

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента д.т.н., профессора Лакин Игоря Капитоновича  
на диссертационную работу КОМЯКОВА Александра Анатольевича  
«Методология организации ресурсосберегающих производственных систем  
на железнодорожном транспорте», представленную на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности  
05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки)**

### **Актуальность исследования**

Отечественный железнодорожный транспорт является крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в России. При этом доля затрат на ТЭР в общих эксплуатационных расходах ОАО «РЖД» составляет около 19 %. Поэтому тема исследования, направленная на экономию ТЭР, безусловно является актуальной. Решение данной задачи применительно к производственным процессам железнодорожного транспорта возможно за счет масштабного внедрения ресурсосберегающих технических средств и технологий, что, однако, требует значительных материальных затрат. Другим направлением, на котором сделан акцент в диссертации А.А.Комякова, является совершенствование методов организации ресурсосберегающих производственных систем, которые подразумевают внесение улучшений в процессы нормирования и прогнозирования расхода ТЭР, оценку энергоэффективности внедряемых ресурсосберегающих решений, внедрение методов и средств мониторинга использования ТЭР в производственных целях. Объектом исследования диссертации А.А.Комякова являются производственные процессы на железнодорожном транспорте. Поставлена и решена задача повышения эффективности их функционирования за счет создания и применения методов и средств мониторинга использования ТЭР, организационно-методических и технических решений с использованием новых информационных технологий. Таким образом, тема диссертации А.А.Комякова является актуальной и востребованной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы, т.к. при решении поставленных задач автор выполнил анализ и обобщение результатов, полученных в трудах отечественных и зарубежных ученых, опирался на корректные апробированные теории и методы исследования. В частности, в ходе теоретических и экспериментальных исследований использо-



ваны: моделирование процессов использования ТЭР методами машинного обучения, аппроксимации и сглаживания, других методов обработки экспериментальных данных; анализ выборок расхода энергоресурсов методами параметрической и непараметрической статистики; моделирование процессов энергопотребления с помощью разработанного программного комплекса в среде пакета программ Matlab и Statistica; методы управления ресурсосбережением как составляющие производственного менеджмента.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Достоверность научных положений и результатов диссертационной работы подтверждена экспериментальными исследованиями и результатами апробации предложенных научных методов, практических методик и технических решений на действующих объектах железнодорожного транспорта. Средние относительные погрешности разработанных математических моделей не превышают 15 %, а результирующее расхождение результатов теоретических исследований с экспериментальными данными не превышает 5 %. Новизна технических решений подтверждается полученными автором диссертации патентами на полезную модель и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Научная новизна полученных соискателем результатов**

Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе, определяется, прежде всего, разработкой автором новых научно обоснованных технических, организационных и методических решений, направленных на повышение эффективности использования ТЭР в производственных процессах железнодорожного транспорта, а именно:

1. Предложены усовершенствованные принципы повышения эффективности функционирования ресурсосберегающих производственных систем.
2. Теоретически обоснованы, разработаны и экспериментально апробированы математические модели функционирования производственных систем в перевозочных и неперевозочных видах деятельности железнодорожного транспорта в части эффективного использования ТЭР.
3. Разработаны методы и средства эффективного использования ТЭР в производственных процессах на железнодорожном транспорте с использованием информационных технологий.



4. Теоретически обоснованы, разработаны и экспериментально апробированы научные и методические принципы оценки эффективности организационных, технических и технологических решений, внедряемых на железнодорожном транспорте.
5. Разработаны научные основы стратегии развития железнодорожного транспорта как ресурсосберегающей производственной системы.
6. Предложены усовершенствованные методы и средства мониторинга использования ТЭР в производственных процессах на железнодорожном транспорте.

### **Практическая ценность диссертационной работы**

Практическая ценность работы заключается в разработке и внедрении в производственные процессы железнодорожного транспорта новых методов и средств эффективного использования ТЭР путём применения новых информационных технологий, направленных на анализ и управление расходом ТЭР на нетяговые нужды, формирование заданий по экономии ТЭР, мониторинг показателей энергетической эффективности производственных систем ОАО «РЖД». Применение предлагаемых организационных, методических и технических решений позволило снизить нерациональное использование электрической энергии в производственных процессах железнодорожного транспорта, повысить эффективность их функционирования, а также сформировать ключевые показатели эффективности развития железнодорожного транспорта как ресурсосберегающей производственной системы.

### **Реализация результатов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы внедрены и применяются при организации ресурсосберегающих производственных систем ОАО «РЖД» и ООО «СТМ-Сервис», что подтверждается тремя утвержденными нормативными документами и пятью актами об использовании результатов научных исследований и разработок в производстве.

Научные результаты исследования использованы при разработке «Энергетической стратегии холдинга «РЖД» на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2537р.

Разработанные программы для ЭВМ, получившие правовую охрану технические решения, применяются для прогнозирования расхода ТЭР на нетяговые нужды и для мониторинга показателей энергоэффективности производственных процессов в ОАО «РЖД» и ООО «СТМ-Сервис».



## **Апробация диссертационной работы**

Основные положения диссертационной работы и ее результаты доложены и одобрены на 26-и научно-практических конференциях, из них 15 международных, 3 всероссийских с международным участием и 8 всероссийских. Также предложенные в диссертационной работе научно-организационные и технические решения автор представил и получил одобрение на сетевых школах ОАО «РЖД» в городах Самаре и Санкт-Петербурге, на научно-техническом семинаре Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) «Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта, объектов промышленной теплоэнергетики, телекоммуникационно-информационных систем, автоматики и телемеханики», на научном семинаре докторантов и соискателей ученой степени доктора наук Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС).

## **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 60 научных работ, в т.ч. 2 монографии, 18 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 8 работ в изданиях, включенных в международные системы цитирования Web of Science и Scopus, 3 патента на полезные модели, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 27 публикаций в прочих изданиях, включая труды научно-практических конференций.

## **Объем и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 332-х наименований и 9-и приложений. Работа изложена на 340 страницах основного текста, содержит 125 рисунков, 81 таблицу.

Работа посвящена разработке методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов в организацию производственных процессов; разработке научных, методических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования производственных систем; организации ресурсосберегающих производственных систем, что соответствует паспорту научной специальности 05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки).

Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертационной работы. Структура и оформление диссертации и автореферата выполнены



согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «СИБИД. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

## **ЗАМЕЧАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

Диссертационная работа А.А.Комякова является завершённым, оригинальным, выполненным на высоком уровне научно-практическим исследованием. Вместе с тем, при безусловно положительной оценке диссертации, следует сделать следующие замечания:

1. **Оформление работы.** Работа оформлена на высоком уровне с соблюдением требований ГОСТ. Имеются отдельные опечатки и неточности. Например, серии электровозов переменного тока указаны «ВЛ-80С ВЛ-80ТК, ВЛ-80СК» (стр.71) вместо «ВЛ80С ВЛ80ТК, ВЛ80СК», на стр. 160 – нет точки в конце абзаца, слишком часто встречается в тексте «Омский государственный университет путей сообщения» вместо «ОмГУПС» (хотя другие сокращения используются), повторная ссылка на рисунок обозначена как «(рисунок 4.3)» вместо «(см. рисунок 4.3)» (стр. 177), «млрд.» вместо «млрд » (стр.288), ссылки на рисунки 5.15 и 5.16 приведены на стр. 244, а сами рисунки только на стр. 246, департамент технической политики встречается с заглавной и маленькой буквы, и др. Сделанные замечания не снижают хорошую воспринимаемость текста.
2. **Тонно-километровая работа.** В диссертации в качестве показателя выполненной работы используется тонно-километровая работа (10 тыс. т-км брутто и нетто). Однако это показатель обладает важным недостатком, т.к. не учитывает профиль пути, который на различных полигонах ОАО «РЖД» существенно отличается. Поэтому применение этого показателя работы допустимо только в пределах одного полигона и для одного типа поездов. В диссертациях А.А.Аболмова, И.И.Лакина, И.В.Пустового показано, что даже желательнее использовать его для одной серии локомотивов одного полигона, т.к. в противном случае данные получаются би- и даже полимодальными, что снижает их достоверность. Эту особенность используемого показателя необходимо было учесть.
3. **ТЧР.** В диссертации неоднократно упоминаются ремонтные локомотивные депо (ТЧР). Однако с июля 2014 года техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) переданы сервисным компаниям ТМХ-Сервис (теперь ЛокоТех-сервис) и СТМ-Сервис. Ремонт осуществляется в сервисных локомотивных депо (СЛД), а за ТЧР оставлен только ТОиР приборов безопасности.



4. **Глава 1: динамика расхода ТЭР.** При анализе данных о расходе ТЭР не учтено выделение из ОАО «РЖД» дочерних компаний и частного бизнеса, в т.ч. контейнерных и вагонных компаний, сервисных ремонтных компаний и др. В тексте есть только ссылка на наличие этого фактора. Поэтому констатация роста доли расхода ТЭР на тягу поездов с 70,5 % до 84,5 % носит условный характер.
5. **Глава 1: расход ТЭР в рублях.** Динамика потребления ТЭР часто приводится автором в рублях, что затрудняет анализ, т.к. в стране имеет место инфляция, девальвация и просто изменение политики цен на топливо и электроэнергию. Гораздо наглядней представление информации в тоннах и кВт·ч на единицу выполненной работы.
6. **Глава 1: интерпретация данных.** На рисунке 1.12 (стр.47) диссертации показано, что расхождение между нормой и фактом расхода электроэнергии и дизельного топлива на тягу поездов в 77,8 % и 79,4 % случаев не превысило 2 %, из чего сделан вывод о проработанности ресурсосберегающих технологий. Вывод представляется не верным, т.к. при существующем разбросе внешних факторов добиться такой точности практически невозможно. Например, при нормировании расхода ТЭР не учитываются ограничения скоростей при проведении путевых работ, пропуск поездов по боковым путям, отказы технических средств и многое другое. Скорее высокая сходимость данных свидетельствует о наличии субъективного фактора. Доказательством могут служить другие приведённые автором данные – потребление ТЭР на нетяговые нужды, где разброс существенно выше (рис.1.15 на стр.63).
7. **Глава 2: корреляционный анализ.** В табл.2.2 (стр. 73) приведены результаты корреляционного факторного анализа по локомотивному депо Барабинск. Данные представляются некорректными, т.к. в указанном депо эксплуатируются пассажирские локомотивы, работающие строго по расписанию. В результате такие показатели как техническая и участковая скорости постоянны и имеет место только флуктуация вокруг определённого значения. В этом случае корреляционный анализ не эффективен. Предлагаемый автором подход корректен для грузовых локомотивов (например, для электровозов серии 2ЭС6: локомотивное депо Московка) или при сравнении эксплуатации пассажирских электровозов серии ЭП2К на похожих полигонах Октябрьской и Западно-Сибирской железных дорог. Также не имеет смысла анализ показателя «нагрузка на ось», который у пассажирских поездов всегда условно принимается равным 15 тс.



8. **Глава 2: корреляционный анализ систем автоведения.** К сожалению, в ОАО «РЖД» фиксируется только факт включения (исправности) систем автоведения (УСАВП). При этом система может работать как в режиме консалтинга (по сути – не работать), так и в реальном режиме автоведения. В частности, в рассмотренном локомотивном депо Карасук такая проблема есть. Поэтому полученные данные по УСАВП обладают низкой достоверностью.
9. **Главы 3 – 4: интернет вещей.** В предлагаемом автором методе учёта электроэнергии, в т.ч. с использованием современных подходов информационных технологий, не приняты во внимание современные методические подходы Киберфизических производственных систем (Cyber Physical Production Systems - CPPS), лежащих в основе проектов «Цифровая железная дорога», «Цифровое локомотивное депо» и др. На локомотивах устанавливается система СИМ, передающая каждые несколько минут информацию о расходе электроэнергии. На тепловозах устанавливаются системы РПДА, БОРТ и др., позволяющие в динамике учитывать расход электроэнергии и топлива. В сервисном локомотивном депо Братск и на Новочеркасском локомотивостроительном заводе реализован мониторинг работы станков и технологического оборудования по принципу «Интернет вещей». На промышленных предприятиях внедряется автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ), также позволяющая в динамике дистанционно производить мониторинг расхода ТЭР. Использование информации перечисленных систем позволяет существенно уменьшить энтропию знаний о причинах расхода и перерасхода ТЭР, повысить эффективность использования нейронных сетей для прогнозирования расхода ТЭР. В частности, такой подход предложен в докторской диссертации В.В.Грачёва (ПГУПС, 2020 г.) применительно к учёту расхода топлива на тепловозах серии 2ТЭ116У с микропроцессорными системами управления МСУ-ТП.
10. **Глава 5: рекуперативное торможение на переменном токе.** В диссертации одним из источников энергосбережения называется рекуперация, что неоспоримо для электровозов постоянного тока. Однако на переменном токе применение рекуперативного торможения приводит к существенному искажению формы напряжения контактной сети, существенному падению коэффициента мощности, поэтому главный эффект на переменном токе от рекуперации – значительное повышение участковой скорости грузовых поездов на затяжных спусках: с 50 км/ч до 85 км/ч. Как следствие – рост пропускной способности полигона.



11. **Глава 5: критерий Пирсона.** Автором при проверке соответствия изучаемых процессов законам распределения случайной величины предлагается использовать критерий согласия Пирсона с доверительной вероятностью 0,99. Опыт оппонента обработки данных об эксплуатации локомотивов показывает неэффективность использования этого метода из-за зашумленности данных, что подтверждается результатами самого автора диссертации (табл. 5.1 на стр.233). Гораздо эффективней использование критерия Колмогорова-Смирнова (в диссертации на стр. 236 упоминается как критерий Колмогорова), как более устойчивого к зашумленности исходных данных.
12. **Глава 6: прогноз потребления ТЭР.** В главе приведён прогноз расхода ТЭР на тягу поездов. При этом не учтён предполагаемый в ОАО «РЖД» перевод тягового подвижного состава с электропривода постоянного тока на асинхронный электропривод. При участковой скоростях грузовых поездов менее 70 км/ч расход электроэнергии может увеличиться из-за повышенных потерь при двойном преобразовании (выпрямление и инвертирование).
13. **Глава 6: прогноз изменения удельного расхода дизельного топлива.** На рис.6.7 (стр.270) приведен прогноз уменьшения расхода топлива тепловозами. Однако существует технический предел, ниже которого не может опуститься расход: это 205 гр. на кВт·ч. В диссертации этот предел не показан.
14. **Глава 7: Интернет вещей.** В главе рассмотрен анализ расхода ресурса электрооборудования цехов. При этом не упоминаются Интернет вещей и CPPS как перспективные системы управления производством (см. замечание выше).
15. **Глава 7: технико-экономическое обоснование.** В главе выполнен расчёт технико-экономической эффективности предлагаемых технических решений с учётом дисконтирования по аннуитетному методу. Следовало указать принятое в настоящее время название этого метода - NPV (Net Present Value).
16. **Заключение.** Автором в Заключении и по тексту диссертации используются термины «методологические принципы», «методологические решения» и др. Методология – это наука о методах, которая в диссертации не рассматривается. Правильней говорить о разработке новых научных методов и практических методик, а не о методологии.
17. **Список литературы.** Принято располагать литературные источники по алфавиту (этого нет в диссертации) или по мере ссылок в тексте. Однако первая ссылка на литературу идёт на источник 53, потом на 72, потом на 55. В главе 1



при литературном обзоре и использовании заимствованных материалов мало ссылок на первоисточники: первая ссылка встречается только на 30-й странице.

Отмеченные замечания не влияют на общую безусловно положительную оценку представленной к защите диссертационной работы и больше направлены на помощь автору в его последующей научно-практической деятельности.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация А.А.Комякова соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842.

Оппонируемая диссертационная работа обладает научной новизной и практической ценностью. По актуальности темы, объёму и содержанию теоретических и экспериментальных исследований работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. По мнению оппонента, автор диссертации, Комяков Александр Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки).

Официальный оппонент, гражданин Российской Федерации,  
доктор технических наук по специальности  
05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация,  
профессор по кафедре «Электрическая тяга»,  
старший советник по науке ОАО «Научно-исследовательский институт  
технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (НИИТКД)

ЛАКИН Игорь Капитонович  
105062 г. Москва ул. Покровка, д.33

Подпись Лакина Игоря Капитоновича заверяю: