



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ» (ОмГУПС (ОМИИТ))

КАЧЕСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

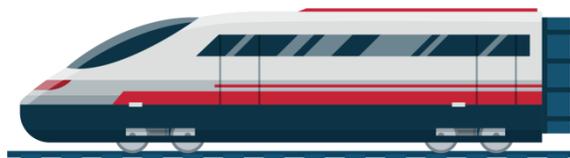
Шантаренко Сергей Георгиевич -
проректор по научной работе,
заведующий кафедрой «Технологии транспортного
машиностроения и ремонта подвижного состава»



Методика оценки качества ремонта и эффективности использования локомотивов на основе прогнозирования дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах, лимитирующих их работоспособность, после ремонта

- ▶ Качественный ремонт локомотивов является важнейшим фактором надежности и безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте и во многом определяет эффективность использования локомотивного парка. Основная задача заводов изготовителей и сервисных локомотивных депо – обеспечение требуемых показателей технической готовности локомотивов холдинга ОАО «РЖД» при экономически оправданном уровне финансовых затрат.
- ▶ Качество ремонта характеризуется техническими, технологическими, и экономическими показателями, в том числе эффективностью использования отремонтированного локомотива, важнейшим показателем которой является энергоэффективность (использование мощности локомотива).
- ▶ Проводить оценку использования мощности локомотива возможно по коэффициенту полезного действия (КПД). Для уменьшения расхода электроэнергии и топлива необходимо, чтобы локомотив работал в зоне высоких значений КПД.
- ▶ Коэффициент полезного действия электровоза при работе тяговых двигателей на полной мощности при скорости, соответствующей продолжительному режиму работы, и при номинальном напряжении на токоприемнике должен быть не менее:

0,875
на постоянном токе



0,860
на переменном токе



Методика оценки качества ремонта и эффективности использования локомотивов на основе прогнозирования дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах, лимитирующих их работоспособность, после ремонта

Снижение КПД происходит из-за роста потерь мощности при ее преобразовании на локомотиве, которые во многом определяются техническим состоянием его деталей, узлов и агрегатов. Резервы снижения потерь мощности - за счет проведения качественного ремонта узлов и агрегатов, улучшающего их технические характеристики.

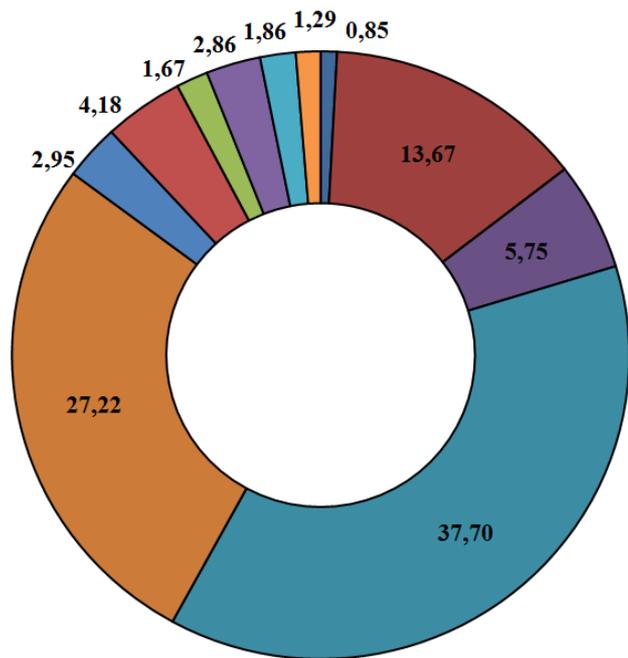
Выбран и обоснован показатель энергоэффективности, который определяется на основе технических параметров узлов и агрегатов, получаемых во время ремонта и фиксируемых в отчетной документации и паспорте электровоза. При этом учитываются только те технические характеристики и технологические параметры узлов и агрегатов, которые определяются во время его ремонта или диагностирования после ремонта.

После выполненного ремонта в сборочных единицах, узлах и агрегатах электровоза могут появиться дополнительные потери мощности, обусловленные отклонением их технических параметров и характеристик от заводских значений, установленных в конструкторской документации, что снижает КПД электровоза. Дополнительные потери мощности зависят от установленных в ремонтной документации допусков на технические параметры и характеристики агрегатов и узлов: чем больше допуски, тем более значительными могут быть дополнительные потери мощности.

Показатель энергоэффективности, это отношение экспериментально-расчетного КПД, полученного с учетом прогнозируемых дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах электровоза, определяемых на основе их технических параметров в результате выполненного ремонта, к контрольно-расчетному КПД, принятому по паспортным данным электровоза данной серии.



Методика оценки качества ремонта и эффективности использования локомотивов на основе прогнозирования дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах, лимитирующих их работоспособность, после ремонта



- Буксовый узел
- Моторно-осевой подшипник
- Моторно-якорный подшипник
- Тяговая зубчатая передача
- Колесная пара
- Колесно-моторный блок
- Тяговой трансформатор
- Выпрямительно-инверторный преобразователь
- Сглаживающий реактор

▶ В современных электровозах на так называемые собственные нужды (питание вспомогательного оборудования, преобразователей и т.п.) расходуется на постоянном токе 15-20 %, а на переменном токе 25-30 % от общего количества используемой электрической энергии. Основная часть (70-85 %) электрической энергии, потребляемой электровозом, приходится на тяговые электродвигатели и преобразуется в колесно-моторных блоках в механическую энергию вращения колесных пар и тяговое усилие для передвижения состава поезда.

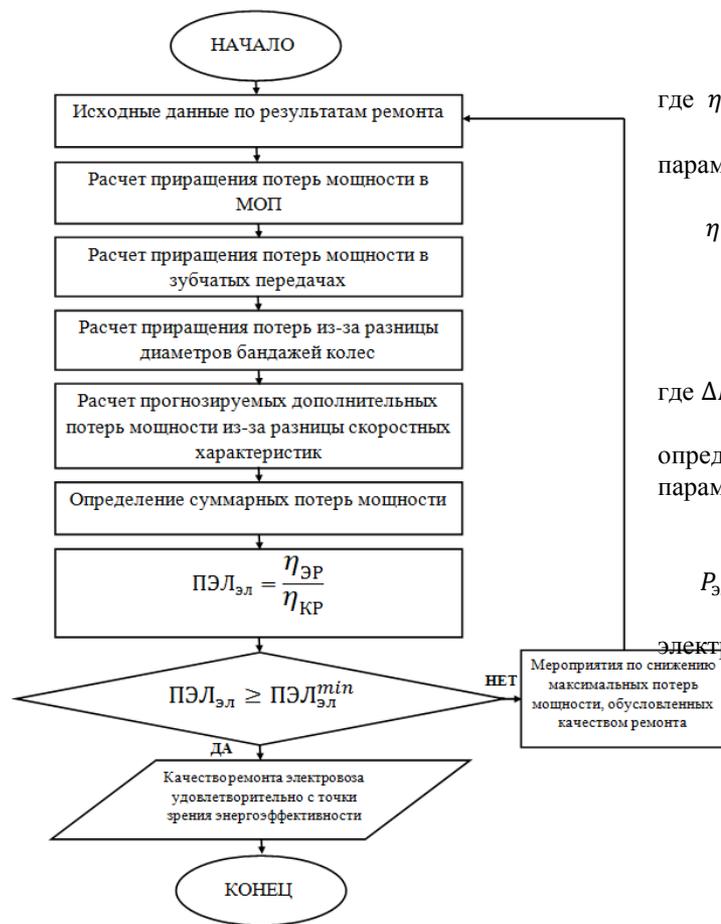
Наименование узла	Контролируемый технологический параметр	Допустимые значения параметра	Потери мощности	
			в натуральном выражении, кВт	в % от мощности электровоза
Моторно-осевой подшипник	Радиальный зазор в подшипнике, мм	0,3 – 0,5	0 – 46,4	0 – 0,75
Тяговая зубчатая передача	Общий боковой зазор в зубчатой передаче, мм	0,44 – 4,5	0 – 19,52	0 – 0,32
Колесная пара	Диаметр бандажа, мм	1255 – 1160	0 – 128	0 – 2,08
Колесно-моторный блок	Скоростная характеристика ТЭД	0 – 3 %	0 – 92,4	0 – 1,5
ВСЕГО				0 – 4,65



Расчет показателя энергоэффективности локомотива для оценки качества ремонта электровоза

В ОмГУПСе разработана «Методика расчета показателя энергоэффективности локомотива для оценки качества ремонта электровозов (ПЭЛ_{эл})», которая была утверждена старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А. Гапановичем распоряжением от 23 декабря 2016 г. № 2652р для расчета указанного показателя оценки качества ремонта и энергоэффективности электровоза и ввода этих данных в «Энергетический паспорт локомотива».

Расчет показателя энергоэффективности выполняется для электровоза, прошедшего текущий ремонт ТР-3 или аналогичного объема и готового для предъявления приемщику.



Показатель энергоэффективности локомотива

$$ПЭЛ_{эл} = \frac{\eta_{эр}}{\eta_{кр}}$$

где $\eta_{эр}$ – экспериментально-расчетный КПД (определенный на основании после-ремонтных параметров узлов и агрегатов, взятых из ремонтной документации);
 $\eta_{кр}$ – контрольно-расчетный КПД (принятый по паспортным данным электровозов данной серии).

$$\eta_{эр} = \eta_{кр} - \frac{\sum_i \Delta P_i}{P_{эл}}$$

где ΔP_i – прогнозируемые дополнительные потери мощности в i -ом узле электровоза, определяемые на основании технических параметров и характеристик этого узла после выполненного ремонта, внесенных в ремонтную документацию;
 $P_{эл}$ – мощность продолжительного режима на валах тяговых электродвигателей электровоза рассматриваемой серии.

$$\Delta P_{max} = \sum_i \Delta P_i^{max}$$

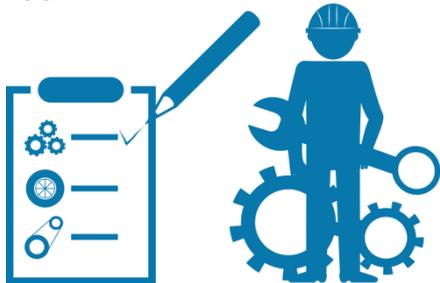
$$ПЭЛ_{эл}^{min} = \frac{\eta_{эр}^{min}}{\eta_{кр}}$$

$$\eta_{эр}^{min} = \eta_{кр} - \frac{\Delta P_{max}}{P_{эл}}$$



Применение показателя энергоэффективности локомотива

По результатам опытной эксплуатации энергетического паспорта локомотива в сервисных локомотивных депо (Московка, Барабинск и Вихоревка на основании полученных данных расчета $ПЭЛ_{эл}$ для электровозов 2ЭС6, 2ЭС5К, ЭП2К) был сделан вывод о том, методика определения $ПЭЛ_{эл}$ работоспособна и позволяет оценивать качество ремонта с точки зрения энергоэффективности.



Для эффективного управления и обеспечения качества технического обслуживания и ремонта необходимо определять оптимальный график контроля энергоэффективности, по минимуму общих затрат в единицу времени, связанных с проведением диагностирования, ремонта и работой оборудования, технические характеристики которого находятся в зоне предельных значений допустимого диапазона.

Примеры расчета $ПЭЛ_{эл}$ при опытной эксплуатации энергопаспорта

Электровоз	Дата	$ПЭЛ_{эл}$	$ПЭЛ_{min}$
2ЭС5К №110-1	26.12.2016	0,997	0,993
2ЭС5К №110-2	27.12.2016	0,996	0,993
2ЭС6 №235-1	26.12.2016	0,999	0,994
2ЭС6 №315-1	12.12.2016	0,997	0,976
ЭП2К №029	18.01.2017	0,997	0,986
ЭП2К №148	20.12.2016	0,997	0,986

$$\frac{C_j}{C_i} = \int_0^{t_i} R(t) dt,$$

где C_j – общие потери от использования ;

C_i – общие затраты в единицу времени, связанные с простоем при перекатке КМБ;

$R(t)$ – функция надежности (долговечности),
или вероятность того что отказ случится не раньше, чем через время t .



Управление техническим состоянием и эффективностью использования электровозов на основе контроля и прогнозирования дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах

. Предложенный подход может быть использован для оценки качества ремонта лимитирующей работоспособности электровоза узлов механического оборудования, а также для прогнозирования их остаточного ресурса, на основании данных об изменениях показателя энергоэффективности.

Применение показателя энергоэффективности локомотива $ПЭЛ_{эл}$ в качестве показателя эффективности использования электровозов позволит влиять на их техническое состояние за счет управления качеством ремонта и использованием мощности посредством снижения дополнительных потерь, связанных с неоптимальными значениями технических характеристик лимитирующих узлов и агрегатов после ремонта.

При накоплении и систематизации данных о динамике изменения показателя энергоэффективности, появляется возможность проводить сравнительную оценку $ПЭЛ_{эл}$ с фактическими данными энергоэффективности локомотивов в эксплуатации для определения причин перерасхода электроэнергии и принятия мер по их устранению



Технологическая подготовка производства

ТПП – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску локомотивов из ремонта с установленными ТЭП в соответствии с ЕСТПП. Задачи: проектирование и применение ТП; проектирование и применение средств технологического оснащения; метрологическое обеспечение; инструментальная подготовка; обеспечение средствами транспортировки и складирования сырья, материалов и готовой продукции; разработка методов технического контроля; применение технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ.

В технологических процессах особо обратить внимание на последовательность операций, строгое соблюдение маршрутной технологии, исключения вариативности выполнения технологических операций, пооперационный контроль.

При подготовке сервисных локомотивных депо для выполнения технического обслуживания и ремонта локомотивов новых серий возникает ряд сложностей:

- ▶ Руководства по ремонту локомотивов требуют подкрепления необходимой технологической документацией (технологические инструкции, типовые технологические процессы).
- ▶ При разработке технологической документации необходимо обеспечивать ее соответствие, прежде всего, с выполняемым технологическим процессом и требованиями ГОСТ.
- ▶ Необходимо пересмотреть регламенты технологического оснащения сервисных локомотивных депо в сторону увеличения ремонтных позиций, применения современного диагностического оборудования.
- ▶ Для качественной подготовки ремонта нужна методика расчета необходимого переходного оборудования, запасных частей и материалов для выполнения технического обслуживания и ремонта локомотивов новых серий на основе научно-обоснованных нормативов расхода материалов на технологические процессы ремонта.





Разработка рекомендаций по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии новых серий электровозов

Целью работы является обоснование применения рекомендаций по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии новых серий электровозов постоянного и переменного тока для обеспечения возможности определения энергетической эффективности электроподвижного состава в границах зон учета железной дороги за произвольное время вплоть до межподстанционной зоны.

В работе решаются следующие задачи:

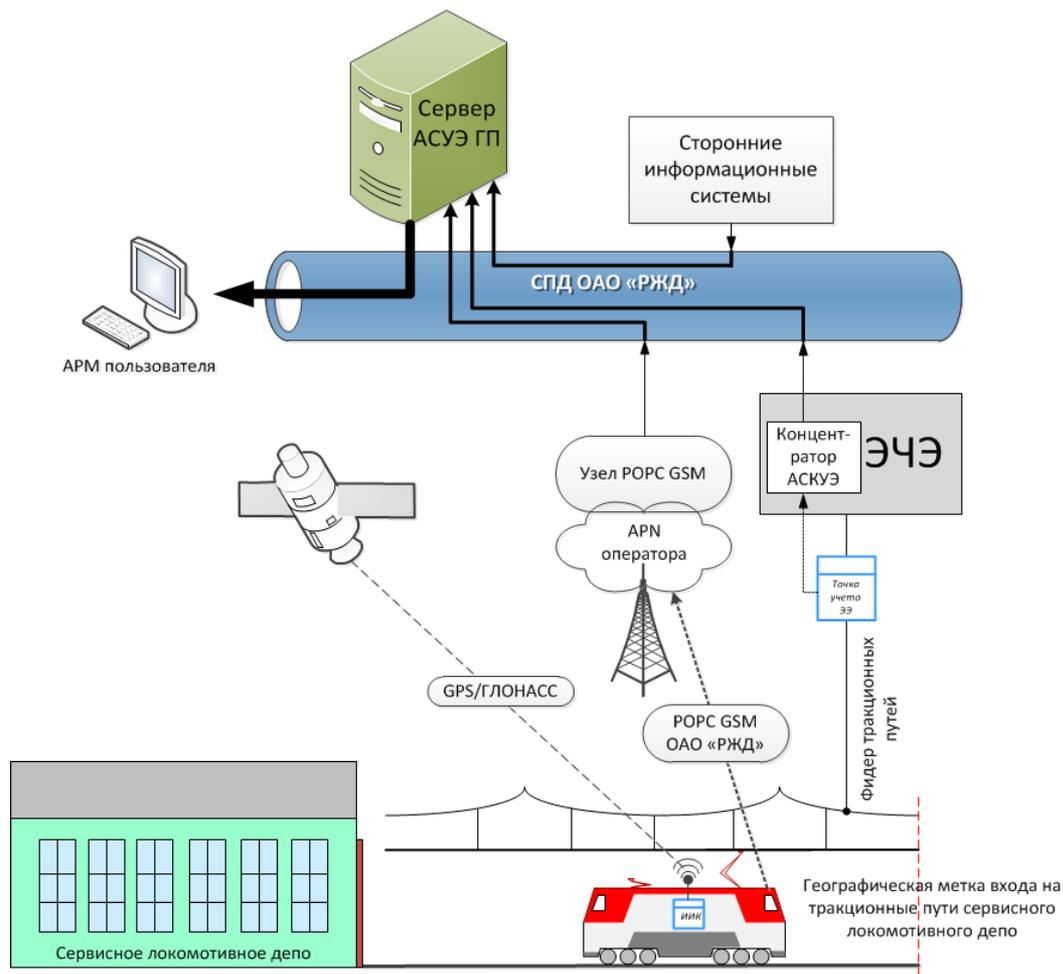
- 1) выполняется анализ технических характеристик автоматизированных систем учета электроэнергии электровозов постоянного и переменного тока новых серий;
- 2) выполняется анализ экспортируемых данных с картриджей существующих автоматизированных измерительных систем учета электрической энергии электровозов постоянного и переменного тока новых серий;
- 3) разрабатываются рекомендации по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии электровозов постоянного и переменного тока новых серий.





Концепция автоматизированной системы учета расхода электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя на тракционных путях сервисного локомотивного депо

Целью работы является совершенствование системы учета и отчетности о потреблении электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя на тракционных путях сервисных локомотивных депо при внедрении бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии на электроподвижном составе (далее ИИК ЭПС), оснащенных устройствами спутниковой навигации.



Концептуальная схема работы автоматизированной системы учета электроэнергии в горячем простое на тракционных путях сервисного локомотивного депо



Концепция автоматизированной системы учета расхода электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя на тракционных путях сервисного локомотивного депо

В работе решаются следующие задачи:

- ▶ **Выполняется** анализ существующих бортовых комплексов регистрации параметров электровозов и иных информационных систем ОАО «РЖД» на предмет возможности использования их данных для реализации разрабатываемой технологии;
- ▶ **Разрабатывается** порядок обработки данных, полученных с бортовых комплексов электровоза и внешних информационных систем;
- ▶ **Определяются** возможные методы автоматизированной идентификации нахождения электровозов на тракционных путях сервисного локомотивного депо и автоматизированной фиксации моментов приемки-передачи электровозов в ремонт и в эксплуатацию с использованием данных ИИК ЭПС и других бортовых комплексов;
- ▶ **Разрабатывается** порядок определения расхода электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя с учетом потерь электроэнергии в системе тягового электроснабжения;
- ▶ **Разрабатываются** формы электронных отчетов о расходе электроэнергии электровозами в горячем простое на тракционных путях с детализацией по отдельному электровозу, сводных отчетов по сериям, по депо приписки, по дороге, с выделением времени нахождения в ожидании ремонта и работы.

Повышение энергетической эффективности предприятий по сервисному обслуживанию локомотивов на базе концепции «Умное предприятие»

Целью работы является снижение потребления ТЭР предприятиями по сервисному обслуживанию локомотивов при сохранении существующего полезного эффекта от использования ТЭР в технологических процессах производства и ремонта локомотивов.

Этапы реализации концепции «Умное предприятие»:

- ▶ Сбор исходных данных о расходе ТЭР и объеме работы за счет имеющихся или дополнительно внедряемых счетчиков и сервера сбора данных;
- ▶ Анализ данных и расчет показателей удельного расхода ТЭР по производственным участкам;
- ▶ Выявление и анализ наименее эффективных участков;
- ▶ Выбор и реализация управляющих воздействий по повышению энергоэффективности с помощью автоматической системы.

