



# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕТ РАСХОДА ТОПЛИВА

## Обзор систем на основе бортового оборудования и программного обеспечения для тепловозов предприятий промышленного железнодорожного транспорта

**А.В. ЗАХВАТОВ,**

ведущий инженер топливно-энергетического отдела  
Дирекции тяги ОАО «РЖД»

Предприятия промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ) при учете расхода топлива часто сталкиваются с проблемами, связанными с недостатками применяемых методов измерения. Определяя, например, количество топлива в баке с использованием топливомерной рейки, невозможно дать оценку плотности топлива и его расхода в зависимости от вида выполняемой локомотивом работы.

Как показывает практика, основное время работы дизеля маневрового тепловоза составляет режим холостого хода, доля которого может достигать 75 %. При этом время его работы под нагрузкой составляет 25... 36 %. Без четкого понимания того, сколько топлива тратится при выполнении тепловозом какого-либо вида работы, установить в абсолютном значении нормативный расход проблематично. Поэтому расчет нормы расхода топлива имеет погрешность от 10 до 30 %.

Если точно определить расход топлива невозможно, то нормативы искусственно завышают, что затрудняет оценку эффективности работы машиниста и локомотива, открывает возможности для использования топлива не по назначению. В свою очередь, это приводит к отсутствию заинтересованности машинистов в энергоэффективной эксплуатации тепловоза.

Далеко не все системы учета топлива отвечают требованиям, согласно которым они могут использоваться на железнодорожном транспорте. Часто локомотивы оборудуют системами, предназначенными для автомобильного транспорта. Используемые при этом датчики не учитывают размеры и сложную конфигурацию топливного бака локомотива. Кроме того, они не могут измерять плотность и температуру топлива. Если замеры в топливном баке автомобиля имеют относительно небольшую погрешность, то для тепловоза она может достигать 250 л.

Ведение учета расхода топлива вручную и на бумажных носителях увеличивает риск возникновения ошибок и неточностей. Один из участников популярного форума работников железнодорожного транспорта справедливо отмечает: «Сколько машинистов — столько вариантов результата замера топлива в маршрутном листе». Таким образом, влияние человеческого фактора не дает гарантии того, что информация, используемая для учета топлива, достоверна и актуальна.

Чтобы исключить отмеченные недостатки, эксплуатационные депо ОАО «РЖД» и предприятия промышленности, владеющие парком тепловозов, внедряют автоматизированные системы учета топлива. На сегодняшний день на рынке представлен большой ассортимент программных комплексов: АРМ БОРТ + «Kontrol» (ОАО «НИИТКД», г. Омск); АРМ РПДА-Т (ООО «АВП Технология», г. Москва); «ЭМ-Топливо» (ОАО «Электромеханика», г. Пенза); «АвтоГРАФ» (ООО «ТехноКом», г. Челябинск); «Omnicom Online» (ООО «Омникомм Технологии», г. Москва); «Fort Monitor-3» (ООО «Форт-Телеком», г. Пермь); СКПРТ «Дельта-СУ/GPS» (НПП «Днепроптехтранс», Украина) и др. Сравнительные характеристики этих комплексов представлены в табл. 1.

Системы АПК БОРТ, РПДА-Т (ТМ) были специально разработаны для применения на локомотивах ОАО «РЖД». Соответствие требованиям основного заказчика данных систем обуславливает высокое качество оборудования и точность измерений. Основным недостатком таких систем для предприятий промышленности является их функциональная стандартизованность и отсутствие модульности. Эти решения по учету топлива — «коробочные», т.е. оборудование поставляется на условиях «как есть» — со стандартными для всех

покупателей функциями. Данные системы состоят из нескольких неразрывно связанных подсистем, не все из которых применяются на локомотивах предприятий промышленности.

В составе автоматизированного рабочего места АРМ БОРТ используется Web-приложение (сайт), предназначенное для контроля работы тепловозного парка по данным, полученным от АПК БОРТ. Сайт рассчитан на непрерывную круглосуточную работу в сети, поддерживающей протокол HTTP, функционирует на компьютере АРМ БОРТ в распределенной системе, по сети Интернет. Данные АПК БОРТ, получаемые по сети Интернет, по мере поступления обрабатываются, заносятся в базу данных и становятся доступными для пользователя через сайт по локальной сети или сети Интернет в виде Web-интерфейса.

Сайт позволяет контролировать режим работы силовой установки тепловоза и расход топлива, автоматически оценивать интегральные параметры тепловоза за выбранный интервал времени. При этом определяются удельные расходы топлива по отношению к пройденному пути и проделанной работе. Кроме того, сайт позволяет осуществлять допусковый контроль параметров локомотива (давления масла и топлива, наличие воды в баке и др.). При выходе параметра за установленный порог формируются предупредительные цветовые отметки в отчетах с расшифровкой несоответствия норме.

Главное меню сайта содержит пункты, в которых представляются отчеты по машинистам и локомотивам, удельным расходам, послеремонтному пробегу, текущему техническому состоянию парка тепловозов и др. В таблице «Диагностика состояния локомотива» выводятся рекомендации по результатам анализа технического состояния локомотива. Для экспорта результата в таблицу Excel необходим установленный на компьютере пользователя пакет Microsoft Office.

Пользователь может также выбрать пункты «Отчет о выполненной работе», «Отчет удельных расходов», «Отчет по расходу и экипировке». При выборе пункта главного меню «Справочник» на экран выводится окно выбора справочников и списков, которые можно посмотреть, выбирая пункты меню. Пользователи, у которых есть на это разрешение, могут редактировать списки машинистов и локомотивов.

При выборе пункта главного меню «Дислокация локомотива» на экран выводится окно со списком локомотивов, приписанных к депо, с отображением текущего состояния локомотива. Если нажать ссылку на заводском номере, то на экран выводится окно, позволяющее редактировать существующее или добавлять новое событие, под которым понимается изменение режима работы локомотива, влияющее на учет работы и расхода топлива тепловозом.

Предусмотрены пункты главного меню «Нормирование» (на экран выводится окно с пунктами меню, относящимися к нормированию), «Участки работ» (выводится окно со списком участков маневровой работы, который можно редактировать, удаляя ненужные и вводя новые участки работы). Можно выбрать также пункты «Нормы» (всплывает окно выбора даты, в котором после нажатия кнопки «Задание норм» открывается окно задания норм), «Отчеты» (выводится перечень справок по нормированию маневровой работы тепловозов, оборудованных АПК БОРТ). В перечень отчетов по нормированию маневровой работы входят: «Справка о содержании маршрута машиниста», «Справка о расходе ТЭР на локомотивах», «Справка о нормах», «Текущее состояние», «Смена пароля».

Регистратор РПДА-Т(ТМ) предназначен для автоматизированного сбора, регистрации и обработки информации о движении и работе локомотива (с системой передачи данных на сервер ОАО «РЖД») с целью мониторинга, учета работы и расхода топлива, диагностики технического состояния маневровых тепловозов серий ЧМЭЗ, ТЭМ2,



ТЭМ7А, ТЭМ9Н, ТЭМ9ТА, ТЭМ14, ТЭМ18ДМ и ТЭМ28, а также магистральных 2ТЭ10, ТЭП70, М62, 2ТЭ116, 2ТЭ25КМ и 3ТЭ25К2М.

Регистраторы параметров движения позволяют пакетно передавать данные по радиоканалу, определять географические координаты местоположения тепловоза. Предусмотрена встроенная диагностика работы его основных узлов, а также составляющих блоков и датчиков системы РПДА-Т. При нештатной ситуации на блоке регистрации визуально отображаются сообщения о критичном состоянии. Диагностические данные передаются на сервер ОАО «РЖД». Основные объекты диагностирования: дизель-генераторная установка, система охлаждения, масляная и топливная системы, электрические схемы и агрегаты, тормозная система, система РПДА.

новка, система охлаждения, масляная и топливная системы, электрические схемы и агрегаты, тормозная система, система РПДА.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) РПДА позволяет осуществлять допусковый контроль параметров локомотива (давление масла, давление топлива и др.). При выходе параметра за заданный порог формируются предупредительные цветовые отметки в отчетах. При этом дается расшифровка несоответствия норме, выдаются рекомендации (например, проверить сам датчик, целостность проводов, наличие контакта, заменить подозрительный узел на исправный, выполнить настройку и др.).

Таблица 1

Сравнительная характеристика программного обеспечения систем учета топлива для тепловозов

Характеристики	Программный комплекс							
	«ЭМ-Топливо»	АРМ БОРТ + «Kontrol»	АРМ РПДА-Т	АСК-ВИС 2ВК	«АвтоГРАФ»	«Omnicom Online»	«Fort Monitor-3»	СКПРТ «Дельта-СУ/GPS»
	Производитель							
	ОАО «Электромеханика», г. Пенза	ОАО «НИИТКД», г. Омск	ЗАО «ОЦВ» и ВНИИЖТ, г. Москва	ООО «Техно-ВИС», г. Санкт-Петербург	ООО «ТехноКом», г. Челябинск	ООО «Омниконм Технологии», г. Москва	ООО «Форт-Телеком», г. Пермь	НПП «Днепро-техтранс», Украина
Защита от несанкционированного доступа (разграничение прав доступа)	+	+	—	+	+	+	+	+
Версии	Net, Web	Web, Net	Net	Net	Web, Net, Mobile	Web, Net, Mobile	Web, Mobile	Web, Net
Мониторинг в реальном времени	+	+	+	+	+	+	+	+
Каналы передачи данных	GPRS, GSM, USB	GPRS, GSM, Wi-Fi	USB	SMS, GPRS, GSM	SMS, GPRS, GSM, Wi-Fi	GPRS, GSM, Wi-Fi	SMS, GPRS, GSM	SMS, GPRS, GSM
Связь с машинистом	—	—	—	—	+	—	+	+
Построение маршрутов	—	—	+	+	+	+	+	—
Ввод грузов	+	—	—	—	—	—	+	—
Ввод видов работ	+	+	+	+	—	—	—	+
Формирование состава	+	—	—	—	—	—	—	—
Контроль состояния грузов	+	—	—	—	—	—	+	+
Картография	+	+	+	+	+	+	+	+
Мониторинг местоположения	+	+	—	+	+	+	+	+
Мониторинг пробега	+	+	+	+	+	+	+	+
Контроль состояния оборудования	+	+	+	+	+	+	+	+
Приход/расход топлива	+	+	+	+	+	+	+	+
Учет топлива на начало и конец поездки	+	—	—	—	+	—	+	—
Учет топлива в тяге и холостом ходу	+	+	+	+	—	—	—	+
Учет расхода топлива по видам работ	+	+	+	—	—	—	—	+
Нормирование расхода топлива	+	+	+	+	+	+	+	+
Расчет перерасхода/экономии топлива	+	+	+	+	—	—	—	+
Расход топлива по пройденному пути	+	+	+	+	+	+	+	+
Учет расхода топлива по геозонам (влияние рельефа)	+	—	—	—	+	+	+	—
Контроль нарушений скорости	+	+	+	+	+	+	+	+
Контроль отклонения от маршрута	—	—	—	—	+	+	+	—
Контроль нарушений расхода топлива (сливы)	+	+	+	+	+	+	—	+
Автоматические формы	+	—	—	—	+	+	—	—
Форматы отчетов	xls, вывод на печать. Любые форматы по запросу	xls, вывод на печать	xls, вывод на печать	Текстовый формат отчетов	txt, rtf, doc, ppt, xml, xls, odp, odt, ods, csv, dvb, ole, tiif, png, jpeg, svg, html, pdf, печать	xls, xml, 1С, вывод на печать	pdf, xls, csv, печать	xls, вывод на печать
Конструктор отчетов	+	—	—	—	+	+	+	—

Местоположение тепловоза на карте определяется при установке программного обеспечения ООО «АВП Технология» на сервер заказчика. Отчетная форма представляется в виде таблицы АРМ РПДА-Т «Показатели расхода топлива за смену», в которой красным цветом выделяется расход топлива не по назначению. На графике поездки тепловоза выводится красным цветом сигнал о расходе топлива не по назначению, местоположение тепловоза в момент слива топлива и его количество.

Программные комплексы «АвтоГРАФ», «Omnicom Online», «Fort Monitor-3» разрабатывались изначально для учета топлива на автомобильном транспорте. Такие системы устанавливаются, в основном, на локомотивах предприятий промышленности, которые имеют смешанный транспортный парк с преобладающим числом грузовых автомобилей. Преимущество данных систем состоит в том, что программное обеспечение может быть доработано по требованию заказчика, также может быть изменена комплектность оборудования.

Основной недостаток таких систем — невысокая точность. Она обусловлена использованием емкостных датчиков для измерения топлива. Такие датчики предназначены, в первую очередь,

для автомобильного транспорта. Измерение расхода топлива осуществляется без учета его фактической плотности, в литрах с последующим пересчетом в килограммах по заданной норме плотности топлива, что приводит к увеличению погрешности.

Помимо отмеченного, системы рассчитаны на использование в топливных баках малого объема. Главным образом, достаточно доступная цена делает их привлекательными для ППЖТ. Но, как показывает практика, применение таких систем на тепловозах ведет к повышенной погрешности измерения, а также вызывает значительные затраты на их ремонт.

Программный продукт «ЭМ-Топливо» и соответствующее бортовое оборудование (ОАО «Электромеханика», г. Пенза) были разработаны специально для локомотивов предприятий промышленности, являясь модульной системой, которая может быть выстроена с учетом необходимых заказчику функций. Применение в системе поплавковых магнитно-стрикционных датчиков с плотномером обуславливает высокую точность измерений.

Основное назначение систем учета топлива состоит в автоматизации контроля расхода топлива на локомотивах предприятий



Рис. 1. Взаимодействие бортового оборудования KVARTA и программного обеспечения «ЭМ-Топливо» для автоматического учета топлива

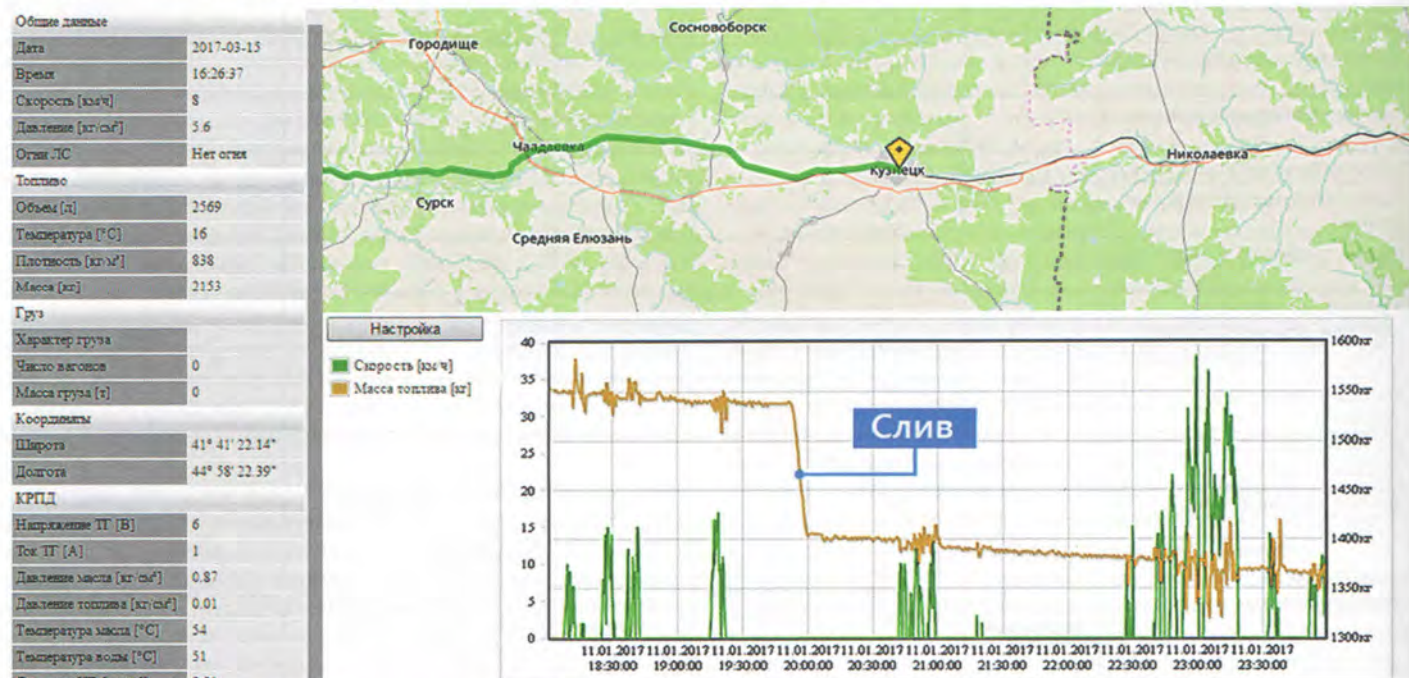


Рис. 2. Возможности ПО «ЭМ-Топливо» для оперативного контроля расхода дизельного топлива



Таблица 2

Маршрутный лист в «ЭМ-Топливо»

Остаток топлива на начало, кг	Выдано + дозоправка, кг	Слив, кг	Остаток топлива на конец, кг	Фактический расход, кг	Нормативный расход, кг	Экономия +/- перерасход, кг	Пробег, км	Простой			Холостой ход			Рабочий режим			Режим транспортирования		
								время, мин	норма, кг	факт, кг	время, мин	норма, кг	факт, кг	время, мин	норма, кг	факт, кг	время, мин	норма, кг	факт, кг
95	380	0	436	39	50	11	9,7	10	0		458	33	40,0	—	—	—	50	6	9,5

промышленности с учетом основных технологических этапов: складской учет топлива, экипировка и эксплуатация локомотива. Внедряемое программное обеспечение должно давать возможность сбора и обработки статистических данных о расходе топлива с целью разработки объективных норм. Желательно, чтобы при этом также учитывались выполняемые локомотивным парком технологические операции.

Одним из решений, которое учитывает особенности эксплуатации тепловозов предприятий промышленного железнодорожного транспорта, являются разработанные ОАО «Электромеханика» бортовое оборудование КВАРТА и программное обеспечение «ЭМ-Топливо». Взаимодействие бортового оборудования и программного обеспечения для автоматического учета топлива выстроено следующим образом (рис. 1).

① Комплекс КВАРТА обеспечивает непрерывное измерение температуры, плотности и количества топлива в баке локомотива. В отличие от уровнемеров (используются в автомобильных системах), которые рассчитывают количество топлива на основе излучаемых и принимаемых сигналов, поплавковые датчики в составе системы КВАРТА измеряют уровень топлива по принципу магнитострикции. Такие измерения не зависят от типа топлива (зимнее, летнее), примесей и формы бака, допуская погрешность всего 0,65 %.

② Комплексы серии КПД-ЗП осуществляют измерение, индикацию и регистрацию скорости, ускорения, пройденного пути, времени, другой скоростемерной информации

③ Основное влияние на расход топлива оказывает работа дизель-генераторной установки. Комплекс КРПД регистрирует и хранит параметры работы ДГУ, совместно с системой КВАРТА позволяет контролировать ее техническое состояние, выявляя ситуации, близкие к неисправности.

④ Модуль навигации и передачи данных (МНГ) позволяет по каналам сотовой связи осуществлять передачу на сервер пользователя в режиме реального времени информацию о координатах, параметрах движения и количестве топлива для обработки в программе «ЭМ-Топливо». При этом не обязательно оснащать локомотив всеми перечисленными комплексами. Модульный принцип построения системы позволяет формировать комплектацию, которая будет удовлетворять целям конкретного ППЖТ.

Программа «ЭМ-Топливо» работает на основе измерений бортового оборудования КВАРТА и КПД, выпускаемых ОАО «Электромеханика». При этом контролируются: текущие остатки топлива на складах и в баках локомотивов; расход топлива в каждой поездке и по каждой технологической операции; перерасход топлива, возникающий из-за применения необъективных норм. Кроме того, фиксируются: несанкционированный слив топлива из бака тепловоза как во время ТО, так и на маршруте; недолив топлива поставщиками; расход топлива по эксплуатируемому локомотивному парку (рис. 2).

Система «ЭМ-Топливо» состоит из двух программных продуктов: программы, которая устанавливается на компьютер для анализа собранных данных и автоматического учета топлива; on-line-сервиса для получения данных о работе локомотива в реальное время. On-line-сервис отображает основные измерения бортовых систем, определяет сливы и простои техники с последующей отправкой SMS и e-mail сообщений

для оперативного реагирования. Местонахождение локомотива отображается на электронной карте, благодаря чему можно быстро и эффективно перераспределить работы при обнаружении простоя.

Компьютерная программа «ЭМ-Топливо» имеет широкую систему автоматических отчетов о расходе топлива по объему и массе (л, кг), по парку в целом и отдельно по машинисту, локомотиву и складу за выбранный период времени. Программа учитывает важные параметры, влияющие на расход топлива:

- ❖ нормативный и фактический расходы;
- ❖ режимы работы тепловоза (холостой ход, тяга, маневровые работы, прогрев и др.) и виды работ (груженный, порожний, подталкивание и др.) с последующим анализом фактического расхода топлива по каждому виду;
- ❖ массу перевезенного груза;
- ❖ рельеф местности (для этого производится разделение поездки по географическим зонам и установление фактического расхода топлива в каждой зоне) и др.

Пример формы отчета маршрутного листа в «ЭМ-Топливо» представлен в табл. 2.

Программа позволяет создавать любые формы отчетов в зависимости от запросов пользователей.

Опыт внедрения системы учета топлива на основе бортового оборудования и программного обеспечения «ЭМ-Топливо» производства ОАО «Электромеханика» показывает хорошие результаты. В частности, экономия дизельного топлива при этом может достигать 2,5 — 5,0 % от общего его потребления тепловозом

Таким образом, основой для снижения затрат на топливные ресурсы локомотивного парка являются оперативный контроль расхода топлива и точное нормирование, поэтому ППЖТ все чаще внедряют автоматизированные системы учета топлива. Выбирать систему учета следует исходя из поставленных задач, структуры транспортного парка, а также применяемого в нем оборудования. Относительно рассмотренной системы «ЭМ-Топливо» можно выделить следующие преимущества использования автоматического учета топлива на ППЖТ:

- ❖ сбор статистики по расходу топлива с учетом технологических операций и видов работ ДГУ локомотива позволяет более точно определить нормы расхода;
- ❖ использование объективных норм расхода топлива и предотвращение его несанкционированного использования сокращают затраты на эксплуатацию локомотивного парка;
- ❖ аналитика проводится как в целом по парку, так и по каждому машинисту, локомотиву и складу за любой период времени. Автоматический сбор данных облегчает работу управленческого персонала, повышая эффективность принятия решений;
- ❖ дополнительный контроль ДГУ позволяет снизить затраты на «горячий простой» и одиночное следование локомотива;
- ❖ повышается трудовая дисциплина локомотивных бригад и кладовщиков. Наличие «ЭМ-Топливо» способствует бережливому отношению к расходу топлива.

Опыт внедрения системы «ЭМ-Топливо» на ППЖТ показывает, что корректировка норм расхода дизельного топлива может обеспечить экономию расходов до 5,0 %.