

СИСТЕМЫ УЧЕТА ТОПЛИВА «КВАРТА» И «КВАРТА-М»

Одним из главных резервов сокращения издержек в компании ОАО «РЖД» является сокращение расходов на топливно-энергетические ресурсы в перевозочном процессе. В тепловозной тяге начата реализация различных технических проектов: применение электронных систем подачи топлива и регулирования частоты вращения дизеля, внедрение систем подогрева дизеля в режиме отстоя, применение двухдизельных силовых установок [1]. Однако, первоочередную важность в решении поставленной задачи имеет создание автоматизированных систем измерения и учета топлива в баках тепловозов.

Обоснование основных требований к системе автоматизированного контроля расхода топлива.

Существующая система измерения расхода дизельного топлива тепловозами имеет большую погрешность, а также дает возможность влияния на процесс измерений субъективного фактора. Расход определяется по совокупным данным пунктов экипировки и топливомерной рейки бака тепловоза. Кроме того, существующая система учета топлива по мерной рейке дает только две крайние точки:

- количество топлива на начало смены;
- количество топлива на конец смены.

Процесс расхода топлива по маршруту остается «за кадром». Авторы настоящей статьи считают, что акценты в решении задач автоматизации учета топлива на тепловозе должны быть расставлены следующим образом.

Первое:

- автоматическое, метрологически достоверное измерение и регистрация количества топлива в баке в начальной и конечной точке маршрута (смены);
- автоматическое, метрологически достоверное измерение и регистрация количества топлива, заправленного при экипировке;
- внесение в отчетный документ (маршрутный лист) количества топлива в баке в начальной и конечной точке маршрута (смены) и

заправленного при экипировке по данным измерительной системы;

- автоматическое, метрологически достоверное измерение и регистрация количества топлива в баке на каждой промежуточной стоянке;
- послерейсовый анализ (сравнение) данных регистрации, маршрутного листа и пункта экипировки.

Второе:

- оценочное автоматическое измерение и регистрация количества топлива в баке в процессе продвижения тепловоза по маршруту;
- послерейсовый анализ оценки расхода топлива по маршруту, времени и скорости с учетом условий поездки: ограничений скорости, запрещающих сигналов, остановок и т.д.

Третье:

- достоверное измерение количества электричества, выработанного дизель-генератором;
- послерейсовый анализ оценки расхода топлива по выработанной энергии с учетом числа оборотов вала и позиций контроллера.

При этом для вполне надежной системы учета топлива достаточно решения первых двух задач. Третья задача решает в основном проблему диагностики дизель-генератора и оценку взаимодействия пары «машинист дизель-генератор».

При построении единой информационно-измерительной системы для снижения стоимости и согласования с другими установленными на локомотивах электронными приборами, измеритель количества топлива должен быть выполнен в модульном варианте. Это позволит наращивать функции системы по мере отработки методологии анализа получаемой информации о параметрах работы локомотива и расхода дизельного топлива с последующей выдачей рекомендаций по улучшению теплотехнического состояния тепловоза, оптимизации его загрузки, проведения профилактических работ и ремонтов [2].

Исходя из этих основных требований, ОАО "Электромеханика" разработало измерители количества топлива КВАРТА и КВАРТА-М для тепловозов. Для связи с другими системами локомотива используется интерфейс CAN 2.0, который в настоящее время широко используется в ОАО «РЖД». Благодаря этому индикация и регистрация данных о количестве

топлива теоретически может осуществляться любым из уже установленных на тепловозе приборов, имеющих выход в CAN, либо специальным регистратором, если таковых на данном локомотиве не имеется.

В частности, в качестве такого регистратора предлагается использовать электронный скоростемер КПД-3П. В этом случае информация о расходе топлива записывается в штатный модуль памяти скоростемера параллельно со скоростемерной информацией. При раскодировании модуля информация с рабочего места расшифровщика поступает в компьютерную сеть депо. Далее на автоматизированном рабочем месте, определенном распорядительным документом данного депо, данные анализируются на предмет наличия несанкционированных потерь топлива, а так же считывается количество топлива, заправленного при экипировке. При наложении расхода топлива на карту маршрута информация о скорости, пройденном пути, сигналах локомотивного светофора и режимах торможения может служить средством определения состояния топливной системы и манеры управления локомотивом. При статистической обработке информация о расходе топлива может служить основой для диагностики локомотива и определения степени подготовки машиниста. По аналогии с сетевой базой данных скоростемерной информации может быть построена сетевая база данных по теплотехнике.

При разработке системы и выборе датчиков акцент делался на надежность, минимизацию цены и количества доработок топливной системы тепловоза при монтаже и обслуживании[3]. Кроме того, данная система учета топлива абсолютно не усложняет и не изменяет уже имеющуюся в депо технологию. Ранее для записи информации о топливе машинисту приходилось выходить из кабины и считывать их с мерного стекла. Теперь ему достаточно нажать кнопку на блоке управления КПД-3П и переписать число с индикатора в маршрутный лист, а в конце смены сдать модуль памяти и маршрутный лист дежурному по депо. Практически во всех депо имеются рабочие места расшифровщиков с необходимым программным обеспечением, поэтому процесс раскодирования модуля памяти не потребует дополнительных кадров и материальных вложений. Кроме того, для эксплуатации данной системы не требуется практически никакого дополнительного обучения сотрудников, поскольку все происходит в штатном для КПД-3П режиме.

Система учета топлива «КВАРТА». Мониторинг потребления топлива. Установка фактов несанкционированных потерь топлива и определение количества потерянного горючего.

Система учета топлива «КВАРТА» состоит из датчиков уровня и температуры, установленных в бак, и блока учета топлива, размещенного в кабине локомотива. Магнитострикционные датчики уровня и температуры типа ПМП-201 поплавкового типа внесены в Государственный реестр средств измерений и имеют погрешность измерения уровня ± 1 мм. Для локомотива ТЭМ-2 такая погрешность измерения уровня дает помиллиметровую точность измерения объема ± 7 л. Компенсация наклонов локомотива в пути следования достигается размещением датчиков симметрично по диагонали бака. ПМП-201 имеют взрывозащищенное исполнение и цифровой канал связи. Общий вид бака с установленным датчиком приведен на рисунке 1.



Рис. 1 - Датчик ПМП-201, установленный в бак локомотива ТЭМ-2.

Второй датчик расположен с другой стороны бака.

Блок учета топлива выполняет несколько функций, основными из которых являются:

- Получение данных от датчиков уровня и температуры, компенсация колебаний уровня топлива в процессе движения локомотива;
- Хранение градуировочной таблицы бака локомотива;
- Расчет по градуировочной таблице объема топлива при текущей температуре;
- Приведение объема топлива к температуре 20 °С;
- Передача расчетных данных по каналу связи в другие системы.

«КВАРТА» в минимальном исполнении не имеет датчиков плотности и уровня подтоварной воды, поскольку это усложняет систему, повышает стоимость её жизненного цикла и снижает надежность. Кроме того, информация о массе топлива как произведение изменяющегося объема на плотность не несет в себе принципиально новой характеристики, потому что для установления факта слива или повышенного расхода достаточно объемного показателя. Плотность изменяется только при поступлении на пункты экипировки новой партии топлива и может быть измерена в лаборатории (или взята из сопроводительных документов на топливо). Плотность можно регулярно вводить в базу данных при расшифровке. Датчик же подтоварной воды не оправдывает себя экономически даже за всё время жизни локомотива. Теоретически, наличие такого датчика нужно по двум причинам:

- для защиты топливной аппаратуры от поломок вследствие попадания в неё воды;
- для предотвращения слива топлива под видом подтоварной воды.

Однако топливозаборник поднят над днищем бака так, чтобы в баке оставалось 200 - 500 л, а за один месяц в баке накапливается не более 10-15 л подтоварной воды. Поэтому чтобы подтоварная вода попала в топливозаборник, её нужно «собирать» в течение года или использовать топливо очень низкого качества. Ни то, ни другое практически невозможно, так как за качеством топлива следит соответствующая служба, а регламент ТО требует регулярно проводить слив подтоварной воды. Зная общий объем топлива и воды до слива и объем топлива (без воды) после слива, количество слитой воды несложно вычислить.

Следует отметить, что «КВАРТА» не является средством измерения в строгом понимании этого термина, так как градуировочная таблица, хранящаяся в блоке учета топлива, выполнена по чертежам бака. Такие таблицы разрабатываются конкретно для каждого типа локомотива и имеют

теоретический характер. В связи с этим данные, зарегистрированные «КВАРТА», как и любой другой не метрологической системой, не имеют никакой юридической силы. Такие системы и приборы имеют статус индикаторов, в то время как метрологические системы строятся исключительно на основе требований ГОСТов. Основными требованиями ГОСТов, предъявляемым к системам измерения объема топлива в резервуарах являются:

- формирование системы на основе первичных измерителей (датчиков) и самого резервуара;
- проведение градуировки резервуара с соблюдением определенного набора правил.

Тем не менее, система «КВАРТА» может применяться для внутриведомственного учета топлива там, где нет денежных расчетов между организациями или подразделениями, либо не предполагается **судебное** преследование работников за хищения. Индикаторная система имеет ненормированные ошибки, но, поскольку датчики метрологически аттестованы, а градуировочная таблица не изменяется, ошибки системы имеют постоянный по времени и месту характер. Поэтому ошибка системы в определении расхода будет минимальной и примерно равной помиллиметровой вместимости бака. Данное утверждение иллюстрируется расшифровкой процесса заправки, приведенного на рисунке 2 (выделено цветом, параметры в окне «Блок»).

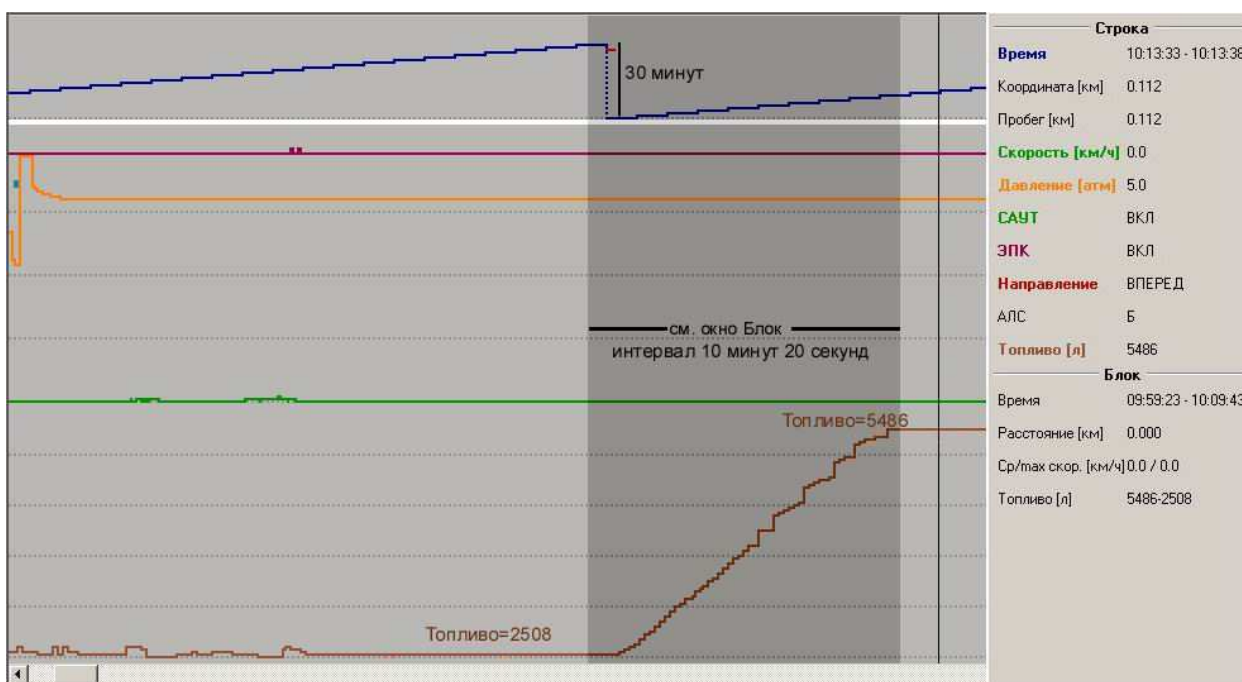


Рисунок 2. Расшифровка процесса заправки, зарегистрированного

неградуированной системой «КВАРТА».

Тепловоз ТЭМ-2. Перед началом заправки в баке было 2508 литров, время начала заправки 09:59:23. По окончании заправки в 10:09.43, объем составил: 5486 литров. Скорость заправки примерно 5,1 литров в секунду. Заправлено по данным с маршрутного листа: 3000 литров.

Измерено системой «КВАРТА»: $5486 - 2508 = 2978$ литров. Разница в 22 л объясняется суммой погрешностей топливораздаточной колонки, системы «КВАРТА» и погрешности, обусловленной разностью температур топлива в баке локомотива и резервуаре топливораздаточной колонки. Температура топлива в баке перед заправкой равна 46°C , после заправки равна 23°C .

Общий вид процесса расхода топлива представлен на рисунке 3. Верхняя часть представленной иллюстрации соответствует образу скоростемерной ленты комплексов КПД в соответствии с инструкцией ЦТ-397. На нижней части иллюстрации размещается график объема топлива в баке локомотива. Привязка графиков может осуществляться как к пробегу (от 1 до 100 метров), так и ко времени (до 1 секунды). На рисунке 3 привязка осуществлена к пробегу (100 метров), на рисунке 2 - ко времени (5 секунд).



Рисунок 3. Общий вид процесса расхода топлива.

Тепловоз ТЭМ-2. Начало смены в 08:01:20, конец смены в 19:41:56. Пробег за смену 41,439 км. Расход топлива за смену – 224 л, из которых 128 л при скорости равной нулю.

В процессе расшифровки программное обеспечение производит автоматизированный поиск и вычисление объемов заправки и несанкционированных сливов. На рисунке 4 зафиксирован процесс слива топлива при выключенной системе «КВАРТА».

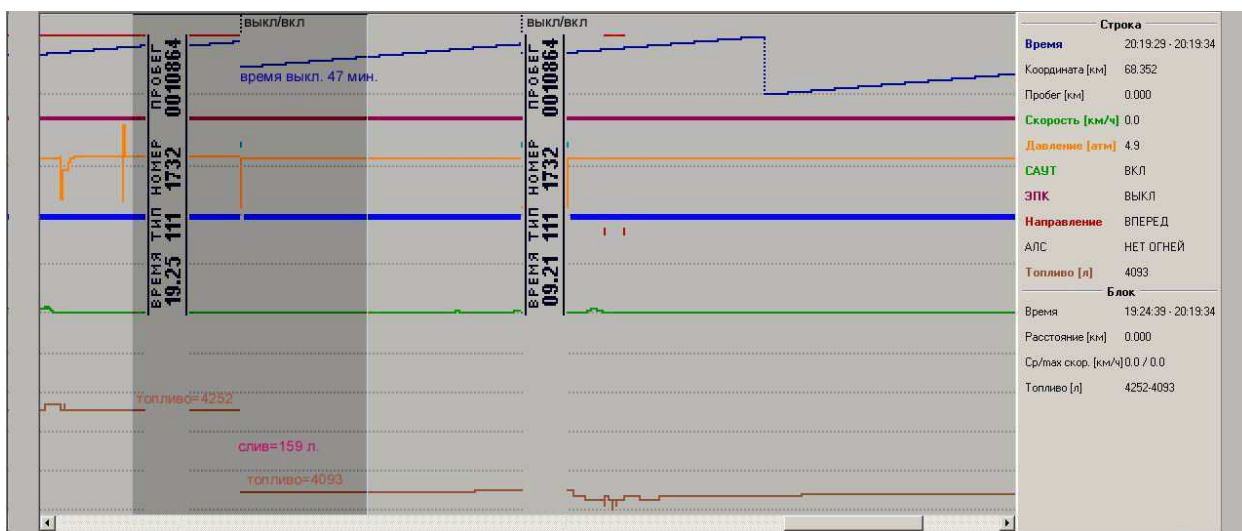


Рисунок 4. Регистрация слива топлива при выключенной системе «КВАРТА».

В 19:25 локомотив прибыл в депо, комплекс КЖД-3П и система «КВАРТА» выключены в 19:27:09. На момент выключения объем топлива в баке равен 4252 литра. В 20:14:13 комплекс КЖД-3П и система «КВАРТА» включены, объем топлива – 4093 литра.

Расход составил 159 литров за 47 минут.

После выполнения расшифровки поездки, отчет о ней записывается в базу данных, откуда он может быть доступен руководству предприятия и группе анализа для заполнения формы №4-ТЭР и формирования месячных и годовых отчетов о расходе топлива.

Градуировка и поверка системы учета топлива «КВАРТА-М»

Система «КВАРТА-М» отличается от системы «КВАРТА» тем, что имеет дополнительный комплект документов, по которым её можно метрологически аттестовать. Аттестация системы выполняется в три этапа:

1. Градуировка бака локомотива и системы «КВАРТА» объемным методом. Запись полученной градуировочной таблицы в блок учета топлива;
2. Совместная метрологическая поверка отградуированного бака локомотива и системы «КВАРТА»;
3. Оформление результатов поверки в органах государственного метрологического надзора.

Градуировка и поверка проводятся путем заполнения бака известными дозами топлива, прошедшими через поверенный счетчик. Время выполнения градуировки бака или поверки системы «КВАРТА» для тепловоза ТЭМ-2 – до 1 часа. Число доз зависит от объема и формы бака, причем единичная доза для градуировки должна лежать в пределах 100-200 литров, а при поверке – 300 литров.

Таким образом, известным объемам топлива приписывается измеренный системой «КВАРТА-М» уровень и получается градуировочная таблица реального бака. Общая погрешность системы будет равна сумме погрешностей её собственной измерительной части и счетчика, с помощью которого проводилась поверка. Обычно пункты экипировки снабжены счетчиками нефтепродуктов типа ППО 40-0,6 СУ, имеющими относительную погрешность $\pm 0,5$ %. Эта погрешность перейдет в погрешность системы «КВАРТА-М». Для локомотива ТЭМ-2 относительная погрешность измерений объема составляет примерно $\pm 0,67\%$, что при переводе в абсолютные единицы соответствует не менее 40 литрам на бак объемом 6000 литров, но при определении расхода (заправки) абсолютная погрешность не будет превышать помиллиметровую вместимость.

Для примера на рисунке 5 приведена расшифровка измерений объема топлива, проведенная отградуированной системой «КВАРТА-М».

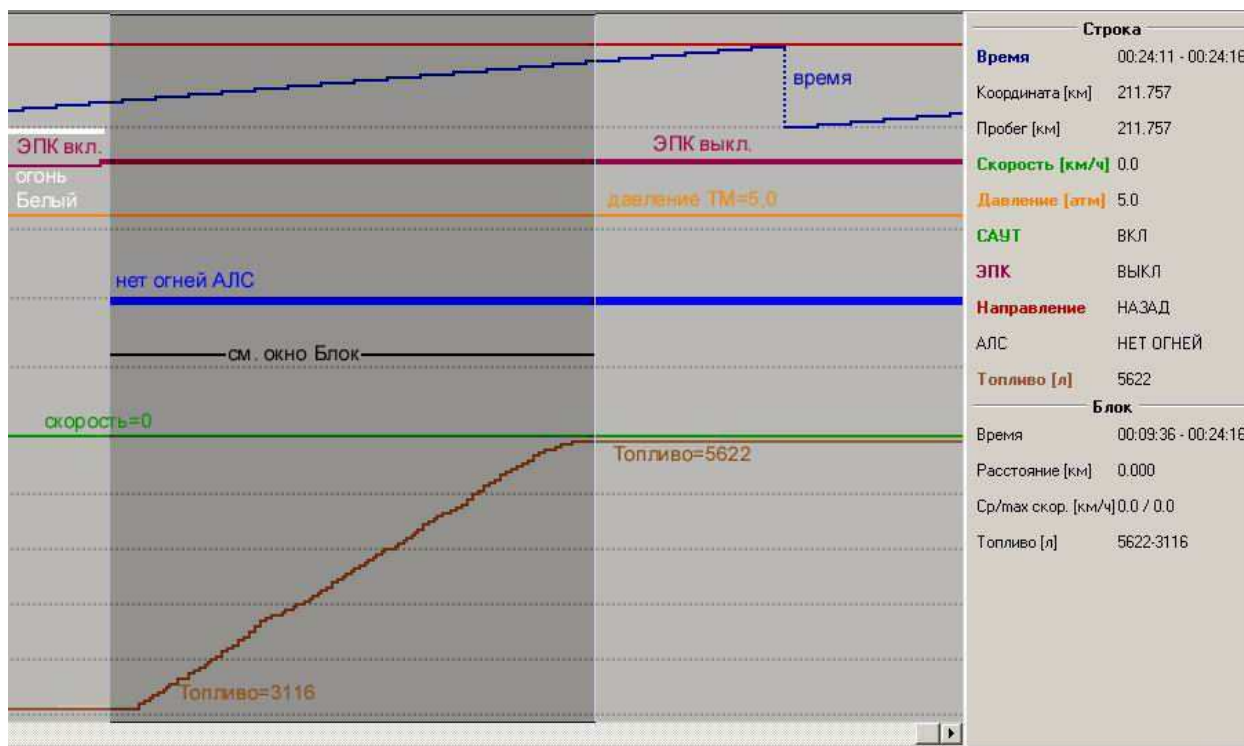


Рисунок 5. Расшифровка процесса заправки, зарегистрированного отградуированной системой «КВАРТА-М».

Тепловоз ТЭМ-2. Перед началом заправки в баке было 3116 литров, время начала заправки 00:09:36. По окончании заправки в 00:24.16, объем составил: 5622 литров. Скорость заправки примерно 7 литров в секунду. Заправлено по данным с маршрутного листа: 2500 литров.

Измерено системой «КВАРТА-М»: $5622 - 3116 = 2506$ литров. Разница в 6 литров (0,24%) объясняется суммой погрешностей топливораздаточной колонки и системы «КВАРТА-М». Температура топлива перед заправкой – 42°C , после заправки – 29°C .

Потребитель может не выполнять метрологическую поверку, а сделать только градуировку. В этом случае он будет иметь метрологически не аттестованный прибор, более точно отражающий реальную картину по сравнению с системой «КВАРТА». Следует отметить, что поверка системы может проводиться только специалистами прошедшими определенную подготовку и имеющими аккредитацию в органах метрологического контроля. ОАО «Электромеханика» располагает специалистами такого рода и по договору с потребителем они могут выехать на место и выполнить необходимые процедуры по первичной или периодической поверке.

Развитие системы.

Поскольку архитектура разработанной системы является открытой, возможности системы могут быть расширены по желанию заказчика путем установки дополнительных датчиков и устройств. Значения, измеряемые этими датчиками, могут быть записаны в модуль памяти вместе со скоростемерной информацией и обработаны на любом из вышеперечисленных рабочих мест. К дополнительным датчикам и устройствам относятся:

- датчик числа оборотов генератора;
- датчик мощности (тока и напряжения) генератора;
- датчик положения рукоятки контроллера;
- датчик положения крана машиниста;
- приемник GPS/ГЛОНАСС (глобальное позиционирование);
- передатчик GSM/GPRS (передача данных по каналам мобильной связи);
- датчики температуры, давления масла и пр.

Потребитель может постепенно наращивать функции системы по мере необходимости и готовности аппаратных средств, технологической и нормативной баз.

Литература

1. Гапанович В.А. – Приоритеты в сфере энергосбережения и технического регулирования // Железнодорожный транспорт, 2009, № 2.
2. Алексеева Н. – Системные требования // «Гудок.Ру»
<http://www.gudok.ru/index.php/67224>
3. Грищенко А.В., Грачев В.В., Базилевский Ф.Ю., Грищенко М.А. – Учету топлива и масла – современные средства измерения // Локомотив, 2009, № 2.

4. Головаш А.Н., Бочаров В.М., Кузнецов С.М. – Опыт использования бортовых систем // Железнодорожный транспорт, 2009, № 2.