуляторные батареи используются в качестве источника энергии для движения и выполнения работы. Ярким примером такой машины может быть вилочный электропогрузчик – обязательный элемент для практически любого депо и склада [5].

Для тяговых аккумуляторных батарей, используемых в промышленном электротранспорте, важнейшими характеристиками являются сочетание ресурса и цены, определяющие стоимость одного цикла работы, а также скорость зарядки и взрывопожаробезопасность. В этой области в настоящее время наиболее эффективно применение литий-железофосфатных аккумуляторов (рис. 3).

Ниже подробно рассмотрены вопросы замены кислотных АКБ на литий-ионные.

Традиционно на электропогрузчиках используются свинцово-кислотные тяговые аккумуляторные батареи. К их недостаткам можно отнести:

- длительное время зарядки (10–4 ч от полностью разряженного состояния до 100% заряда). Как правило, полностью заряженная исправная АКБ позволя-

ет погрузчику работать в течение 8-часовой смены. Однако предприятия, связанные с перегрузкой и хранением грузов, зачастую работают в две смены или даже круглосуточно, что делает необходимым приобретение двух, а иногда и трех АКБ на каждый погрузчик. Пока одна батарея находится в работе на погрузчике, другая заряжается;

- выделение водорода и паров электролита в процессе зарядки. Обслуживаемые АКБ с открывающимися крышками отдельных элементов должны заряжаться только в специальных зарядных комнатах. Это дорогие в проекти-



Рис. 3. Литий-железофосфатный аккумулятор

- ровании, строительстве и эксплуатации помещения, которые в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта [6] должны иметь принудительную приточно-вытяжную вентиляцию, оснащаться средствами пожаротушения и нейтрализации пролитого электролита;
- необходимость обслуживания и соблюдение предписанного графика заряда-разряда. Аккумуляторные батареи с жидким электролитом требуют регулярного долива дистиллированной воды, проверки качества электролита, напряжения на отдельных элементах и пр. Кроме того, нарушение предписанного графика заряда-разряда батарей приводит к их преждевременной деградации и выходу из строя. В результате предприятия, эксплуатирующие транспорт на кислотных тяговых батареях, вынуждены содержать аккумуляторную службу, выполняющую

работы по поддержанию батарей в рабочем состоянии;

- сравнительно низкий срок службы аккумуляторных батарей. Лучшие образцы современных кислотных АКБ с жидким электролитом имеют назначенный ресурс 1 500 циклов «заряд-разряд», однако с учетом неидеальных условий и режимов эксплуатации батареи зачастую выходят из строя раньше.

Существует разновидность кислотных батарей с иммобилизованным электролитом – гелевые АКБ. Они могут заряжаться вне специализированных зарядных комнат и не требуют долива дистиллированной воды, однако их цена на 30–40% выше, а ресурс в 1,5 раза ниже, чем у обычных кислотных батарей. Использование гелевых батарей по-прежнему требует наличия специализированного персонала, отслеживающего график заряда-разряда во избежание преждевременной деградации.

Преимущества тяговых литий-железофосфатных АКБ

Появление новых типов литий-ионных аккумуляторов позволило создать новый эффективный продукт – батареи на основе литий-железофосфатных (LiFePO_4) аккумуляторов. Так же как и другие типы литий-ионных батарей, этот тип АКБ обладает высокой плотностью энергии на единицу массы – более 100 Вт·ч/кг, что примерно в 3 раза выше, чем у свинцово-кислотных АКБ.

Преимуществом железофосфатной электрохимической системы по сравнению с другими типами литий-ионных систем является высокая взрывопожаробезопасность, обусловленная химическими свойствами электродных материалов и электролита. Данный тип аккумуляторов не приводит к возникновению огня или взрыва при таких событиях, как перезаряд, длительное короткое замыкание, механическое разрушение корпуса.

Кроме того, специально предусмотренные особенности конструкции аккумуляторов предотвращают протекание тока че-

рез аккумулятор в случае его чрезмерного перегрева.

В составе готового продукта (тяговая аккумуляторная батарея) дополнительной, третьей степенью защиты является использование встроенной системы контроля и управления (СКУ). Данная система непрерывно отслеживает напряжение и температуру каждой аккумуляторной ячейки, а также ток через батарею. Если любой из перечисленных параметров выходит за допустимые пределы, система обеспечивает отключение батареи от внешней цепи путем размыкания встроенного в АКБ силового ключа.

Использование тяговых литий-ионных батарей имеет следующие преимущества, оправдывающие основной недостаток этого типа батарей – в 2–3 раза более высокую цену:

- сокращение затрат на обслуживание аккумуляторного хозяйства. Литий-ионная батарея является полностью герметичной и необслуживаемой на протяжении всего срока службы, со-

- ставляющего 5–7 лет. Ее зарядка благодаря встроенной системе контроля и управления осуществляется полностью в автоматическом режиме, а постановка на заряд и снятие с него может выполнить водитель техники. Эти особенности позволяют высвободить штат аккумуляторной службы для выполнения иных работ. Тяговые литий-ионные батареи могут заряжаться без применения специальных зарядных комнат (заключение органов государственного пожарного надзора). Для новых это дает возможность сэкономить инвестиции на создание пожарной комнаты, а для уже существующих объектов – избавиться от затрат на обслуживание зарядной комнаты;
- использование одной АКБ даже при круглосуточной работе техники. Литий-ионные батареи полностью заряжаются за 1,5–2 ч, они не подвержены эффекту памяти и толерантны к частичному заряду и разряду, что позволяет с высокой скоростью подзаряжать батарею в течение любых перерывов в работе техники. Таким образом, нет необходимости использовать подменные батареи, одна литий-ионная батарея полноценно заменит две кислотные или гелевые;
 - высокий срок службы. Литий-железофосфатные аккумуляторы имеют назначенный (3000–5000 циклов) «заряд-разряд». В результате при использовании литий-ионных аккумуляторов стоимость одного цикла «заряд-разряд» оказывается ниже, несмотря на их более высокую стоимость;
 - снижение расхода электроэнергии, повышение энергоэффективности. При зарядке любого аккумулятора часть энергии теряется в виде тепловых потерь в аккумуляторе. Доля полезно запасаемой энергии описывается величиной КПД процесса зарядки, и эта величина для литий-железофосфатных АКБ составляет около 92%, в то время как для кислотных и гелевых батарей – около 75–80%;
 - литий-ионные аккумуляторы допускают частичный заряд и разряд, что дает возможность без ущерба для ресурса батареи использовать для подзарядки обеденные перерывы, пересменки и иные перерывы в работе техники. В результате возможно применение батареи меньшей емкости, без ущерба для выполнения работы.

Оценка экономической эффективности тяговых литий-железофосфатных АКБ

Сравним затраты за 2 года эксплуатации при использовании различных типов батарей. Расчетные предположения:

- стоимость качественной свинцово-кислотной батареи 48 В 460 А·ч – 270 тыс. руб.;
 - стоимость зарядного устройства для свинцово-кислотной батареи – 50 тыс. руб.;
 - стоимость литий-ионной батареи 48 В 300 А·ч – 660 тыс. руб.;
 - стоимость зарядного устройства для литий-ионной батареи – 130 тыс. руб.;
 - оплата труда персонала и затраты на обслуживание (ремонт) свинцово-кислотных батарей в расчете на одну батарею – 50 тыс. руб./год;
 - КПД трансформаторно-выпрямительного зарядного устройства (используется для свинцово-кислотных АКБ) – 80%;
 - КПД высокочастотного зарядного устройства (используется для литий-ионных АКБ) – 90%;
 - энергетический КПД свинцово-кислотных АКБ – 75%;
 - энергетический КПД литий-ионных АКБ – 92%;
 - стоимость электроэнергии – 5 руб./кВт·ч.
- Суммарную стоимость электроэнергии, потраченную за 2 года эксплуатации, рассчитаем исходя из одного полного цикла «заряд-разряд» в сутки, при этом учитывая потери электроэнергии на тепло в зарядном устройстве и самой батарее.

Табл. 1. Сумма затрат за 2 года эксплуатации, тыс. руб.

Статья затрат	Свинцово-кислотные АКБ	Литий-ионная АКБ
Стоимость приобретения АКБ	$2 \times 270 = 540$	660
Приобретение зарядного устройства	50	130
Затраты на обслуживание батарей (оплата труда персонала, расходные материалы и комплектующие)	$50 \times 2 \text{ АКБ} \times 2 \text{ года} = 200$	0
Стоимость электроэнергии, потраченной на заряд АКБ	134	97
Итого затрат за 2 года	924	887

Так, для свинцово-кислотной АКБ энергоемкость составляет $48 \times 460 = 22\,080$ Вт, то есть 22,1 кВт·ч. Один цикл зарядки с учетом КПД батареи и зарядного устройства потребует $22,1 / (0,8 \times 0,75) = 36,8$ кВт·ч потребленной из сети электроэнергии. При цене 5 руб./кВт·ч получим за 2 года $36,8 \times 5 \times 365 \times 2 = 134\,320$ руб.

При использовании литий-ионной АКБ за счет более высокого КПД зарядного устройства и самой батареи потребление энергии от сети для выполнения такой же транспортной работы будет меньше. Отличие будет численно определяться соотношением КПД, а именно величиной $(0,75 \times 0,80) / (0,90 \times 0,92) = 0,725$. Таким образом, при использовании литий-ионной

АКБ на электроэнергию будет за 2 года затрачено $134\,320 \times 0,725 = 97\,330$ руб.

Следовательно, срок окупаемости перехода на литий-ионные аккумуляторные батареи составляет не более 3 лет, а при высокой загруженности техники – менее 2 лет.

За назначенный срок службы литий-ионной батареи (не менее 5 лет) экономический эффект от ее использования составит более 0,5 млн руб. На объектах РЖД и других предприятий, связанных с железными дорогами России, работают тысячи электрических погрузчиков, то есть потенциал снижения затрат, которые касаются только электропогрузчиков на железных дорогах, составляет сотни миллионов рублей ежегодно.

Список использованной литературы

1. TOSHIBA – Rechargeable battery SCiB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scib.jp/en/>. – (Дата обращения: 30.06.2017).
2. Маневровый тепловоз ТЭМ9Н SinaraHybrid с гибридной силовой установкой // Веб-сайт ОАО «Синара – Транспортные Машины» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sinaratm.ru/products/teplovozy/tem9h-sinarahybrid/>. – (Дата обращения: 30.06.2017).
3. Praseeda Ramesh, Dr. Shankaralingappa S.B. and Dr. R. Prakash. Improvement of Battery Lifetime using Supercapacitors and Current Controller // International Journal of Engineering Research & Technology. – June 2014. – Vol. 3. – Issue 6, pp. 1870–1874.
4. Bombardier’s Battery Powered Tram Sets Range Record [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.BT-20151103Bombardiers-Battery-Powered-Tram-SetsRange-Record-01.bombardiercom.html>. – (Дата обращения: 30.06.2017).
5. Гундорова Е.П. Технические средства железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2003. – 496 с.
6. «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (напольный безрельсовый колесный транспорт). ПОТ РМ008-99» (утв. Постановлением Минтруда РФ от 07.07.99 №18) (ред. от 21.04.2011 с изменениями, вступившими в силу с 01.01.2012) // Справочно-правовая система «Консультант плюс». 

Прогрессивный метод изготовления черновых вагонных осей

Г.В. Кожевникова,

д.т.н., главный научный сотрудник лаборатории предельной деформируемости и поперечно-клиновой прокатки ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Г.П. Пилипчук,

генеральный директор АО «Машиностроительный концерн ОРМЕТО-ЮУМЗ»

А.О. Рудович,

директор ООО «Инженерный центр «АМТинжиниринг»

В.Я. Щукин,

к.т.н., ведущий научный сотрудник, ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Рост конкурентоспособности промышленной продукции возможен при условии создания новых технологий, обеспечивающих снижение материалоемкости, повышение эксплуатационных характеристик и срока службы изделий, отвечающих уровню требований современного производства на международных рынках. Новая технология производства черновых вагонных осей методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) обеспечит наиболее высокую усталостную прочность и повышенные эксплуатационные характеристики вагонных осей. Этот процесс открывает новую нишу в производстве вагонных осей, в том числе для высокоскоростных железных дорог, обеспечивая производительность до 120 осей/ч. Высокая точность поковки позволит уменьшить припуски и допуски и получить минимальный расход металла, а также значительно снизит трудоемкость токарного точения чистовой вагонной оси.

Введение

Вагонная ось (рис. 1) является одной из наиболее ответственных деталей железнодорожного транспорта, к которой предъявляются жесткие требования по надежности, так как ее поломка при движении поезда сопряжена с неизбежной катастрофой.

Разрушение вагонной оси при эксплуатации носит усталостный характер и наступает при напряжениях, меньших предела текучести материала. Усталостное разрушение осуществляется в три этапа:

1. Зарождение в поверхностном слое оси вблизи концентратора напряжений усталостной трещины. Концентратором могут служить микротрещины, микропоры, неметаллические включения, на поверхности оси – царапины, окалина, окислы металла и другие его дефекты. Зарождение трещины в поверхностном слое объясняется тем, что при работе вала именно здесь возникают наибольшие растягивающие напряжения.

2. Рост размеров трещины под действием циклической нагрузки. Эта стадия разрушения сопровождается длительным временем

и зависимость количества циклов нагружения до разрушения описывается кривой Веллера; для стали эта зависимость линейна в координатах «напряжение – логарифм циклов нагружения». На изломе вторая стадия разрушения оставляет след в виде полированной поверхности вследствие многоциклового нагружения.

3. Квазиупругое разрушение – короткое во времени и с образованием в изломе крупнозеренной структуры поверхности.

Учитывая высокие требования к качеству вагонной оси (ГОСТ 33200–2014), к техноло-

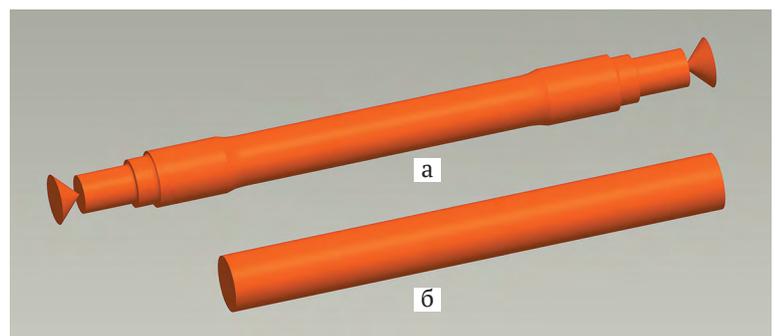


Рис. 1. Черновая вагонная ось (а) и исходная заготовка (б)

Табл. 1. Характеристики методов получения черновых вагонных осей

Наименование оборудования	Радиально-ковочная машина GFM SX-40	Осепрокатный стан 250	Стан ПКП WRL23060 TS-03
Фирма-изготовитель	GFM, Австрия	АО АХК «ВНИИМетМаш», Россия	АМТ «Инжиниринг», Беларусь
Производительность, осей/ч	30-40	60	60-120
Припуск по диаметру, мм	8-10	7,5	5
Допуск на диаметр, мм	+2 -2	+6 -2	+3 -2
Мощность привода, кВт	600	1 350	500–1 000
Наличие правки после деформации	да	да	нет
Наличие отрезки концевых отходов	да	да	нет
Способ нагрева	ТВЧ	печной	печной, ТВЧ
Вес оборудования, тонн	439	–	260

Источник: рекламные материалы фирм-изготовителей

гии ее производства на стадии получения заготовки (черновой вагонной оси), кроме традиционных требований, таких как высокая производительность, экономное использование металла и энергии, предъявляется специфическое требование – достижение высокой усталостной прочности.

По этой причине изготовление заготовки вагонной оси только методом литья недопустимо, так как он не обеспечивает необходимое качество. Традиционно черновые вагонные оси производят ковкой на гидропрессах, радиальной ковкой, поперечно-винтовой прокаткой из металлопроката или литой заготовки, в том числе непрерывно-литой. Обработка давлением измельчает структуру металла, что повышает его усталостную прочность. Стандарт на изготовление черновой вагонной оси предусматривает уковку $U \geq 3$, то есть уменьшение площади

поперечного сечения стальной отливки не менее чем в 3 раза.

Ковка на гидропрессах характеризуется низкой производительностью: на Могилевском металлургическом заводе (Беларусь) она составляет 4 оси/ч при производстве вагонной оси.

Технология поперечно-винтовой прокатки на стане 250 (табл. 1) является предпочтительной, поскольку обеспечивает производительность 60 осей/ч, что в 1,5–2 раза выше, чем на радиально-ковочной машине GFM SX-40 (табл. 1). Мощность привода стана 250 выше, чем на машине GFM SX-40, что объясняется более высокой производительностью. Разработчики стана также подчеркивают, что прокатанные оси обладают более высокой ударной вязкостью при низких температурах ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$): $3,4\text{ кгс/см}^3$ против $2,5\text{ кгс/см}^3$ – при ковке оси.

Новая технология поперечно-клиновой прокатки черновой вагонной оси

Авторами разработана технология ПКП черновой вагонной оси, технические характеристики которой представлены в таблице 1. Данная технология обеспечивает по сравнению с радиальной ковкой и винтовой прокаткой самую высокую производительность – до 120 осей/ч, меньшие припуски и

допуски, позволяет исключить напуски на поковку и в итоге получить минимальный расход металла, что обеспечивает минимальную трудоемкость токарного точения чистовой вагонной оси.

Высокая точность поковки при ПКП [1, 2] дает возможность ликвидировать прису-

щие иным технологиям дополнительные операции отрезки концевых отходов и правки оси, которые производятся после пластического формоизменения.

Стан ПКП WRL23060 TS-03 (рис. 2) выполнен с двумя подвижными плитами и плоскими инструментами, что обеспечивает более высокую точность поковки и прямолинейность оси по сравнению с иным оборудованием, в том числе валковым станом ПКП. Станы с плоским инструментом по отношению к валковым также обеспечивают снижение себестоимости осей до 10% (в основном за счет более низкой стоимости и высокой стойкости инструмента относительно валковых станом) [3]. Черновая вагонная ось изготавливается за один рабочий ход стана.

При радиальной ковке черновой железнодорожной оси инструмент выдерживает 5–10 тыс. ударов. На производство одной оси требуется примерно 65 ударов, поэтому стойкость одного инструмента (с учетом 8 промежуточных ремонтов) составляет в среднем 920 осей. Стойкость плоского инструмента ПКП составляет, включая промежуточные ремонты, не менее 500 тыс. осей.

Вес стана ПКП – 260 т, что в 1,7 раза меньше радиально-ковочной машины GFM SX-40. Следовательно, цена стана ниже, тем более что он может устанавливаться на пол цеха без фундамента. Стан полностью автоматизирован и допускает его круглосуточную работу. Технология ПКП – экологически чистая, так как отсутствуют вибрации и загрязнение окружающей среды, присущие существующему оборудованию для производства черновой вагонной оси.

Сейчас ведутся переговоры о производстве первого стана ПКП для вагонной оси. Аналогичного оборудования ПКП в мире не существует.

Технология ПКП обеспечивает наиболее высокую усталостную прочность вагонных осей. Это является следствием особенностей напряженно-деформированного состояния при поперечной прокатке [4]. На рисунке 3а приведено получение методом численного построения поля линий скольжения распределение среднего напряжения σ/K в очаге деформации при прокатке с обжа-

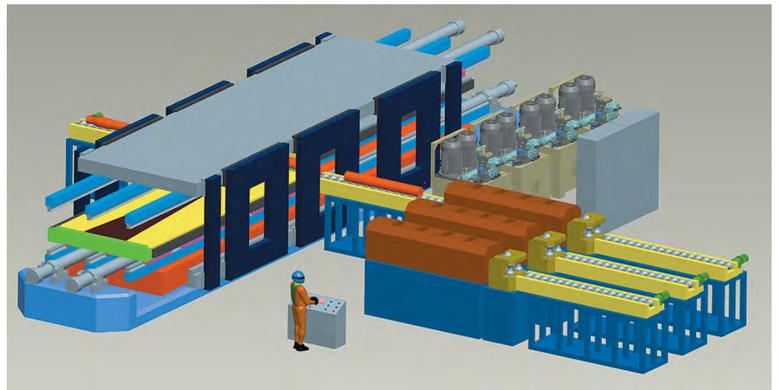


Рис. 2. Стан ПКП WRL23060 TS-03

тием $\delta = 1,05$ в условиях плоско-деформированного состояния:

$$\sigma/K = (\sigma_x + \sigma_z) / 2K, \quad (1)$$

где σ_x, σ_z – нормальные напряжения, Па; K – пластическая постоянная материала, Па.

$$\delta = D / H, \quad (2)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

H – расстояние между инструментами, мм.

Среднее напряжение вблизи контактной поверхности достигает значения $\sigma/K = -4,93 \div -1,15$, на оси оно достигает значения $\sigma/K = +1,20$ (сжимающие напряжения считаются отрицательными).

Накопленные деформации (рис. 3б) у контактной поверхности за цикл нагружения (1/2 оборота заготовки) составляет $A = 0,71$, на оси $A = 0,88$.

$$A = \int_0^t H dt, \quad (3)$$

где

$$H = \sqrt{\frac{2}{3} [(\xi_x - \xi_y)^2 + (\xi_y - \xi_z)^2 + (\xi_z - \xi_x)^2] + \eta_{xy}^2 + \eta_{yz}^2 + \eta_{zx}^2}$$

– интенсивность скорости деформации сдвига, c^{-1} ;

$\xi_x, \xi_y, \xi_z, \eta_{xy}, \eta_{yz}, \eta_{zx}$ – компоненты тензора скорости деформации, c^{-1} ;

t – время, с.

В итоге вблизи контакта создаются условия для деформационной сварки микропор и микротрещин. Подтверждением служит установленный нами эффект деформационной сварки при ПКП [5], когда на металл-основу надевают тонкостенную втулку из того же или иного металла, сборный образец

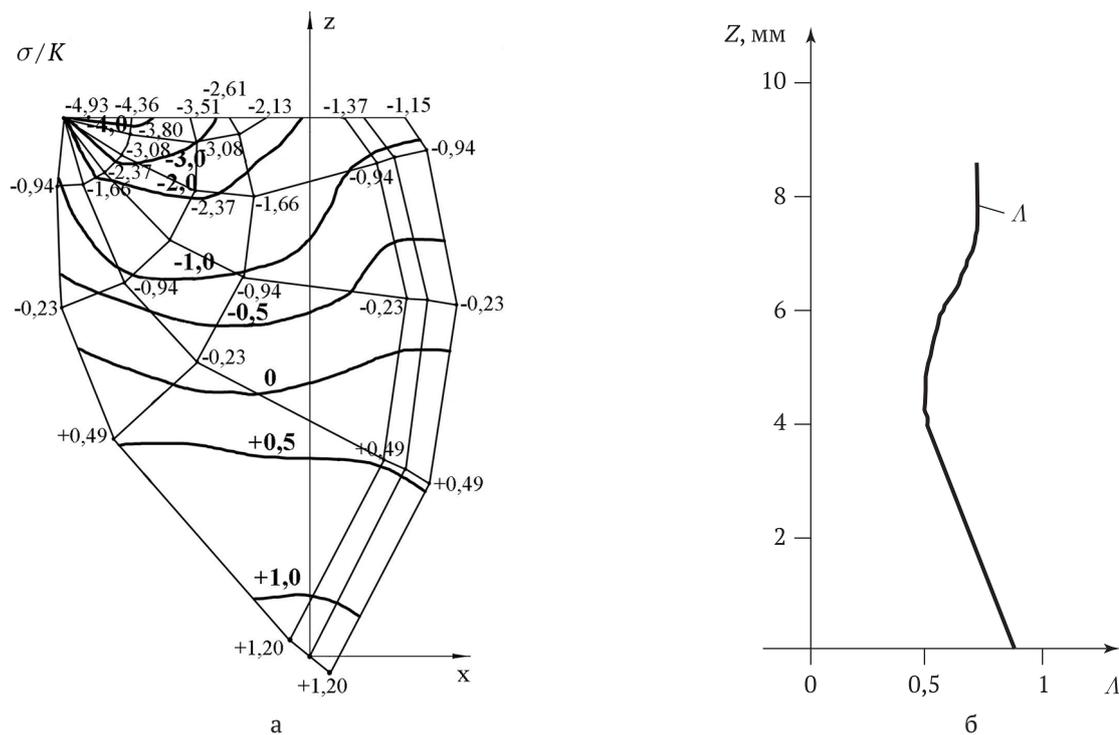


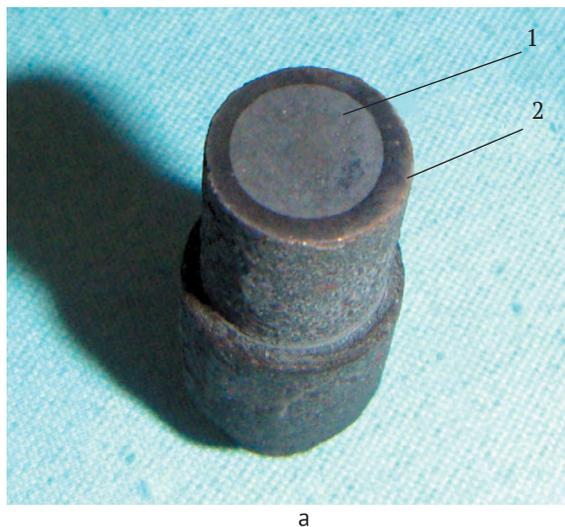
Рис. 3. Результат расчета значения среднего напряжения σ/K в узлах поля линий скольжения (а) и распределение накопленных деформаций A в очаге деформации (б) при поперечной прокатке с обжатием $\delta = 1,05$

нагревают и прокатывают, получая монолитную биметаллическую композицию и заданную форму ступенчатого вала (рис. 4а). Сварной шов толщиной 2–3 мкм (рис. 4б) характеризуется прочностью металла-основы и отсутствием микропор.

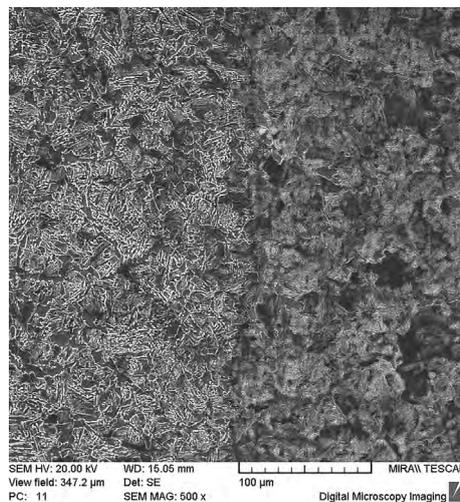
Установлено, что увеличение сжимающих средних напряжений σ/K и накопленных деформаций A улучшает эффект де-

формационной сварки. С другой стороны, если указанные параметры не превосходят определенный порог для применяемых пар металлов, то эффект сварки не реализуется.

Методом графического построения поля линий скольжения определено распределение среднего напряжения σ/K в очаге деформации при осадке цилиндра с обжатием $\delta = 1,05$ в условиях плоско-деформирован-



а



б

Рис. 4. Деталь – палец синхронизатора трактора МТЗ после прокатки (а) (1 – центральный стержень из материала-основы стали 45; 2 – тонкостенная втулка из стали 12ХН3А); сварной шов и переходная зона между сталью 45 и сталью 12ХН3А, увеличение $\times 500$ (б)

ного состояния. Результат показан на рисунке 5а. Вблизи контакта среднее напряжение $\sigma/K = -1,00$, в осевой области $\sigma/K = +1,62$.

Компьютерным моделированием с использованием пакета программ LS-DYNA [6] определено распределение в очаге деформации накопленных деформаций A (рис. 5б) при осадке цилиндрического образца с обжатием $\delta = 1,05$. В области контакта накопленные деформации составили $A = 0,07$. Наглядно видно, что условия деформационной сварки вблизи поверхности при осадке ($\sigma/K = -1,00, A = 0,07$) значительно хуже, чем при поперечной прокатке ($\sigma/K = -4,93 \div -1,15, A = 0,71$), что не позволит достичь усталостную прочность, как в случае с ПКП. Следовательно, ковка на гидропрессах и радиально-ковочных машинах проигрывает ПКП по качеству вагонной оси.

Компьютерным моделированием с применением пакета программ LS-DYNA установлено, что при ПКП с обжатием $\delta = 1,71$ при прокатке со скоростью 0,3 м/с с температурой прокатки 1100 °С материала-основы из стали 45 и втулки из стали 12ХН3А на клиновых инструментах с углом заострения $\beta = 9^\circ$ и углом наклона боковой грани $\alpha = 30^\circ$ накопленные деформации вблизи поверхности образца составили $A = 5,0$, относительное нормальное контактное напряже-

ние составило $\sigma_H/K = -4,5 \div -2,0$. Параметры напряженно-деформированного состояния обеспечили качественную деформационную сварку (рис. 4б). Накопленные деформации $A = 5,0$ равноценны уменьшению диаметра образца при растяжении в 4,22 раза:

$$A = 2\sqrt{3} \ln \frac{d_0}{d_K}, \quad (4)$$

где d_0 – исходный диаметр образца, мм;
 d_K – диаметр образца в конце растяжения, мм.

Это обеспечивает при норме уковки $Y \geq 3$ достижение данного показателя:

$$Y = (d_0 / d_K)^2 = 17,8. \quad (5)$$

Такой уровень уковки $Y = 17,8$ и эффект деформационной сварки микропор и микротрещин обеспечивают уменьшение размеров зерна металла и увеличение усталостной прочности.

Дополнительный эффект увеличения усталостной прочности обеспечивает наличие остаточных сжимающих напряжений в осях после ПКП.

Остаточные напряжения определялись методом рентгенографии на приборе ДРОН-3 (монохроматор). Сталь 40Х прокатывали при режимах, указанных выше, с температурами 860, 900, 1000, 1100 °С. Из прокатанных об-

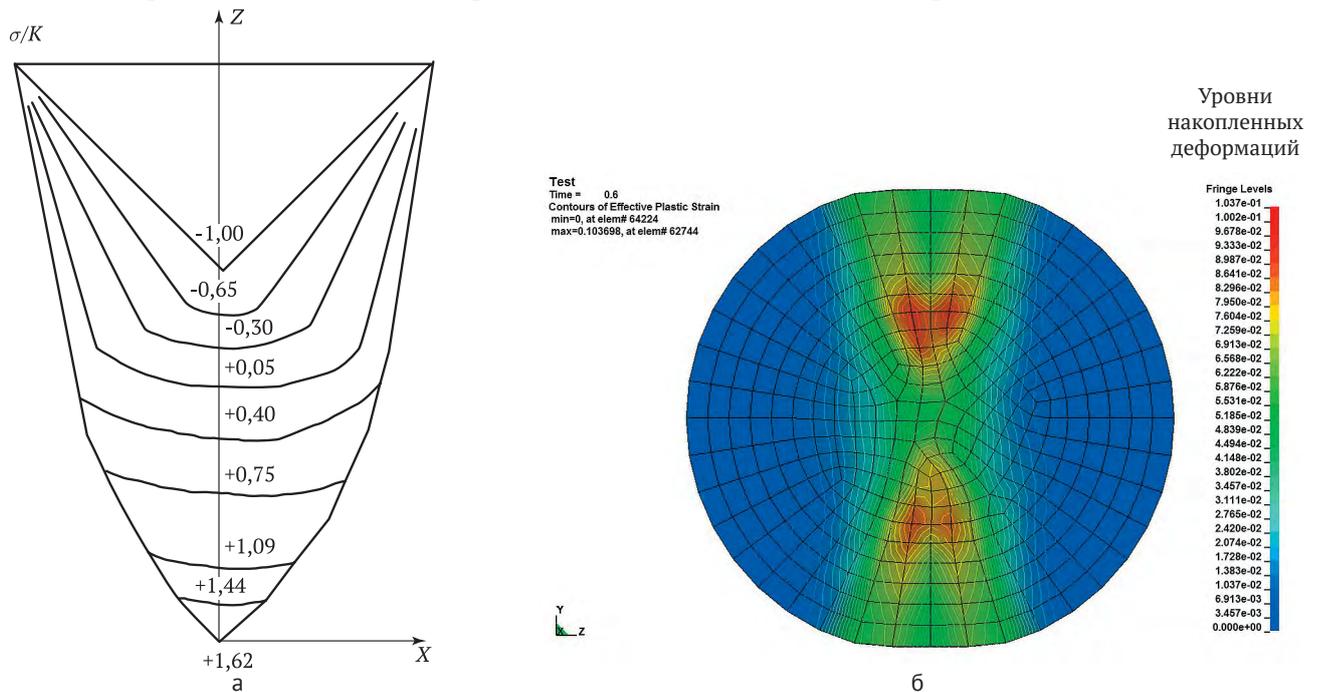


Рис. 5. Распределение в очаге деформации среднего напряжения σ/K (а) и накопленных деформаций A (б) при осадке цилиндрического образца с обжатием $\delta = 1,05$

разцов вырезались образцы для испытания. Остаточные напряжения определяли вблизи наружной поверхности образцов по формуле:

$$\sigma_x + \sigma_z = -\frac{E}{\mu} \frac{d_1 - d_0}{d_0} = -\frac{E}{\mu} \left(\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta} - 1 \right), \quad (6)$$

где E – модуль Юнга;

μ – коэффициент Пуассона;

d_1 – расстояние между кристаллическими плоскостями в образце с остаточными напряжениями;

d_0 – то же, в образце-этalone без остаточных напряжений;

θ, θ_0 – угол Брегга для указанных образцов.

В итоге было определено, что во всех четырех образцах остаточные напряжения оказались сжимающими и их средний результат составил $\sigma_x + \sigma_z = -61,40$ МПа, или 20% от предела текучести стали 40Х при температуре 20 °С.

Таким образом, исследование напряженно-деформированного состояния при ПКП и структуры прокатываемого металла устанавливает увеличение усталостной прочности валов, произведенных методом ПКП. Данное предположение нашло промышленное подтверждение в Испытательном центре Минского автомобильного завода. Испытанием на циклическую долговечность были подвергнуты шаровые пальцы 5336-3003065-01 автомобиля МАЗ из стали 40ХН, заготовки которых получены методом ПКП при температуре 1050 ± 50 °С. После прокатки заготовки охлаждались на воздухе. Дальнейшая технология обработки шаровых пальцев включала улучшение

термическое и шлифовку. Испытания на циклическую долговечность проводилось на установке Schenck (Германия). Режим испытания моделировал реальное нагружение шаровых пальцев при эксплуатации. Условия испытания при наработке шаровых пальцев 40 тыс. циклов без поломки обеспечивают пробег автомобиля 600 тыс. км. В результате испытания средний показатель усталостной прочности шаровых пальцев составил 103680 циклов нагружения, или в 2,59 раза больше нормативного показателя.

ПКП, поперечно-винтовая прокатка, а также радиальная ковка в случае использования некачественного металла могут сопровождаться вскрытием осевой полости вследствие действия при деформации растягивающих напряжений в осевой части заготовки. В том числе и по этой причине черновые вагонные оси подвергают 100% ультразвуковому контролю.

Для недопущения этой разновидности брака авторы предлагают производить входной контроль металла перед деформацией методом поперечной прокатки дискообразного образца [7] (рис. 6). Метод основан на эффекте вскрытия осевой полости при поперечной прокатке и позволяет локально (то есть строго по оси заготовки) определить пластичность металла и тем самым гарантировать процесс изготовления черновой вагонной оси без разрушения. Точность данного метода, как показали исследования [8], превосходит точность широко применяемого метода растяжения цилиндрического образца.

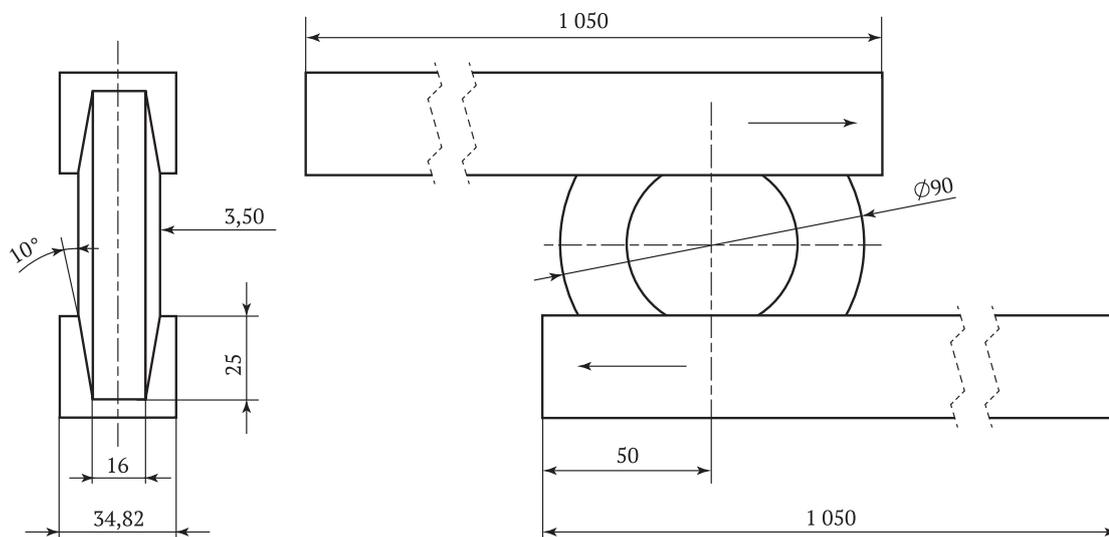


Рис. 6. Поперечная прокатка дискообразного образца

Метод поперечной прокатки дискообразного образца является практически единственным на сегодня методом, позволяющим точно и количественно определить в прокатанных черновых осях запас пластических свойств металла до вскрытия полости и тем самым обеспечить качество оси.

Таким образом, технология и оборудование ПКП черновых вагонных осей обеспечивают:

- высокие показатели усталостной прочности осей за счет эффекта деформационной сварки микропор и микротрещин в поверхностных слоях осей, измельчения структуры металла за счет значительной по величине уковки и создания остаточных сжимающих напряжений в этих слоях;
- как минимум двукратное увеличение производительности оборудования;
- экономию металла и снижение трудоемкости токарного точения чистовой вагонной оси за счет высокой точности и максимального приближения профиля черновой вагонной оси к профилю чистовой вагонной оси;

- экологическую безопасность производства осей за счет отсутствия вибрации и загрязнения окружающей среды;
- возможность уменьшения диаметра и веса осей за счет повышения усталостной прочности, чем достигается экономия при перевозках по железным дорогам;
- благоприятное формирование свойств симметрично от центральной части оси, в отличие отковки, радиальнойковки и поперечно-винтовой прокатки, где температура деформации и, следовательно, свойства металла в правой и левой частях оси различаются;
- лучшую соосность ступеней оси вследствие их постоянного контакта с инструментом на всем протяжении прокатки (в отличие от других методов изготовления).

Опытно-промышленный образец стана плоской поперечно-клиновой прокатки для отработки новой технологии изготовления черновых вагонных осей планируется установить в АО «Машиностроительный концерн ОРМЕТО-ЮУМЗ».

Список использованной литературы

1. Shchukin V. New Trends in Development of Cross-Wedge Rolling Technology / V.Shchukin, G.Kozhevnikova // Forge (USA). – Oct 26, 2015. – P. 18–22.
2. Шукин В.Я. Белорусская школа поперечно-клиновой прокатки / В.Я.Шукин, Г.В.Кожевникова // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2016. – № 1. – С. 43–50.
3. Кожевникова Г.В. Теория и практика поперечно-клиновой прокатки. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 291 с.
4. Шукин В.Я. Тенденции развития поперечно-клиновой прокатки / В.Я.Шукин, Г.В.Кожевникова // Кузнечно-штамповочное производство. – 2016. – № 2. – С. 7–13.
5. Способ изготовления осесимметричной слоистой ступенчатой детали: пат. 13417 Респ. Беларусь, МПК В21 Н 1/00. / В.Я.Шукин, Г.В.Кожевникова; заявитель ФТИ НАН Беларусі. – № а20081431; заявл. 13.11.2008; опубл. 30.08.2010 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4. – С. 74, 75.
6. Кожевникова Г.В. Исследование кинематики течения металла при поперечно-клиновой прокатке с использованием компьютерного моделирования / Г.В.Кожевникова // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2013. – № 1. – С. 47–53.
7. Цилиндрический образец для определения пластических свойств материала при прокатке: а.с. 538272 СССР, МКИ G 01 N 1/28 / Л.В.Гузевичус, А.С.Дубень, С.М.Красневский, Е.М.Макушок, Л.И.Стенько, В.Я.Шукин. – № 2137996, заявл. 27.05.1975; опубл. 05.12.1976 // Открытия. Изобрет. – 1976. – № 45. – С. 159.
8. Красневский С.М., Макушок Е.М., Шукин В.Я. Разрушение металлов при пластическом деформировании. – Минск : Наука и техника, 1983. – 173 с. 

Экологические и технологические аспекты эволюции технологий производства и неразрушающего контроля деталей буксовых подшипников (часть 2)¹



С. В. Тяпаев,
старший инспектор-приемщик
ЦТА ОАО «РЖД»

Внедрение прорывных технологий в виде использования промышленных роботов, вакуума при термообработке, элементов искусственного интеллекта в неразрушающем контроле позволит совершить технологический прорыв при изготовлении деталей буксовых подшипников. При этом достигается повышение качества и эксплуатационной надежности буксовых подшипников при одновременном снижении экологической нагрузки на природу России.

Инновационные технологии производства заготовок деталей буксовых подшипников

Крупным достижением российской подшипниковой промышленности стало внедрение и применение в технологическом цикле производства поковок колец буксовых цилиндрических подшипников роботизированного комплекса изготовления высокоточных поковок колец немецкой компании SMS Meer [7]. Это оборудование используется для изготовления высокоточ-

ных поковок колец буксовых подшипников. Ввод в эксплуатацию данной линии произошел на основном российском изготовителе буксовых подшипников – ОАО «ЕПК-Саратов» (Саратов) [8]. В области развития метода горячей штамповки заготовок колец буксовых подшипников производитель в настоящее время является технологическим лидером, так как аналогов такой роботизированной линии в России и странах СНГ нет (рис. 1). Система управления роботизированного комплекса основана на микропроцессорном управлении и является составной частью умного производства на основе применения цифровых технологий (применение микропроцессоров и систем ЧПУ в управлении как самого технического процесса, так и управления роботами). Использование микропроцессоров позволяет производить прямой обмен текущей информацией о качестве соблюдения технологииковки заготовок колец с анализом массива данных для оперативной коррекции рабочих параметров цикла обработки. В результате реализуется принцип самоконтроля и самоорганизации



Рис. 1. Внешний вид роботизированной линии SMS Meer в процессе выполнения ковочных операций

¹ Продолжение. Начало в журнале «Техника железных дорог» № 3 (39), стр. 74–78.

сложного производственного процесса. На линии большую часть трудоемких операций выполняют три промышленных робота: робот подачи заготовок, робот подачи заготовок на кольцепрокатный стан и робот-укладчик (рис. 2). Для ковки заготовок колец применяется гидравлический пресс KRP 1600/3 с последующей раскаткой поверхностей колец на оборудовании модели SRAW 32/20 фирмы SMS Group. Использование промышленных роботов позволяет устранить применение утомительного, монотонного, тяжелого физического ручного труда, широко использованного ранее на этой стадии изготовления заготовок деталей буксовых подшипников. Одновременно высвобождаются производственные рабочие участки с вредными условиями работы. Это примеры социальных преимуществ внедрения роботизированной линии. В качестве же производственных выступает повышение производительности технологического оборудования, качества изготавливаемых заготовок вследствие увеличения точности обработки и снижения процента брака. Экономия металла происходит за счет увеличения точности геометрических размеров заготовок и снижения припуска на последующую механическую обработку. Внедрение и применение роботизированной линии позволяет сократить цикл обработки заготовок, уменьшить объемы незавершенного производства и экономить площади предприятия.

После стадии инновационных формообразующих технологических операций используется инновационное термическое оборудование – печи отжига SECO/WARWICK Europe (Польша) с вакуумированием партии поковок перед загрузкой (рис. 3).

Инновационность такой термической обработки заключается в том, что отжиг поковок выполняется в защитной атмосфере при применении эндогаза и азота, что позволяет получать однородную по размеру и плотности микроструктуру поковок. Это нововведение приводит к устранению образования на деталях окалины и обеспечивает снижение припуска на безуглероженный поверхностный слой металла поковок. В результате повышается эффективность про-



Рис. 2. Робот подачи заготовок

изводства, снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки. Экологическое преимущество внедрения этого вида термической обработки – резкое снижение эмиссии вредных выбросов в атмосферу, так как термообработка осуществляется в замкнутом цикле. Это пример использования технологий «зрелого», 5-го технологического поколения на одной из основных формообразующих операций по изготовлению поковок колец цилиндрических буксовых подшипников стандартного исполнения и сдвоенных буксовых.

Другой крупный национальный производитель – ПАО «ХАРП» – использует в кузнечно-прессовом производстве модернизированные линии горячей штамповки и также осуществляет отжиг поковок колец буксовых подшипников на новом термическом оборудовании – от-



Рис. 3. Внешний вид инновационного термического оборудования

жиговых печах (фирма Elterma, Польша) в защитной атмосфере с использованием эндогаза [9].

На некоторых основных технологических этапах изготовления деталей буксовых подшипников (например, шлифовальная обработка) на российских производствах, изготавливающих в разные периоды буксовые цилиндрические подшипники (ОАО «ЕПК-Саратов, ООО «Вологодский ПЗ» ОАО «Самарский подшипниковый завод»), применяется полуавтоматическое и автоматическое технологическое оборудование, морально и физически устаревшее. Известно, что средний срок службы оборудования подшипниковых заводов составляет 34,7 года [10]. В основном на российских производствах применяются следующие модели шлифовального оборудования: SIW-4, SIW-

5, SWa AGL, WMW SASL. Изготовлено это шлифовальное оборудование в бывшей ГДР. В нем используются релейное управление и системы управления на основе микроконтроллеров, а также аналоговые приборы контроля. Оборудование введено в эксплуатацию более 20 лет назад. Таким образом, технологии шлифовальной обработки деталей цилиндрических буксовых подшипников российских производителей в настоящее время относятся к технологиям 4-го поколения. С целью повышения качества шлифовальной обработки деталей подшипников требуется переход на новый технологический уровень этого процесса с внедрением шлифовального оборудования на основе микропроцессорного управления технологическим циклом и многофункционального измерительного контроля рабочих параметров.

Инновационные технологии контроля деталей буксовых подшипников

В области контроля роликов подшипников необходимо выделить параметр «разноразмерность ролика по диаметру и длине». Он напрямую влияет на работоспособность буксовых цилиндрических подшипников и включен в сертификационный базис норм безопасности НБ ЖТ ЦТ-ЦВ-ЦЛ 014-2003 «Подшипники качения буксовые для подвижного состава железных дорог. Нормы безопасности». Для контроля этого параметра ранее осуществлялась технология 3-го технологического поколения, ручная сортировка ролика на размерные группы точности. Использовался ручной труд и визуальный контроль отклонений стрелочных индикаторов средств измерений. С середины 2000-х годов национальные производители внедрили сортировку ролика в автоматическом режиме. Это стало возможно благодаря применению автоматического оборудования для контроля и сортировки роликов модели КСАР (контрольно-сортировочный автомат роликов) производства ООО «Прогресс-Станкоинструмент» (Ижевск). Автоматическая сортировка ролика по параметру «разноразмер-

ность» позволила устранить негативное влияние на точность сортировки человеческого фактора в виде ручной сортировки, гарантированно повысив этот показатель на 15% и обеспечив соответствие подшипников 6-му классу точности. Такой вид сортировки относится к технологиям «начального» уровня 5-го технологического поколения, так как система управления контрольно-сортировочных автоматов основана на применении микропроцессоров, изготовленных в начале 2000-х годов. Но операции по сборке комплекта роликов с блоком из внутреннего кольца и полиамидного сепаратора выполняются на всех заводах-изготовителях вручную, что относится к технологии 3-го технологического поколения. Для повышения качества сборочных операций деталей цилиндрических буксовых подшипников требуется переход на новый технологический уровень операций на основе применения автоматизации.

В области неразрушающего контроля колец и роликов на некоторых предприятиях до настоящего времени применяются технологии 3-го технологического поколения. В

АО «ЕПК-Степногорск», ООО «Вологодский ПЗ» для контроля колец и роликов на отсутствие скрытых дефектов (прижоги, троститные пятна, обезуглероженность) используется выборочный визуальный осмотр после химического травления в растворах кислот с применением ручного труда и употреблением высокоопасных веществ 2-го класса (серная, соляная кислоты). Для облегчения ручного труда работников травильных участков используется частичная механизация на основе применения кран-балки с ручным управлением (рис. 4).

Развитие технического прогресса позволяет организовать автоматизацию процессов химического травления колец буксовых подшипников на основе внедрения конвейерных технологий. Автоматический цикл процесса химического травления означает эволюционный переход этой технологии на 4-й уровень, но совершенствование данного направления бесперспективно по соображениям экологической безопасности. В процессе осуществления травильных операций выделяются отходы использования высокоопасных веществ 2-го класса (соляной, серной, фосфорной кислот). Известно, что объем сточных вод при промывке металла после операции химического травления составляет 3 м³ на 1 т обработанного кислотой металла [11]. Сточные воды травильных отделений содержат металлическую окислительную щелочь, кислоты, неорганические соли тяжелых металлов хрома, цинка, никеля, меди. Эти вещества входят в группу маркерных веществ. Согласно ПНСТ 22-2014 маркерное вещество – это наиболее значимый и выбираемый по определенным критериям представитель группы веществ, внутри которой наблюдается тесная корреляционная взаимосвязь [12]. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029 в России утверждены «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». Хозяйствующий субъект, осуществляющий деятельность по обработке и обезвреживанию отходов потребления веществ 1–3-го классов опасности (отходы травильных участков) относится к объекту 1-й категории, оказывая негативное воздей-



Рис. 4. Внешний вид участка травильного отделения

ствие на окружающую среду. К объектам 1-й категории будут предъявляться жесткие требования в плане экологии, включая механизмы экспертизы, требования автоматизированного контроля воздействия на окружающую среду.

Таким образом, операции химического травления, как источники загрязнения окружающей среды, подпадают под действие государственной экологической политики России, направленной на внедрение «зеленых» технологий, улучшение окружающей среды и здоровья людей на основе принципов наилучших доступных технологий (НДТ), которая обеспечивает переход экономики государства к инновационному типу развития. В качестве применения наилучших доступных технологий может послужить опыт промышленного использования вихретоковых структуроскопов в ПАО «ХАРП» и ОАО «ЕПК-Саратов», где для контроля отсутствия скрытых дефектов на кольцах стали внедряются и применяются в промышленном масштабе прорывные технологии «зрелого», 5-го технологического поколения в виде вихретоковой дефектоскопии и структуроскопии колец [13–14]. Известно, что автоматизированная вихретоковая структуроскопия деталей буксовых подшипников последнего поколения (рис. 5) использует в качестве прорывных технологий в том числе технологию самообучающихся нейронных сетей [15]. Внедрение технологии этого типа в промышленности



Рис. 5. Внешний вид вихретокового дефектоскопа

означает начало применения в России элементов искусственного интеллекта в процессах дефектоскопии и переход на новый технологический уклад технологий неразрушающего контроля. Таким образом, в области неразрушающего контроля скрытых поверхностных дефектов деталей буксовых подшипников в России и странах СНГ в настоящее время есть техническая возможность осуществить технологический прорыв. Образно говоря, накопленные научные и производственные компетенции позволяют перешагнуть через технологии 4-го поколения в виде автоматизации на основе конвейерных технологий при осуществлении процессов химического травления. Возможен революционный переход от технологий 3-го поколения (химического травления с применением ручного труда) к технологиям «зрелого», 5-го поколения (автоматизированная вихретоковая структуроскопия с использованием микропроцессоров и элементов искусственного интеллекта – технологии самообучающихся нейронных сетей).

Многочисленные нововведения в технологии изготовления и неразрушающего контроля позволяют значительно увеличить качество и эксплуатационную надежность цилиндрических буксовых подшипников. Но одним из неустраиваемых ограничений в увеличении эксплуатационной надежности для подшипников данного вида является то, что по конструктивному исполнению они относятся к подшипникам открытого типа

и их детали не подвергаются технологической обработке (фосфатации) для защиты от атмосферной коррозии. Эти конструктивные и технологические ограничения являются одной из главных причин отказов подшипников такого исполнения [16]. В качестве эффективной меры по уменьшению отказов цилиндрических буксовых подшипников может служить более широкое применение сдвоенных цилиндрических буксовых подшипников в вагонах с осевой нагрузкой 23,5 т. Известно, что в настоящее время в буксовых узлах грузовых вагонов применяется около 5% сдвоенных буксовых подшипников и 90% – роликовых цилиндрических стандартного конструктивного исполнения [17]. Приведенная статистика используемых типов буксовых подшипников показывает большой потенциал для применения сдвоенных буксовых подшипников на сети ОАО «РЖД». В публикации [18] приведены данные, что сдвоенные буксовые подшипники показали высокую эффективность при эксплуатации на инфраструктуре ОАО «РЖД» [14]. Известно, что отдельные виды подвижного состава нового изготовления, в частности 4-осные вагоны-хопперы для перевозки зерна и других сыпучих пищевых продуктов, имеют грузоподъемность 70,5 т [19]. Следовательно, несмотря на внедрение кассетных буксовых подшипников для вагонов с осевой нагрузкой 25 т, в среднесрочной перспективе будут применяться вагоны грузоподъемностью 23,5 т, буксовые узлы которых укомплектованы цилиндрическими буксовыми подшипниками. Изготовление данного типа цилиндрических буксовых подшипников национальными производителями с максимальным использованием апробированных технологий 5-го технологического поколения (роботизированная ковка поковок колес, отжиг поковок колес с вакуумированием, суперфиниширование рабочих поверхностей деталей, твердое токарное точение, автоматическая сортировка роликов, вихретоковая дефектоскопия и структуроскопия с использованием элементов искусственного интеллекта) позволит значительно повысить качество и эксплуатационную надежность цилиндрических буксовых подшипников.

Вывод

Внедрение и применение технологий изготовления и неразрушающего контроля 5-го технологического поколения для производства цилиндрических буксовых подшипников является инновационным способом повышения их качества и эксплуатационной надежности. Использование «зеленых» технологий неразрушающего контроля «зрелого», 5-го технологического поколения приводит к снижению экологической нагрузки на природу страны (отходы травильных отделений,

выбросы при термообработке заготовок колец подшипников без вакуумирования, многие устаревшие технологические процессы 3-го и 4-го поколений) и повышению уровня экологической безопасности. Они являются в настоящее время наилучшими доступными технологиями, освоенными в промышленном масштабе на основе применения современных достижений науки и техники и оптимального сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды.

Список использованной литературы

7. ОАО «ЕПК-Саратов» на участке SMS Meer освоена номенклатура подшипниковых колец более 30 наименований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://epkgroup.ru/press/news/>. – (Дата обращения: 07.01.2017).
8. Кольцепрокатная линия «ЕПК Саратов» начала работать на корпорацию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://epkgroup.ru/press/news/>. – (Дата обращения: 07.01.2017).
9. Производственные площадки. Харьковский подшипниковый завод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.harp.ua/upload/files/zhd/Bearing-products_for_1520_ru. – (Дата обращения: 10.09.2017).
10. Дрыночкин А.В., Аленина Е.Э., Тришкин А.Г. Анализ состояния российских предприятий подшипниковой подотрасли и смежных отраслей промышленности / А.В. Дрыночкин и др. // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – № 2 (14). – Т. 3.
11. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Экологичная технология подготовки поверхности проката под высадку метизов / А.А. Филиппов и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 98–100.
12. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 22-2014. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2014. – 7 с.
13. Тяпаев С.В. Повышение качества и эксплуатационной надежности буксовых подшипников на основе применения вихретоковой дефектоскопии / С.В. Тяпаев // Техника железных дорог. – 2015. – № 4 (32). – С. 28–33.
14. Тяпаев С.В. Применение вихретоковых структуроскопов – инновационный путь повышения качества и эксплуатационной надежности буксовых подшипников / Тяпаев С.В. // Техника железных дорог. – 2017. – № 1 (37). – С. 60–65.
15. Горбунов В.В., Самойлова Е.М., Игнатьев А.А. Автоматизация вихретокового контроля поверхностного слоя деталей подшипников с применением технологии нейронных сетей / В.В. Горбунов и др. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – № 4 (40). – С. 114–122.
16. Тяпаев С.В. Анализ основных причин отказов буксовых подшипников, эксплуатируемых в климатических и геологических условиях России / С.В. Тяпаев // Техника железных дорог. – 2014. – № 4 (28). – С. 46–49.
17. Тимакова Е. Буксол больше не забуксует / Е. Тимакова // Гудок. – 2017. – № 124 (26263).
18. Мещеряков А.Ю., Смирнова Т.А. Сдвоенные подшипники повышают надежность буксового узла / А.Ю. Мещеряков, Т.А. Смирнова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 26–28.
19. Зерно отправят в дорогу. БВРЗ получил заказ на крупную партию вагонов-зерновозов старого типа // Гудок. – 2017. – № 144 (26283). (S)

Новый типоразмерный ряд среднеоборотных дизельных двигателей



В.В. Скворцов,
зам. главного конструктора
ОАО «Пензадизельмаш»



В.А. Иванов,
к.т.н., ведущий инженер-конструктор
ОАО «Пензадизельмаш»

Принятая в 2011 году подпрограмма развития дизелестроения ФЦП «НТБ» поставила задачу перед компаниями создать современные дизельные двигатели, соответствующие мировому уровню. Между ОАО «Пензадизельмаш» и Минпромторгом России был заключен госконтракт, в рамках которого разработаны базовые модификации модельного ряда среднеоборотных дизельных двигателей и дизель-генераторных установок в мощностном диапазоне 500–1 500 кВт.

Развитие дизелестроения на заводе

Типоразмерный ряд двигателей Д200 разрабатывался в соответствии с подпрограммой развития ФЦП «Национальная технологическая база» с 2011 по 2015 год. Целью программы стало создание многоцелевого конкурентоспособного среднеоборотного двигателя нового поколения с диапазоном агрегатных мощностей от 500 до 1 500 кВт, при этом в конструкции двигателя должна быть заложена по-

тенциальная возможность дальнейшего совершенствования и развития данного семейства дизелей.

Среднеоборотные дизельные двигатели в силу особенностей своей конструкции и режимов работы являются одними из наиболее перспективных и востребованных на рынке энергомашин. Двигатели находят свое применение на железнодорожном транспорте, в качестве основных

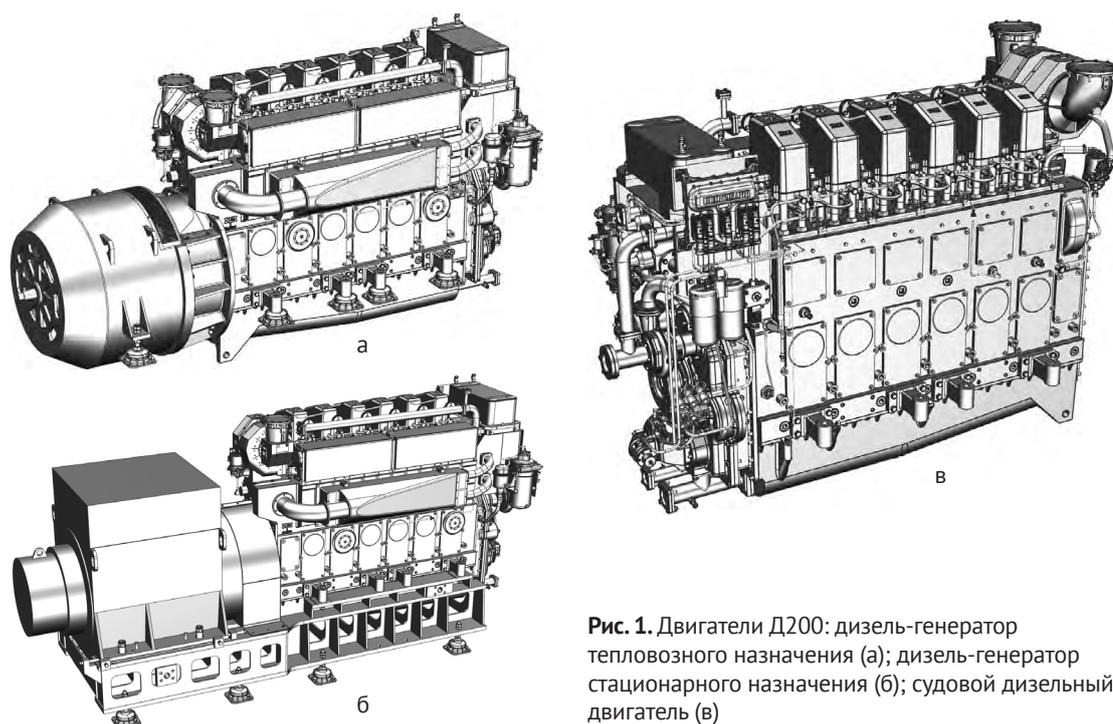


Рис. 1. Двигатели Д200: дизель-генератор тепловозного назначения (а); дизель-генератор стационарного назначения (б); судовой дизельный двигатель (в)

элементов пропульсивных комплексов судов, в стационарной энергетике.

В 2015 году на заводе были разработаны и изготовлены три опытных образца дизельных двигателей на основе Д200 (рис. 1), охватывающие основные направления использования среднеоборотных дизелей: дизель-генераторы тепловозного и стационарного назначения и судовой двигатель.

Модельный ряд Д200 включает 4-, 6-, 8-цилиндровые модификации мощностью от 500 до 1500 кВт. Основным двигателем нового модельного ряда является 6-цилиндровый рядный двигатель Д200 (1-6Д200) с максимальной мощностью 1200 кВт и номинальной частотой вращения 1000 об./мин.

Двигатель имеет блочно-модульную конструкцию, что упрощает его техническое обслуживание и ремонт для сервис-

ных депо и аналогичных организаций. Базовые детали двигателя спроектированы с учетом высоких напряжений, возникающих при работе дизеля (максимальное давление сгорания составляет $p_z = 220$ бар). Конструкция обеспечивает безопасность обслуживающего персонала, их защиту от воздействий вредных и опасных производственных факторов, возникающих при работе двигателя. Помимо высоких мощностных, топливно-экономических показателей, двигатели Д200 благодаря использованию системы топливоподачи Common Rail и электронной системе управления предоставляют широкие возможности для оптимизации и адаптации работы к требованиям конкретного заказчика, а также потенциальным возможностям дальнейшего развития типоразмерного ряда.

Особенности конструкции

Основные технические характеристики двигателя Д200 приведены в таблице 1.

На двигателе Д200 применена система аккумуляторного впрыска топлива с максимальным давлением до 2000 бар и система подачи воздуха с турбокомпрессором А-130 (ABB Turbo Systems Ltd.) со степенью повышения давления $\pi_k = 5$, что позволило достичь расчетных показателей рабочего процесса при одноступенчатой схеме наддува.

Конструкция блока цилиндров (рис. 2) представляет собой цельнолитой моноблок с поперечным креплением подвесок

коренных подшипников, что обеспечивает жесткость и стабильность его валовой линии.

Повышенная теплонапряженность деталей камеры сгорания и на огневой поверхности крышки цилиндров потребовала оптимизации рубашек охлаждения. Охлаждение крышки выполнено в виде двухуровневого контура охлаждения с дополнительным охлаждением выпускных седел. Клапаны изготовлены из жаропрочного сплава, что дало возможность повысить долговечность и сопротивление термическим нагрузкам.

Табл. 1. Основные технические характеристики

Показатель	Современные западные конструкции*	Базовый двигатель Д200 (6ЧН20/28)
Агрегатная мощность, кВт	1 000	1 200
Частота вращения, мин. ⁻¹	1 000	1 000
Степень форсирования по рабочему процессу, МПа	1,79–2,50	2,7
Удельный расход топлива по ISO 3046-1, г/кВт·ч	185–191	185
Удельный расход масла на угар, г/кВт·ч	0,45–0,6	0,35
Удельная масса, кг/кВт	6,0–6,5	6,0
Ресурс до капитального ремонта, тыс. ч	24–70	80

* Средние показатели по фирмам MAN, Ruston, Wärtslä, S.E.M.T. PIELSTICK, ABC

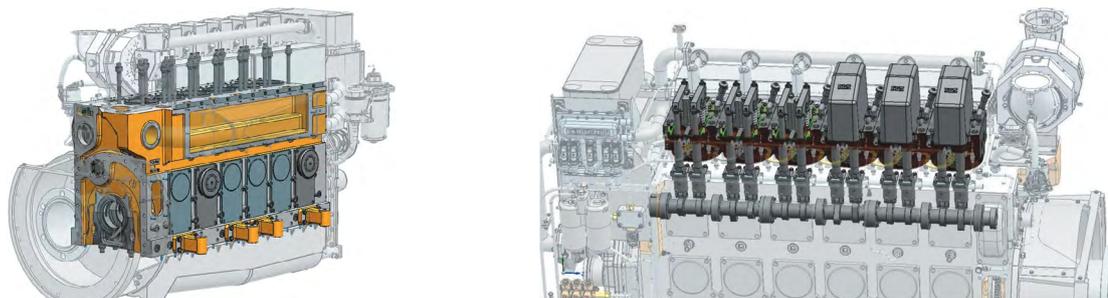


Рис. 2. Модели базовых деталей двигателя Д200

Рубашки охлаждения крышки и блока цилиндров были оптимизированы с помощью комбинированного теплового-поточного программного комплекса NXThermal/Flow САПРа NXSiemens (рис. 3). Это позволило избежать образования застойных зон и равномерно отводить тепло от теплонапряженных частей деталей.

Поршень имеет составную конструкцию с головкой из жаропрочной стали и тронком из модифицированного чугуна. Шатуны изготовлены из легированной стали с упрочнением дробенаклепом, а коленчатый вал – из высокопрочной легированной стали с термоупрочнением коренных и шатунных шеек и сбалансирован с помощью противовесов. В качестве подшипников коренных и шатунных шеек коленчатого вала применены биметаллические вкладыши (ZollernBHW) с биметаллическим покрытием TIAN.

Конструкция базовых деталей была спроектирована и оптимизирована с учетом тепловых и динамических нагрузок, действующих во время работы двигателя на режиме максимальной мощности. Расчет производился методом конечных элементов в САЕ модуле САПРа (NXSiemens), при этом особенностью создания расчет-

ной модели является то, что она формировалась путем синтеза конечно-элементных и динамических расчетных моделей блока и деталей кривошипно-шатунного механизма для определения всего диапазона нагрузок, получаемых при вращении коленчатого вала дизеля.

Система топливоподачи типа Common Rail (рис. 4) устанавливается на двигателе Д200 в качестве штатного оборудования, позволяя управлять давлением и углом опережения впрыска для достижения оптимальных параметров на всех режимах работы двигателя. Система топливоподачи построена по модульному принципу, при этом аккумулятор высокого давления встроен в форсунку, что позволяет эффективно гасить пульсации давления в системе и экономит свободное пространство в габаритах двигателя.

При разработке системы Common Rail уделено большое внимание вопросам безопасности, что повлекло за собой принятие следующих технических решений:

- все трубопроводы высокого давления имеют двойные стенки, что исключает риск выброса топлива из-за повреждения стенок топливопроводов высокого давления;

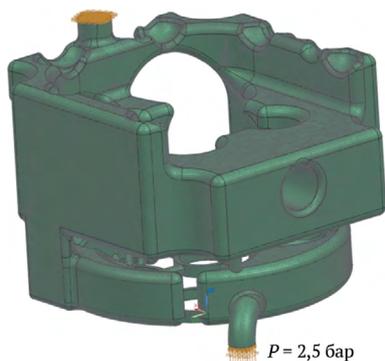


Рис. 3. Оптимизация рубашки охлаждения крышки цилиндров

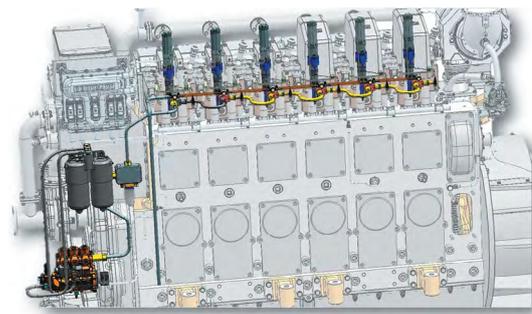


Рис. 4. Система топливоподачи дизеля Д200

- в каждой форсунке установлены клапаны ограничения топливopодачи, которые прекращают работу форсунки при неконтролируемом впрыске;
- наличие клапана ограничения давления позволяет предотвратить аварийную ситуацию при превышении давления в системе более 2 000 Бар.

Процесс разработки Д200

Работы по проектированию двигателя Д200 были проведены силами конструкторского бюро ОАО «Пензадизельмаш» с участием специалистов ОАО «Коломенский завод». Процесс проектирования осуществлялся с помощью современной систе-



Рис. 5. Одноцилиндровый отсек двигателя Д200

Рабочий процесс, конструкторские решения, а также прочностные характеристики базовых деталей двигателя проходили отработку на одноцилиндровом отсеке (рис. 5), который был изготовлен на этапе технического проекта.



Табл. 2. Содержание вредных веществ в отработавших газах дизеля по директиве ЕС 2004/26/EG

Оксиды углерода (CO), г/кВт·ч	Суммарное содержание углеводородов и оксидов азота (CH + NO _x), г/кВт·ч	Твердые частицы (PT), г/кВт·ч
3,5	4,0	0,025

мы автоматизированного проектирования высшего уровня Siemens NX, которая дала возможность проводить весь объем конструкторских работ (разработка твердотельных моделей, инженерный анализ и создание конструкторской документации) в одной информационной среде. Все разработчики конструкторской и технологической документации были объединены единой PDM-системой Search (компания ОДО «Интермех», Минск), что позволило эффективно и в короткие сроки вносить изменения в документацию и значительно сократило процесс производства основных узлов и технологической оснастки. Для расчета термодинамических процессов, протекающих в дизеле, был использован программный комплекс «Дизель РК», разработанный на кафедре «Поршневые двигатели» МГТУ им. Баумана.

Д200 является двигателем нового поколения, не уступающим зарубежным аналогам по мощностным и топливно-экономическим показателям. В настоящее время на ОАО «Пензадизельмаш» проводятся доводочные испытания по циклу F Rail traction ISO 8178, для обеспечения экологических показателей дизеля Д200 требованиям директивы ЕС 2004/26/EG Stage III B locomotive engines (табл. 2).

Стоимость дизеля благодаря тому, что большинство его компонентов производится отечественными предприятиями, будет меньше на 20–30% по сравнению с зарубежными аналогами. Сейчас проходят проектные работы по установке дизель-генераторов типа Д200 на маневровые тепловозы АО УК «БМЗ» с электропередачей переменного-постоянного тока. (S)

Ехро 1520: курс на цифровизацию

В конце августа в шестой раз площадка Экспериментального кольца в Щербинке гостеприимно открыла свои ворота для проведения Международного железнодорожного салона техники и технологий Ехро 1520. Это крупнейший форум на пространстве 1520, который занял прочное место в ряду ведущих выставок железнодорожного и городского рельсового транспорта в мире. О масштабах говорят цифры: в выставке приняли участие 696 компаний (причем 53 – впервые) из 26 стран мира, а также 22 300 человек посетили салон, из них – 8 620 – специалисты, 11 570 – динамическую экспозицию. На 22 000 м² экспозиции было расположено 88 натуральных образцов железнодорожного подвижного состава, из которых 20 были презентованы в ходе мероприятия. За три дня на площадках прошли 14 дискуссионных секций, в ходе которых были подписаны 12 соглашений.

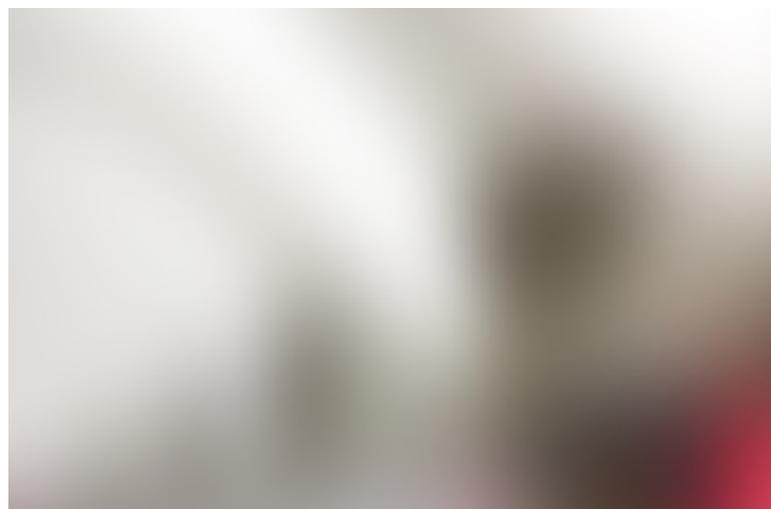
Открывая церемонию, президент ОАО «РЖД» Олег Белозёров отметил, что компания инвестирует значительные средства в приобретение продукции машиностроения, рассчитывая на ее высокое качество и соответствие современным требованиям. Глава компании предложил пересмотреть нормативный срок эксплуатации новой техники в сторону уменьшения, так как в условиях непрерывного прогресса нельзя рассчитывать на то, что локомотив или пассажирский вагон будет удовлетворять требованиям клиентов в течение всего срока службы.

На конгрессе международных транспортных и машиностроительных ассоциаций «Железнодорожная техника. Горизонты развития» участники с большим интересом выслушали выступление футуролога Руди де Веле из The Futures Agency, которое было посвящено перспективам развития транспортных систем в эпоху

цифровых технологий, возобновляемых источников энергии, беспилотного движения и т.п. Руководитель проекта высокоскоростных поездов китайской компании CRRC Гуо Ян рассказала о планах развития железнодорожной промышленности в Китае: страна активно внедряет инновации, а один из приоритетных проектов – двухэтажные спальные высокоскоростные поезда. Также выступили глава компании ABB Traction Эдгар Келлер, генеральный директор Molinari Rail Ян Хардер, член правления Vossloh Фолькер Шенк и другие, отметившие важность внедрения цифровых технологий в отрасли для повышения ее конкурентоспособности.

В рамках салона по случаю 10-летнего юбилея НП «ОПЖТ» под председательством президента Партнерства Валентина Гапановича состоялось Общее собрание, на котором подвели итоги работы Партнерства, наметили планы на будущее. Всего с 2007 по 2017 год в его состав вошли 174 предприятия и холдинга из 34 регионов России (на долю которых приходится производство 90% всей железнодорожной продукции в РФ), а также из Германии, Украины, Беларуси, Казахстана, Узбекистана. На заседании в торжественной обстановке прошла церемония награждения победителей IV конкурса НП «ОПЖТ» на лучшую конструкторскую разработку. Призовой фонд составил 3,2 млн руб.

В номинации «Локомотивы и моторвагонный подвижной состав» первое место не присуждалось. Второе заняли электропоезд ЭГ2Тв (модель 62-4496),



Электропоезд ЭП2Д

разработанный ОАО «ТВЗ», и система управления локомотивом без участия машиниста, созданная АО «ВНИКТИ» и АО «НИИАС» для сортировочной горки на станции Лужская–Сортировочная.

Третье место заняли АО УК «БМЗ» за проект тепловоза ТЭМ28, ОАО МТЗ ТРАНСМАШ (тормозная система для электропоезда ЭС2Г) и АО «ВНИИЖТ» (электронная система управления подачей топлива для дизеля тепловоза 2ТЭ116).

В номинации «Вагоны и путевые машины» места распределились следующим образом:

- 1-е – ООО УК «РейлТрансХолдинг», проект «Создание инновационного вагона-термоса изотермического модели 16-6962».
- 2-е – АО НПЦ ИНФОТРАНС, проект «Информационно-измерительная система «Инфотранс–Ласточка».
- 3-е – поделили АО «Выксунский металлургический завод», проект «Разработка низконапряженной конструкции цельнокатаных колес и результаты их подконтрольной эксплуатации под полувагонами АО СУЭК», и АО «Фирма ТВЕМА» за проект «Дизельная мотора проекта «Пионер» для доставки бригад на объекты инфраструктуры ОАО «РЖД».

В номинации «Элементы инфраструктуры» первое место занял совместный проект АО «ВНИКТИ» и ООО «ХЕКСА» – «Метод измерения силового воздействия на верхнее строение железнодорожного пути (метод «РЖД-2016»), а второе – «Разработка и освоение инновационной технологии производства железнодорожных рельсов для тяжеловесного и высокоскоростного движения с повышенным эксплуатационным ресурсом» (АО «ЕВРАЗ»).

Почетными грамотами были отмечены: Алексей Могучев, главный конструктор ОАО «ДМЗ», Владимир Алексеев, руководитель проекта АО «НПО КАСКАД», Ярослав Рыдлевский, заместитель главного инженера АО «НПК «УВЗ», Татьяна Флянтикова, главный инженер проекта ООО «НТЦ Информационные технологии».

Эксклюзивной особенностью салона остается динамическая экспозиция, где посетители могли увидеть в движении как исторический, так и самый современный подвижной состав, используемый на сети ОАО «РЖД». Впервые в демонстрационном показе, проходившем дважды в день, участвовал восстановленный паровоз серии «Б» 1897 года выпуска, а также поезд метро «Москва», уже эксплуатируемый на Таганско-Краснопресненской линии столицы России. 



12 декабря генеральному директору ОАО «УК ЕПК» Александру Карловичу Копецкому исполнится 70 лет!

Каждый этап карьеры Александра Карловича связан с модернизацией подшипникового производства: новая система ковки заготовок колец в Саратове, фильтрационная установка смазочно-охлаждающей жидкостью в Самаре, новое термическое оборудование для упрочнения поверхностного слоя подшипника в Волжском, программа модернизации в Степногорске. Под Вашим руководством предприятие проходит полный цикл разработки и производства нового подшипника.

Личной харизмой Вы поддерживаете работу технического комитета Росстандарта ТК 307 «Подшипники качения и скольжения». Благодаря Вашему интересу и созданной системе ЕПК активно работает на площадке «Технического регулирования» и в контексте международной стандартизации. Сотрудники компании отмечают Ваши хорошие коммуникативные навыки.

Мы желаем Вам здоровья, благополучия, сохранения заданного темпа развития!

*С уважением,
коллектив ОАО «УК ЕПК»*

Цифровые технологии для машиностроения

Недорослев Сергей Георгиевич, к.э.н., президент ООО «СТАН»

Контактная информация: 115280, Россия, г. Москва, Ленинская Слобода, д. 19, 5 этаж, тел.: +7 (495) 916-55-55, e-mail: info@stan-company.ru

Аннотация: Статья посвящена актуальности цифровизации в транспортном машиностроении, а также этапам перехода производства к работе по принципам «Индустрии 4.0». Результат оцифровки всех процессов именно в транспортном машиностроении должен быть наиболее наглядным: большая номенклатура и сложность производимых деталей, длительный срок производства, наличие большого числа поставщиков – даже этого неполного списка характеристик отрасли достаточно, чтобы понять, что все эти процессы могут быть существенно оптимизированы, если будут объединены в единый онлайн комплекс.

Ключевые слова: СТАН, цифровая промышленность, Индустрия 4.0, конкурентоспособность, эффективность производства, оптимизация, цифровая платформа, 4.ORU, этапы внедрения, цифровизация.

Кибербезопасность АСУ ТП сегодня

Краснов Роман Александрович, эксперт по защите промышленных систем Positive Technologies

Контактная информация: 107061, Россия, г. Москва, Преображенская пл., д. 8, тел.: +7 (495) 744-01-44, pt@ptsecurity.com

Аннотация: В статье рассмотрены ключевые проблемы обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Затронуты вопросы повышения рисков информационной безопасности вследствие непрерывной конвергенции технологических и ИТ-инфраструктур и низкой устойчивости компонентов АСУ ТП к кибератакам, а также вопросы обеспечения информационной безопасности МПСУ ЖАТ.

Ключевые слова: АСУ ТП, кибербезопасность, IIoT, промышленный Интернет вещей, SCADA, ЧМИ, микропроцессорные системы управления железнодорожным движением, МПСУ, железнодорожная автоматика, ЖАТ, ГосСОПКА, государственная система обнаружения, предотвращения, ликвидация, компьютерные атаки.

Мониторинг ситуации в промышленности на основании индексов ИПЕМ по итогам III квартала 2017 года

Нигматулин Мансур Раисович, старший эксперт-аналитик Департамента исследований ТЭК, Институт проблем естественных монополий (ИПЕМ)

Контактная информация: 123104, Россия, г. Москва, ул. М. Бронная, д. 2/7, стр. 1, тел.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: mn@ipem.ru

Аннотация: В статье приведен обзор текущей ситуации в промышленности по итогам III квартала 2017 года на основании индексов, разработанных ИПЕМ. Даны основные

Digitalization in Machinery

Sergey Nedoroslev, Candidate of Economic Sciences, President, STAN LLC

Contact information: 19 Leninskaya Sloboda, Moscow, Russia, 115280, tel.: +7 (495) 916-55-55, e-mail: info@stan-company.ru

Annotation: The article describes the relevance of digitalization in transport engineering, as well as the stages of the integration of “Industry 4.0” principles in production. The results of the digitization in the industry should be most evident: a large line-up and complexity of produced products, a long production process, and a large number of suppliers – even this list of the industry characteristics is enough to understand that all these processes can be significantly optimized when transferred online.

Keywords: STAN, digital industry, 4.0 industry, competitive, efficiency, optimization, digital platform, 4.ORU, integration stages.

APCS cybersecurity today

Roman Krasnov, Expert for Industrial Systems Security Positive Technologies

Contact information: 8, Preobrazhenskaya pl., Moscow, Russia, 107061, tel.: +7 (495) 744-01-44, pt@ptsecurity.com

Annotation: Article covers the key issues of information security in the field of industrial control systems (ICS/SCADA) including: operational and IT technology convergence followed by cybersecurity risks increase, low resistance of ICS/SCADA components to cyberattacks and questions on transportation cybersecurity ensurance.

Keywords: industrial control system, ICS, cyber security, industrial Internet of things, IIoT, SCADA, HMI, rail automation, train control system, security incident management.

Using IPEM indices to monitor Russian industry development in the third quarter of 2017

Mansur Nigmatulin, Senior Analyst of Energy Sector Research Division, Institute of Natural Monopolies Research (IPEM)

Contact information: 2/7, bldg. 1, Malaya Bronnaya str., Moscow, Russia, 123104, tel.: +7 (495) 690-14-26, e-mail: mn@ipem.ru

Annotation: The article provides an overview of the current situation in the Russian industry in the III quarter of 2017 on the basis of indices developed by IPEM. It includes main results of indices calculation taking into account seasonal factor

результаты расчета индексов со снятием сезонного фактора, а также в разрезе отраслевых групп. Представлен подробный анализ системообразующих отраслей промышленности России, в том числе топливно-энергетического комплекса. Выявлены основные факторы, оказывающие позитивное и негативное влияние на развитие промышленности во второй половине 2017 года. Также приводятся основные макроэкономические индикаторы состояния российской промышленности.

Ключевые слова: ИПЕМ, промышленность, низкотехнологичные отрасли, среднетехнологичные отрасли, высокотехнологичные отрасли, добывающая отрасль, инвестиции в основной капитал, топливно-энергетический комплекс, погрузка промышленных товаров, уголь, экспорт.

Износ гребней колесных пар грузовых вагонов

Гончаров Сергей Евгеньевич, к.э.н., заместитель генерального директора по техническому развитию, главный инженер АО «ПГК»

Контактная информация: 105066, Россия, г. Москва, ул. Новорязанская, д. 24, тел.: +7 (495) 663-01-01, e-mail: office@pgkweb.ru

Аннотация: Рассмотрены меры по снижению отцепок вагонов в текущий ремонт по неисправностям колесных пар из-за износа гребня колесной пары. К числу первоочередных относятся внесение изменений в нормативные документы в отношении требований к минимальной толщине гребня колесных пар грузовых вагонов в эксплуатации (в пределах 24-33 мм) и изменению поля допусков по расстоянию между гранями колесных пар с 1439-1442 мм на 1437-1440 мм, перевод массовых родов подвижного состава эксплуатационного парка на подшипники кассетного типа, усиление контроля за соблюдением параметров выпуска тележек из депоовского ремонта.

Ключевые слова: Грузовой вагон, колесная пара, отцепка, текущий ремонт, тонкий гребень.

Исследование металлической основы микроструктуры тормозных локомотивных колодок

Климов Анатолий Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Красноярского института железнодорожного транспорта (КРИЖТ) филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС)

Стручков Владимир Борисович, к.т.н., доцент кафедры «Основы конструирования машин» Сибирского государственного университета науки и технологий (СибГУ) имени академика М. Ф. Решетнева

Бондарик Алексей Валентинович, аспирант кафедры «Эксплуатация железных дорог» КРИЖТ филиала ИрГУПС

Домнин Сергей Владимирович, аспирант кафедры «Эксплуатация железных дорог» КРИЖТ филиала ИрГУПС

Контактная информация: 660130, Россия, г. Красноярск, ул. Ладо Кецховели, 89, тел.: +7 (913) 588-78-02, e-mail:

and industry groups' breakdown. The article analyzes in depth Russian backbone industries, including fuel and energy complex. It reveals main factors that have positive and negative impact on industrial development in the second half of 2017. It also provides the main macroeconomic indicators of the Russian industry.

Keywords: IPEM, industry, low-tech industry, mid-tech industry, high-tech industry, mining, fixed capital investment, fuel and energy complex, loading of industrial products, coal, export.

Wear and depletion of the freight railcars wheel set flanges

Sergei Goncharov, PhD in Economic sciences, Deputy CEO for Technical Development – Head Engineer at Freight One

Contact information: 24, Novoryazanskaya str., Moscow, Russia, 105066, tel.: +7 (495) 663-01-01, e-mail: office@pgkweb.ru

Annotation: Measures are considered to reduce car wagons in current repairs due to faults in wheel sets due to wear of the wheel pair crest. Among the priorities are the introduction of amendments to the normative documents with regard to the requirements for the minimum thickness of the crest of the wheel sets of freight cars in operation (within 24-33 mm) and the change in the margin of tolerances by the distance between the faces of wheel sets from 1439-1442 mm to 1437-1440 mm, the transfer of mass genera of the rolling stock of the operating park to cassette-type bearings, strengthening control over compliance with the parameters of the production of trolleys from depot repairs.

Keywords: Freight car, wheelset, reduce, current repairs, thin crest.

Research of locomotive brakeblock microstructure metal base

Anatoly Klimov, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, department of Operation of Railways, Krasnoyarsk Institute of railway transport, branch of Irkutsk state transport University Alexey Struchkov, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of machine design basics, Siberian state University of science and technology named after academician M. F. Reshetnev

Vladimir Bondarik, Chief of the technical policy of the Krasnoyarsk Railway, postgraduate student of the Krasnoyarsk Institute of railway transport branch of the Irkutsk State University of means of communication

Sergey Domnin, teacher College main railway transport of Krasnoyarsk, postgraduate student Krasnoyarsk Institute of railway transport branch of the Irkutsk State University of means of communication

anatoly.klimoff2013@yandex.ru (Климов), str-alex-v@mail.ru (Стручков), bondarikVB@krw.rzd (Бондарик), domninsv-66@yandex.ru (Домнин)

Аннотация: В работе изложен анализ статистических данных по причинам износа бандажей колесных пар на Красноярской железной дороге за 2009–2015 годы и установлено, что износ бандажей тормозными колодками вообще не анализировался. Кратко дается физическая сущность процесса трения в трибологической паре «бандаж-колодка» и устанавливается причина появления задиры и нагара металла на поверхности тормозных колодок. По мнению авторов она заключается в строении чугуна, в балансе графита и цементита, который зависит от режима охлаждения отливок. Дисбаланс этих составляющих в сторону цементита приводит к патологическому износу материала бандажа. Предложена более стабильная структура чугуна для тормозной локомотивной колодки, которую можно получить термической обработкой литья. Проведенный количественный анализ микроструктур при помощи компьютерной программы «ЦИТО-2.0» позволил определить площадь, занимаемую цементитной фазой в колодках со стандартной структурой и площадь занимаемую ферритной фазой в экспериментальных колодках. Приводятся данные об износах бандажей колес, имеющих различную твердость.

Ключевые слова: Локомотивные тормозные колодки, состав, микроструктура чугуна, твердость, износ, задиры, притиры, графит, феррит, цементит, ледебурит, износостойкость.

Диагностирование электрической передачи тепловозов с использованием методов машинного обучения

Лакин Игорь Капитонович, д.т.н., проф., директор департамента развития систем мониторинга (ДРСМ) технического состояния локомотивов ООО «ЛокоТех»

Павлов Виталий Вячеславович, к.ф.-м.н., разработчик-математик ООО «Кlover Групп»

Мельников Виктор Александрович, асп. кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)

Контактная информация: 125009, Россия, г. Москва, Большой Гнезниковский переулок, д. 1, стр. 2 тел.: +7 (916) 949-31-61 e-mail: Lordson@inbox.ru (Мельников), e-mail: pavlov.vitalij@itclover.ru (Павлов), e-mail: Lakini@yandex.ru (Лакин)

Аннотация: С увеличением вычислительных мощностей компьютеров, современные методы обработки и анализа больших объемов информации находят применение в новых отраслях науки и техники. Применение методов BigData в совокупности с алгоритмами машинного обучения позволили по-новому взглянуть на процесс диагностирования локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем, проводимый в ООО «ТМХ-Сервис» с 2012 года в рамках Автоматизированной системы управления надежностью локомотивов.

Ключевые слова: Надежность локомотивов, микропроцессорные системы управления, статистический анализ,

Contact information: 89, Lado Ketskhoveri str., Krasnoyarsk, Russia, 660028, e-mail: +7 (913) 588-78-02, anatoly.klimoff2013@yandex.ru (Klimov), str-alex-v@mail.ru (Struchkov), bondarikVB@krw.rzd (Bondarik), domninsv-66@yandex.ru (Domnin)

Annotation: The work contained an analysis of the statistics on the causes of wear bandages wheelsets on the Krasnoyarsk railway for 2009-2015 years and determined that the wear and tear of the tyres brake pads generally will not be parsed. Summarizes the physical process of friction in the tribologic connection «bandage-block» and the cause of the appearance of scratches and hard metal on the surface of the brake pads. According to the authors, it is the structure of cast iron, mainly in the balance sheet of graphite and cementite, which depends on the mode of cooling of castings. Imbalance of these components in the direction of cementite leads to pathological wear bandage material. The proposed more stable structure of cast iron brake pad for locomotive, which can be obtained by heat treatment of the casting. Quantitative analysis of microstructures by means of a computer program “CITO-2.0” made it possible to determine the area occupied cementite phase in the stocks with a regular structure and area occupied by the ferritic phase in the experimental pads. Shows the wear and tear of tires of wheels, having different hardness.

Keywords: locomotive brake pads, composition, microstructure of cast iron, hardness, wear, cracks, laps, graphite, ferrite, cementite, ledeburite, wear resistance.

Diesel locomotive electric transmission diagnostics with using machine learning methods

Igor Lakin, D.T.S., professor, department director of LocoTech ltd.

Vitaly Pavlov, Ph.D., mathematics developer of CloverGroup ltd.

Viktor Melnikov, M.S., postgraduate of “Locomotives and EMU’s” speciality of Russian Transport University (MIIT)

Contact information: 1, p. 2, Bolshoy Gnezdnikovsky pereulok, Moscow, Russia, 125009, tel.: +7 (916) 949-31-61, e-mail: Lordson@inbox.ru (Melnikov), e-mail: pavlov.vitalij@itclover.ru (Pavlov), e-mail: Lakini@yandex.ru (Lakin)

Annotation: Due to increasing calculative capability of modern computers, modern methods of processing and analyzing of large amounts of data are finding their application in new branches of science and engineering. Application of BigData methods conjunction with machine learning allowed a new look to a process of locomotive diagnostic with using on-board microprocessor system data, held by TМH-Service Ltd. since 2012 due to Automatized Locomotive Reliability Management System.

Keywords: Locomotive reliability, on-board microprocessor systems, statistical analysis, machine learning, BigData, locomotive electric transmission, tractive motor, tractive generator.

машинное обучение, BigData, электрическая передача локомотивов, тяговые электродвигатели, тяговый генератор.

Ниши эффективного применения литий-ионных аккумуляторов

Гурьяшкин Кумушали Марленович, генеральный директор ООО «Специализированное оборудование и телекоммуникации» (СОТелКом)

Контактная информация: 119049, г. Москва, Ленинский проспект д. 4 стр. 1А, тел.: +7 (495) 648-63-92, e-mail: gd@sotelkom.ru

Аннотация: В статье рассмотрены технико-экономические показатели применения литий-ионных аккумуляторов на рельсовом и колесном транспорте, а также их эксплуатации на объектах РЖД и других предприятий, связанных с железными дорогами России и городским транспортом.

Ключевые слова: Литий-ионный, литий-железофосфатный, аккумулятор, электровоз, гибридный, расход электрической энергии, тяговый подвижной состав, электропоезд, логистика.

Прогрессивный метод изготовления черновых вагонных осей

Кожевникова Гражина Валерьевна, д. т. н., главный научный сотрудник лаборатории предельной деформируемости и поперечно-клиновой прокатки ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Пилипчук Григорий Петрович, генеральный директор, АО «Машиностроительный концерн ОРМЕТО-ЮУМЗ»

Рудович Александр Олегович, директор, ООО «Инженерный центр «АМТинжиниринг»

Шукин Валерий Яковлевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Контактная информация: 223054, Республика Беларусь, Минская обл., Минский р-н, аг. Острошицкий городок, ул. Ленинская, 105, тел.: +3 (7529) 652-28-76, e-mail: 6522876@mail.ru

Аннотация: В статье предложены технология поперечно-клиновой прокатки черновых вагонных осей и новое оборудование для ее осуществления. Рассмотрены теоретические основы прокатки указанных осей, обосновано достижение их высоких эксплуатационных свойств за счет деформационной сварки микрополостей и микротрещин в их поверхностных слоях и создания в них остаточных сжимающих напряжений, что в итоге обеспечивает увеличение усталостной прочности осей. Новый метод позволяет значительно увеличить производительность процесса, точность черновой оси, уменьшить припуски поковки, снизить расход металла и трудоемкость механической обработки чистой вагонной оси.

Ключевые слова: Пластическое деформирование, черновая вагонная ось, поперечно-клиновая прокатка, усталостная прочность валов.

Niches of effective application of Li-Ion accumulators

Kumushali Guryashkin, CEO of Spetsializirovannoye oborudovaniye i telekommunikatsii LLC (Sotelkom)

Contact information: 4 p. 1A, Leninsky Avenue, Moscow, Russia, 119049, tel.: +7 (495) 648-63-92, e-mail: gd@sotelkom.ru

Annotation: In article, technical and economic indicators of application of Li-Ion accumulators on rail and wheel transport and their operation on the objects of the Russian Railway and other enterprises connected with the railroads of Russia and city transport are considered.

Keywords: Lithium-ion, Li-Ion, lithium Iron phosphate batteries, the accumulator, an electric locomotive, hybrid, an expense of electric energy, the traction rolling stock, the electric lift truck, logistics.

Advanced Method of Manufacturing Rough Wagon Axles

Grazhina Kozhevnikova, D.Sc. in engineering science Chief research scientist in Laboratory of Extreme Deformability and Cross-Wedge Rolling, The Physical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus

Grigory Pilipchuk, General Director, JSC "Heavy Engineering ORMETO-YUMZ"

Aliaksandr Rudovich, Director, Engineering Center "AMTengineering Ltd."

Valery Shchukin, Ph.D. in engineering science, Leading research scientist, State Enterprise "Science and Technology Park of Belarusian National Technical University "Polytechnic"

Contact information: 105 str. Leninskaja, village Ostroshitski Gorodok, Minsk region, Belarus, 223054, tel.: +3 (7529) 652-28-76, e-mail: 6522876@mail.ru

Annotation: The article proposes the technology of cross-wedge rolling of rough wagon axles and new equipment for its realization. Some theoretical bases for rolling of such axles have been considered; their high running ability have been confirmed at the expense of deformation welding of microcavities and microcracks in their surface layers and generation of compression stresses in them; and it finally leads to an increase in fatigue strength of the axles. The new method enables a significant increase in processing speed, rough axle accuracy, a decrease in allowances of forged pieces, in metal consumption and in labour input in machine working of wagon axles.

Keywords: plastic deforming, rough wagon axles, cross-wedge rolling, fatigue strength of shafts.

Экологические и технологические аспекты эволюции технологий производства и неразрушающего контроля деталей буксовых подшипников

Тяпаев Сергей Викторович, старший инспектор-приемщик ЦТА ОАО «РЖД»

Контактная информация: 410039, Россия, г. Саратов, Проспект Энтузиастов, 64А, тел.: +7 (8452) 39-48-75, e-mail: styapaev@list.ru

Аннотация: В статье рассмотрено внедрение в подшипниковой промышленности России инновационных технологий производства деталей буксовых подшипников на основе применения промышленных роботов, вакуума при термообработке и технологического оборудования с системами микропроцессорного управления. Приведены примеры промышленного применения «зеленых» технологий неразрушающего контроля деталей буксовых подшипников с использованием элементов искусственного интеллекта – технологии самообучающихся нейронных сетей. Сделан вывод о необходимости использования принципа наилучших доступных технологий в области неразрушающего контроля скрытых технологических дефектов на деталях буксовых подшипников. Широкое внедрение и применение «прорывных» технологий, описанных в статье, позволит повысить качество буксовых подшипников и обеспечить переход подшипниковой промышленности России и стран СНГ к экологически ориентированному, инновационному типу развития.

Ключевые слова: Промышленные роботы, термическая обработка, вакуумирование, зеленые технологии, неразрушающий контроль, вихретоковая структуроскопия, искусственный интеллект, нейронные сети.

Новый типоразмерный ряд среднеоборотных дизельных двигателей

Скворцов Владимир Викторович, заместитель главного конструктора ОАО «Пензадизельмаш»

Иванов Василий Александрович, к.т.н., ведущий инженер-конструктор ОАО «Пензадизельмаш»

Контактная информация: 440034, Россия, г. Пенза, ул. Калинина 128 «А», тел.: +7 (962) 470-40-06, e-mail:vladimirskvorcov@yandex.ru (Скворцов), тел.: +7 (902) 353-77-95, e-mail: Ivanov_VA@pdmz.ru (Иванов)

Аннотация: В статье описан процесс создания типоразмерного ряда среднеоборотных дизельных двигателей Д200, которые разрабатывались и изготавливались на ОАО «Пензадизельмаш» в рамках Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» с 2011 по 2015 год. Представлены основные технические характеристики основного дизеля 1-6Д200 (6ЧН20/28), методы и средства проектирования базовых деталей, описаны перспективы его использования в тепловозостроении, малой энергетике и судостроении.

Ключевые слова: Пензадизельмаш, госконтракт, Федеральная целевая программа, модельный ряд, Д200, 6-цилиндровый рядный двигатель Д200 (1-6Д200), особенности конструкции.

Ecological and technological aspects of the evolution of production technologies and non-destructive testing of parts of axle bearings

Sergey Tyapaev, Senior inspector CTA RZD JSC

Contact information: 64A, Prospect Entuziastov, Saratov, Russia, 410039, tel.: +7 (8452) 39-48-75, e-mail: styapaev@list.ru

Annotation: In article implementation in the bearing industry of Russia of innovative production technologies of details of boxen bearings on the basis of use of industrial robots, a vacuum in case of heat treatment and a technology equipment with the systems of microprocessor control is considered. Examples of industrial use of “green” technologies of non-destructive testing of details of boxen bearings with use of elements of artificial intelligence - technologies of self-training neural networks are given. The conclusion is drawn on need of use of the principle of the best available technologies in the field of non-destructive testing of the latent technological defects on details of boxen bearings. Widespread introduction and use of the “breakthrough” technologies described in article will allow to increase quality of boxen bearings and to provide transition of the bearing industry of Russia and the CIS countries to ecologically focused, innovative type of development.

Keywords: Use of industrial robots, heat treatment with pumping out, “green” technologies of nondestructive control, eddy current structuroscopy, artificial intelligence, neural networks.

A new standard range of medium-speed diesel engines

Vladimir Skvortsov, Deputy Chief Designer of JSC “Penzadieselmash”

Vasily Ivanov, PhD of Technical sciences, leading engineer-designer of JSC “Penzadieselmash”

Contact information: 128 A, Kalinin, Penza, Russia, 440034, tel.: +7 (962) 470-40-06, e-mail: vladimirskvorcov@yandex.ru (Skvortsov), tel.: +7 (902) 353-77-95, e-mail: Ivanov_VA@pdmz.ru (Ivanov)

Annotation: The article describes the process of creating a standard range of medium-speed diesel engines D200 that were developed and manufactured at JSC “Penzadieselmash” within the framework of the federal target program “National Technological Base” from 2011 to 2015. The main technical characteristics of the main diesel 1-6D200, methods and means for designing basic parts are presented, the prospects of its use in diesel locomotive, small power engineering and shipbuilding are described.

Keywords: Penzadieselmash, state contract, Federal target program, model series D200, 6-cylinder in-line engine D200 (1-6D200), design features.

ТЕХНИКА®

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ОБЪЕКТИВНОЕ ОТРАЖЕНИЕ
СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ

В КАЖДОМ НОМЕРЕ:

Новые
конструкторские
решения в России
и за рубежом

Анализ проблем
и перспектив
развития отрасли

Статистическая
информация
по производству
железнодорожной
техники

Интервью
с первыми лицами
отрасли

Страницы истории
железнодорожного
дела



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ!

Через все подписные
каталоги России:
индекс **41560**

Через научную элек-
тронную библиотеку
eLibrary.ru

Через редакцию
напрямую

Решением Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года №6/6 журнал «Техника железных дорог» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

Контактная информация:
Тел.: +7 (495) 690-14-26
vestnik@ipem.ru



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ

аналитика | статистика | исследования | прогнозы | обзоры



123104, г. Москва, ул. М. Бронная, дом 2/7, стр. 1
Тел.: +7 (495) 690-14-26; факс: +7 (495) 697-61-11
ipem@ipem.ru, www.ipem.ru