



**РОСЖЕЛДОР**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)

---

**Научно-техническая библиотека**

**Аналитический обзор научной литературы**  
**ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В**  
**ХОЗЯЙСТВЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОАО «РЖД»**



**Ростов-на-Дону**  
**2021**

**Составитель: зав. сектором отдела обслуживания НТБ Гельгор М.О.**

В настоящее время ОАО «РЖД» сохраняет лидирующие позиции по энергоэффективности и экологичности грузовых и пассажирских перевозок среди железнодорожных компаний мира. Россия занимает первое место по энергоэффективности грузовых железнодорожных перевозок, а в пассажирском движении – четвертое место после Индии, Китая и Японии.

В Компании ежегодно формируется и реализуется Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности в рамках реализации Энергетической стратегии ОАО «РЖД» на перспективу до 2030 года. В 2020 году была запланирована организация разработки Энергетической стратегии ОАО «РЖД» на новый период до 2025 года и на перспективу до 2035 года. В ней, согласно анализу текущей стратегии, были актуализированы приоритетные направления развития энергетики холдинга и обозначены целевые показатели энергоэффективности производственной деятельности компании.

**ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПЛЕКС ОАО «РЖД»**

**Масштаб электрохозяйства ОАО «РЖД»**

- Электросети ОАО «РЖД» расположены в 77 регионах России
- Электрифицировано 43 198 км (в т.ч. на переменном токе 24 720 км) из 86 000 км эксплуатационной длины ж/д путей, развернутая длина электрифицированных путей – 98 221 км
- Протяженность основной и продольной линий электроснабжения устройств СЦБ составляет 104 877 км

  
  
  


**ВСЕГО** потребление э/э в России за 2013 г. составило 1038 млрд кВтч, из которых 83 млрд (8%) кВтч принято в сети ОАО «РЖД» (46,2 млрд кВтч – собственное потребление, 37 млрд кВтч – передано сторонним потребителям)

**ОАО «РЖД» - вторая по размеру электросетевая компания России (после ОАО «Россети» = МРСК + ФСК)**

Представленный обзор посвящен проблеме энерго- и ресурсосбережения в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД». Обзор содержит 21 публикацию за последние четыре года, начиная с 2018 года. Данные публикации представляют собой монографии, материалы конференций и статьи из периодических изданий.

Для более углубленного осмысления предложенной тематики обзор разбит на пять частей.

Первая часть касается вопросов энергосбережения непосредственно. В обзоре данному вопросу уделено 6 публикаций.

Начнем исследование со статьи «Обзор методов организации контроля и потерь электроэнергии на эксплуатационные нужды предприятий железной дороги» [5]. В статье рассмотрены различные подходы к оценке эффективности использования электроэнергии на нетяговые нужды железнодорожного транспорта. Описаны разные методики снижения потерь электропотребления на эксплуатационные нужды предприятий железной дороги. С этой публикацией перекликаются статьи «Технологии энергосбережения на железнодорожном транспорте» [9] и «Экономический потенциал мероприятий по повышению энергетической эффективности в сфере железнодорожного транспорта» [11], в которых рассматриваются некоторые вопросы энергосберегающих технологий на железнодорожном транспорте, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования. В статье [11] даже предлагается вариант организации собственной энергосбытовой компании для ОАО «РЖД».



Заслуживает интереса монография «Повышение энергетической эффективности перевозочного процесса на основе изменения параметров графика движения поездов» [20], в которой представлены результаты исследований оценки влияния графика движения поездов на тяговое электропотребление. В связи с этим в монографии рассмотрены основные

методы расчета энергетических показателей системы тягового электроснабжения, применяемые в аспекте исследования изменения объема электроэнергии, потребляемой электроподвижным составом, и небаланса электроэнергии в системе тягового электроснабжения постоянного и переменного тока в зависимости от графика движения поездов.

Завершает раздел статья дискуссионного содержания «Энергосбережение или рациональное использование энергоресурсов?» [18]. В ней предпринята попытка диалектического подхода к анализу энергосбережения как общественного явления с философских позиций. Общие выводы, сделанные в статье, показывают, что в настоящее время целесообразно говорить не об энергосбережении в узком смысле, а об энергоэффективности, включающей в себя энергосбережение в качестве ее важной составляющей.

## Общие направления энергосбережения

При разработке мероприятий по энергосбережению на промышленных предприятиях следует помнить, что имеются два направления экономии:

- 1) экономия ТЭР путем совершенствования энергоснабжения;
- 2) экономия ТЭР путем совершенствования энергоиспользования.

Экономия ТЭР путем совершенствования энергоснабжения:

- 1) снижение потерь энергоносителей в системах энергоснабжения;
- 2) уменьшение числа преобразований энергоносителей;
- 3) автоматизация энергоснабжающих установок;
- 4) повышение качества энергоносителей.

Вторая часть обзора поднимает проблему ресурсосбережения, тем самым продолжая разговор об энергосбережении в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД». Задача ресурсосбережения является актуальной для всех транспортных компаний, и поисками путей её решения занимаются многие мировые сообщества ученых и инженеров. Здесь тоже целесообразно объединить две статьи: «Роль ресурсосбережения на железнодорожном транспорте» [2] и «Экономические аспекты внедрения ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» [12]. Примечательны они тем, что в них проблема ресурсосбережения

рассматривается в экологическом аспекте с целью определения роли ресурсосбережения в снижении негативного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду.

### **Ресурсосберегающие технологии** - технологии,



обеспечивающие производство продукции с минимально возможным потреблением топлива

и других источников энергии, а также сырья, материалов, воздуха, воды и прочих ресурсов для технологических целей.

**Ресурсосберегающие технологии** включают в себя использование вторичных ресурсов, утилизацию отходов, а также рекуперацию энергии, и т. п. Позволяющие экономить природные ресурсы и избегать загрязнения окружающей среды.



Отдельно хочется представить статью «Оперативное нормирование энергоресурсов на тягу поездов с использованием метода искусственных нейронных сетей» [7]. Российские железные дороги являются большими потребителями энергоресурсов, поэтому экономия этих ресурсов – целевая задача при снижении операционных затрат. Одним из способов достижения поставленной цели может быть применение системы оптимального нормирования энергии на тягу каждого поезда – система оперативного нормирования. Этот способ основывается на моделировании процесса движения за счёт применения метода теории оптимального управления – динамического программирования. Метод динамического программирования может быть усовершенствован за счёт использования его в процессе обучения искусственных нейросетей, которые будут формировать не только априорные оценки расхода энергии на тягу, но и апостериорную оценку управления поездом (машинистом или системой автоведения). У методов, предложенных в статье, – большое будущее, в связи с чем статья представляет большой научно-практический интерес. Дополняет статью наличие ее полного текста на английском языке (после русской версии).

Завершает вторую часть обзора статья «Технология упрочнения изоляции якорей тяговых двигателей тепловым излучением» [4], имеющая практическое значение в применении ресурсосберегающих технологий при ремонте тягового подвижного состава.

### Основными направлениями энергосбережения на железнодорожном транспорте являются:

- дальнейшая электрификация железных дорог;
- ввод в эксплуатацию новых, более совершенных локомотивов, характеризующихся по сравнению с выпускаемыми в настоящее время повышенным КПД двигателей и передач, более совершенной системой охлаждения, меньшими расходами энергии на собственные нужды;



Третья часть обзора объединяет две ранее рассмотренные части. Статьи, представленные в ней, рассказывают и об энергосбережении, и о ресурсосбережении. В данной подборке участвуют три статьи. Две из них, «Решение экономических проблем путем эффективного энерго- и ресурсопотребления на примере эксплуатационного вагонного депо станции Инская» [1] и «Анализ потребления электроэнергии на собственные нужды и потерь мощности в оборудовании тяговых подстанций в пределах томского плеча Тайгинской дистанции электроснабжения и разработка мероприятий по их снижению» [13] представляют собой опыт работы подразделений железных дорог, филиалов ОАО «РЖД» в процессах перехода на инновационный путь развития, в снижении расходов вагонного депо, хозяйства электрификации и электроснабжения и повышении надежности эксплуатации устройств по тяговым подстанциям.

Статья «Энергосберегающие и энергоэффективные технологии транспортной отрасли» [14] рассматривает вопросы энергосбережения и ресурсосбережения применительно к транспортной отрасли в целом.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЖД НА ОСНОВЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРНЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ**



### **ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

- Экономия электроэнергии 15%
- Экономия обслуживания 2- раза

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ**

- Экономия электроэнергии – 25%
- Снижение нагрузки на сеть – 15%
- Автономное перемещение



### **ГИБРИДНЫЙ ТРАНСПОРТ**

- Экономия топлива – 50%
- Снижение эмиссии – 10 раз

### **ЗАПУСК ДВС**

- Снижение мощности АБ – 2 раза
- Увеличение срока АБ – 1,5 раз
- Запуск до температур – (-40)° С



40

В четвертой части обзора представлены статьи, касающиеся практических энерго- и ресурсосберегающих методов применительно к системе электроснабжения.

В статье «Электромагнитные преобразователи больших токов с расширенными функциональными возможностями» [15] приведена конструкция, пути расширения функциональной возможности электромагнитных преобразователей больших токов, предназначенных для систем тягового электроснабжения. Данные конструктивные изменения позволят повысить эффективность применения систем автоматического контроля и управления режимами работы устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог что, в свою очередь, способствует стимулированию разработки разъемных датчиков тока, благодаря которым станет возможным проводить мониторинг тока без разрыва цепи и остановки производства.

Вопросы мониторинга и диагностики контактной сети рассматриваются в статьях «Совершенствование программно-аппаратного комплекса мониторинга и диагностики контактной сети» [17] и «Методика бесконтактной диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог» [3]. Программно-аппаратный комплекс, представленный в первой статье, показал заявленную эффективность для измерения натяжения контактных проводов, а также для контроля остаточного сечения, что позволяет использовать его в системе мониторинга и диагностики контактной сети. Вторая статья посвящена методике бесконтактной

диагностики контактной сети электрифицированных железных дорог. Представлена методика бесконтактной диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог.



**Повсеместное внедрение энергосберегающих технологий в электросетевом комплексе невозможно без надёжного электроснабжения.**

**Одним из направлений обеспечения надёжности электроснабжения электросетевого комплекса является развитие систем релейной защиты и противоаварийной автоматики.**



Пятая часть обзора представляет собой анализ перспектив повышения энергетической эффективности и снижения потерь при эксплуатации электровазов на железных дорогах нашей страны.

В статье «Коэффициент энергетической эффективности электроваза как показатель уровня примененных конструкторских решений» [6] представлены мероприятия по экономии эксплуатационных расходов за счет улучшения коэффициента технической готовности локомотивов, снижения продолжительности и изменения структуры ремонтного цикла, повышения надежности локомотивов, снижения удельного расхода топливно-энергетических ресурсов, роста производительности труда локомотивных бригад.

Далее заслуживает внимания статья «Анализ эффективности способов снижения потерь электрической энергии в реакторах сглаживающих устройств» [16]. Сглаживающий реактор предназначен для сглаживания пульсаций выпрямленного тока в цепи тяговых двигателей. В статье показано, что сегодня самый эффективный способ снижения потерь – это модернизация существующего реактора путем шунтирования неиспользуемых блоков. Разработка и внедрение нового реактора остается



перспективной задачей, решение которой позволит в наибольшей степени сократить потери.

Основной инвестиционный инструмент при реализации мероприятий, направленных на энергосберегающую деятельность подразделений ОАО «РЖД», – инвестиционный проект «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте».

Здесь мы остановимся подробнее. В нашем обзоре теме использования рекуперативного торможения как новшества в экономии энергоресурсов посвящены три статьи.

Первая из этих статей «Обзор перспектив повышения энергетической эффективности и надёжности рекуперативного торможения на электроподвижном составе» [8] представляет собой краткий обзор ряда перспективных предложений по развитию технологии рекуперативного торможения на современных отечественных электровозах и электропоездах с точки зрения надёжности и энергоэффективности процесса. В соответствии с преобладанием у рекуперативного торможения двух основных проблем – низкого коэффициента мощности инвертора и угрозы возникновения аварийного режима работы – описанные технические решения направлены преимущественно на устранение данных проблем, предлагая при этом различные подходы к модернизации технологии торможения.

Следующая статья «Анализ эффективности применения рекуперативного торможения с учетом разработки энергетического паспорта участка» [19] приводит оценку эффективности использования рекуперативного торможения на конкретных участках. В статье рассматривается энергоэффективность участков в плане расхода электрической энергии на тягу поездов и возврата электрической энергии в режиме рекуперативного торможения. Вводится понятие энергетического паспорта как средства описания энергетических свойств участка.

В статье «Повышение энергетической эффективности работы электровозов переменного тока» [10] авторами предлагается современный подход к решению вопроса энергетической эффективности электровоза в режиме рекуперации, а именно, применение выпрямительно-инверторного преобразователя на базе IGBT-транзисторов и разработка способа реализации рекуперативного торможения без блоков балластных резисторов с обеспечением статической устойчивости данного режима. На разработанной имитационной модели электровоза переменного тока 2ЭС5К в среде «MatLab Simulink», работающего в режиме рекуперативного торможения, были получены и проанализированы кривые электромагнитных процессов, протекающих в силовой цепи электровоза.

Традиционно заканчиваем наш обзор публикацией авторов-сотрудников нашего университета, А.А. Зарифьяна и П.Г. Колпахчяна, которые в соавторстве с санкт-петербургскими коллегами выпустили монографию «Энергоэффективное управление движением поездов с электрической тягой» [21]. В монографии ставятся и решаются задачи, связанные с моделированием и управлением электрической,

электромеханической и механической частей поездов с электрической тягой. Совершенствование систем управления и процесса взаимодействия подсистем электроподвижного состава и энергосети в процессе движения требует решать задачи анализа, синтеза и исследования управления сложными процессами, протекающими в единой системе, включающей в себя электрические сети, систему автоматизированного управления транспортными потоками, систему управления движением поездов с электрической тягой, систему управления тяговыми приводами. При этом возникает необходимость оперировать комплексными моделями, включающими в себя все перечисленные системы, учитывающие их взаимодействие. Книга предназначена для специалистов в области теории и систем управления.



В заключении обзора еще раз укажем, что энергосбережение включает в себя реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

В настоящее время в рамках развития железнодорожной инфраструктуры реализуется Энергетическая стратегия. Ключевая цель программы – обозначить и внедрить способы оптимизации использования топливно-энергетических ресурсов в процессе производства, передачи и потребления. Реализация Энергетической стратегии происходит в процессе выполнения программ и проектов, направленных на увеличение энергоэффективности Российских железных дорог. В настоящее время успешно внедрена программа ресурсосбережения. А поскольку хозяйство электроснабжения является составной частью общего железнодорожного хозяйства, то все сказанное выше в полной мере относится и к этой отрасли.

**Библиографический список к обзору:  
«Энерго- и ресурсосбережение в хозяйстве электроснабжения ОАО  
«РЖД»»**

1. Алоян Д. В. Решение экономических проблем путем эффективного энерго- и ресурсопотребления на примере эксплуатационного вагонного депо станции Инская / Д. В. Алоян. – Текст : электронный // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных : сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных / Минобрнауки России ; Правительство Омской области ; ФГБОУ ВО СибАДИ ; отв. ред. А. П. Жигаadlo. – Омск : СибАДИ, 2018. – С. 572-577. // НЭБ eLIBRARY
2. Бикеева Д. А. Роль ресурсосбережения на железнодорожном транспорте / Д. А. Бикеева. – Текст : электронный // Вопросы современной науки : проблемы, тенденции и перспективы : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Э. И. Забнева. – Ульяновск : Зебра, 2019. – С. 283-286. // НЭБ eLIBRARY
3. Гаранин М. А. Методика бесконтактной диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог / М. А. Гаранин, С. А. Фроленков. – Текст : электронный // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 6 (84). – С. 7-14. // НЭБ eLIBRARY
4. Дульский Е. Ю. Технология упрочнения изоляции якорей тяговых двигателей тепловым излучением / Е. Ю. Дульский, А. Р. Степанов, Н. А. Сердюкова. – Текст : электронный // Транспорт : наука, образование, производство («Транспорт-2019») : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» / под ред. О. А. Лукина, Д. Г. Жиликова, А. И. Тимофеева ; ФГБОУ ВО РГУПС, Воронежский филиал. – Воронеж, 2019. – С. 25-29. // НЭБ eLIBRARY
5. Еркебаев А. Ж. Обзор методов организации контроля и потерь электроэнергии на эксплуатационные нужды предприятий железной дороги / А. Ж. Еркебаев, Ж. Ж. Калиев. – Текст : электронный // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2018. – № 4 (107). – С. 288-294. // НЭБ eLIBRARY
6. Кобылянский В. В. Коэффициент энергетической эффективности электровоза как показатель уровня примененных конструкторских решений /

- В. В. Кобылянский. – Текст : электронный // Локомотив. – 2020. – № 12 (768). – С. 32-33. // Public.ru
7. Малахов С. В. Оперативное нормирование энергоресурсов на тягу поездов с использованием метода искусственных нейронных сетей / С. В. Малахов, М. Ю. Капустин. – Текст : электронный // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 1 (86). – С. 158-169. // НЭБ eLIBRARY
8. Обзор перспектив повышения энергетической эффективности и надёжности рекуперативного торможения на электроподвижном составе / И. А. Баринов, Д. А. Яговкин, В. С. Иванов [и др.]. – Текст : электронный // Электропривод на транспорте и в промышленности : сб. тр. II Всерос. науч.-практ. конф. / отв. редактор С. В. Власьевский. – Хабаровск : ДВГУПС, 2018. – С. 150-156. // НЭБ eLIBRARY
9. Пластинина Л. И. Технологии энергосбережения на железнодорожном транспорте / Л. И. Пластинина, Е. Ю. Немчинов. – Текст : электронный // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2020. – № 1. – С. 110-113. // НЭБ eLIBRARY
10. Повышение энергетической эффективности работы электровозов переменного тока / В. С. Томилов, О. В. Мельниченко, С. Г. Шрамко, С. А. Богинский. – Текст : электронный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 1 (65). – С. 172-182. // НЭБ eLIBRARY
11. Подсорин В. А. Экономический потенциал мероприятий по повышению энергетической эффективности в сфере железнодорожного транспорта / В. А. Подсорин, М. В. Терешин, О. Г. Чуверина. – Текст : электронный // Транспортное дело России. – 2019. – № 1. – С. 12-14. // НЭБ eLIBRARY
12. Проскурякова Е. А. Экономические аспекты внедрения ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте / Е. А. Проскурякова. – Текст : электронный // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 4. – С. 32. // НЭБ eLIBRARY
13. Рыбин К. К. Анализ потребления электроэнергии на собственные нужды и потерь мощности в оборудовании тяговых подстанций в пределах томского плеча Тайгинской дистанции электроснабжения и разработка мероприятий по их снижению / К. К. Рыбин. – Текст : электронный // Академическая публицистика. – 2019. – № 2. – С. 27-30. // НЭБ eLIBRARY
14. Рыжова Е. Л. Энергосберегающие и энергоэффективные технологии транспортной отрасли / Е. Л. Рыжова. – Текст : электронный // Журнал естественнонаучных исследований. – 2020. – Т. 5. – № 2. – С. 51-57. // НЭБ eLIBRARY
15. Сафаров А. М. Электромагнитные преобразователи больших токов с расширенными функциональными возможностями / А. М. Сафаров. – Текст : электронный // Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации : материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Уфа : УГАТ, 2019. – С. 189-194. // НЭБ eLIBRARY
16. Скоков Р. Б. Анализ эффективности способов снижения потерь электрической энергии в реакторах сглаживающих устройств / Р. Б. Скоков,

- И. А. Кремлев, И. В. Тарабин. – Текст : электронный // Транспорт Урала. – 2019. – № 4 (63). – С. 75-79. // НЭБ eLIBRARY
17. Смердин А. Н. Совершенствование программно-аппаратного комплекса мониторинга и диагностики контактной сети / А. Н. Смердин, Е. А. Бутенко, Г. Р. Ермачков. – Текст : электронный // Вестник транспорта – Поволжья. – 2020. – № 5 (83). – С. 23-28. // НЭБ eLIBRARY
18. Торопов О. Ю. Энергосбережение или рациональное использование энергоресурсов? / О. Ю. Торопов. – Текст : электронный // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2018. – № 12. С. – 198-202. // НЭБ eLIBRARY
19. Худояров Д. Л. Анализ эффективности применения рекуперативного торможения с учетом разработки энергетического паспорта участка / Д. Л. Худояров, И. М. Сабиров. – Текст : электронный // Инновационный транспорт. – 2018. – № 2 (28). – С. 53-56. // НЭБ eLIBRARY
20. Черемисин В. Т. Повышение энергетической эффективности перевозочного процесса на основе изменения параметров графика движения поездов : монография / В. Т. Черемисин, В. Л. Незевак, А. П. Шатохин. – Омск : ОмГУПС, 2019. – 251 с. – Текст : электронный // ЭБС Лань.
21. Энергоэффективное управление движением поездов с электрической тягой : монография / Ю. П. Волощенко, А. Р. Гайдук, А. А. Зарифьян, П. Г. Колпахчян. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 320 с. – Текст : электронный // ЭБС Лань.