



АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

В условиях рыночной экономики задача депо и предприятия промышленности — сокращать издержки на транспортные операции. Если анализировать эксплуатационные расходы, то доля затрат на топливо и электроэнергию, потребляемая тяговым подвижным составом, может достигать 50% и более. Поэтому транспортному предприятию, использующему преимущественно тепловозы, важно удерживать свою рентабельность за счет снижения затрат на дизельное топливо в условиях постоянного повышения цен на энергоносители, роста конкуренции со стороны автомобильного транспорта.

Чтобы обеспечить реальное энергосбережение, на предприятии разрабатывают мероприятия, предусматривающие снижение на 1 — 5% объемов потребления расхода топлива по сравнению с предыдущим периодом. Как правило, такой подход к ресурсосбережению не дает желаемого экономического эффекта, поскольку основывается на неточной оценке как текущего, так и ожидаемого топливопотребления. Главная причина погрешности — отсутствие достоверных данных о планируемом объеме перевозочной работы и расходе топлива, полученном на основе инструментального метода контроля, исключающего влияние на процесс измерения так называемого человеческого фактора.

Зачастую транспортные предприятия, приобретая специализированные системы и устройства контроля расхода дизельного топлива, сталкиваются с проблемами реализации энергосберегающей технологии. Недооценка многих факторов при выборе этого оборудования может стать причиной как неэффективной траты средств и отсутствия надежных систем или приборов контроля, так и недостоверного учета расхода топлива. Чтобы понизить риски принятия ошибочных в этой работе решений, приведем ее цели и основные требования к системам контроля расхода топлива тепловозов.

Назначение систем контроля расхода топлива. В настоящее время тепловозы оборудуют различными системами контроля расхода топлива. Они отличаются принципами измерения и, следовательно, стоимостью. Каждый из методов имеет свои как преимущества, так и недостатки, поэтому чтобы выбрать наиболее подходящее оборудование, сначала следует определить его расчетную эффективность для достижения конкретной цели.

Первая и наиболее важная цель — сократить непроизводительный расход топлива на тягу поездов посредством стимулирования и повышения ответственности работников предприятия. Для этого необходимо иметь систему учета топлива, позволяющую при помощи датчиков-уровнемеров регистрировать изменение количества топлива в баке тепловоза при экипировке, сливах и в поездке, выявлять

наиболее явные нарушения, которые могут допускать машинисты.

На выходе такой системы формируется самая простая форма контроля, представляющая собой визуализацию изменения количества топлива в баке тепловоза за любой период времени. Следует учесть, что при обнаружении фактов нецелевого использования (сливов) топлива доказательной базой могут быть только показания метрологически поверенной системы. При этом она должна быть сертифицирована как средство измерения.

Вторая цель — оценка качества работы (профессионализма) машинистов. Для ее достижения используются системы учета топлива на основе расходомеров и/или уровнемеров, а также оборудования, позволяющего регистрировать режимы работы тепловоза — скорость, пробег, позицию контроллера и др.

Расходомеры, устанавливаемые в топливную магистраль дизеля, могут более точно отображать картину потребления им топлива, поскольку контролируют топливный трафик непосредственно в напорной и сливной магистралях, но не позволяют контролировать поступление топлива при экипировке и сливы. Уровнемеры, устанавливаемые в бак тепловоза, учитывают все возможные изменения количества топлива без разделения на потребление его дизелем и прочие потери. Это затрудняет анализ эффективности работы дизеля, но при этом решается задача контроля с допустимой погрешностью текущего количества топлива в баке.

Выходные данные таких систем представляют собой результаты расшифровки регистрируемых параметров поездки, в которой динамика изменения количества топлива (потребляемого дизелем или находящегося в баке) сопоставляется с режимами работы тепловоза и экипировками локомотива в тот или иной промежуток времени.

Третья цель — удаленный мониторинг эксплуатации тепловоза с последующей оценкой его состояния, включая теплотехническое. Преследуя эту цель, на тепловоз устанавливаются системы, обеспечивающие

автоматическую регистрацию не только данных о расходе/поступлении топлива, позиции контроллера машиниста, скорости, пробеге и местоположении локомотива, но и целого ряда параметров работы его силовой установки (частоте вращения коленчатого вала, давлении и температуре рабочих жидкостей, мощности тягового генератора и др.). На основе этих данных определяется фактический расход на разных режимах работы, который сравнивается с паспортными показателями силовой установки.

Выходной информацией такой системы являются данные о совершенной поездке с указанием режимов работы тепловоза (пробеге, общем времени работы, а также на холостом ходу, под нагрузкой и при простое). Кроме того, система сравнивает фактические и нормативные значения параметров работы силовой установки, а когда требуется — регистрирует отчеты о завышенном расходе топлива и его причинах. Все расчеты выполняются программой расшифровки автоматически и при необходимости позволяют оценить теплотехническое состояние локомотива и условия поездки.

Когда будут определены цель энергосберегающей технологии и способы ее реализации, необходимо обратить внимание на применяемые в выбранной системе методы измерения потребляемого количества топлива и типы датчиков. Как правило, если система применяется для диагностики потребления топлива тепловозом, то в качестве датчика может использоваться расходомер. Если же система применяется для учета количества и точных данных о заправке и расходе, предотвращения несанкционированного использования топлива, то роль датчика обычно выполняет уровнемер.



Рис. 1. Общий вид блока расходомеров 2НОРД20 компании «Вест-Метрология»



Рис. 2. Турболопастной расходомер CONTOIL VZD4/8 компании «АкуаМетро»

Расходомеры. Они предназначены для определения расхода топлива, преобразуя его средний объем в электрический сигнал, устанавливаются в напорную и сливную магистрали. Как правило, применяются роликлопастные или так называемые турболопастные расходомеры, менее распространены — магнитодинамические и ультразвуковые.

Отечественный рынок приборов этого назначения представляют, в основном, турболопастные (роликлопастные) расходомеры типа 2НОРД20 российской компании «Вест-Метрология» (рис. 1) и типа CONTOIL VZD 4/8 европейской «АquaMetro» (рис. 2). Погрешность таких расходомеров может составлять не более 0,1%, что позволяет определять расход топлива дизелем с высокой точностью. Турболопастные расходомеры можно использовать как вспомогательные средства в составе более общих систем контроля параметров тепловозов.

В локомотивном хозяйстве ОАО «РЖД» применяются автоматизированные программные комплексы АПК «Борт», РПДА, РПРТ, АСК-ВИС. Эти комплексы регистрируют и отображают достоверную информацию о количестве топлива в баках. Использовать же расходомеры в качестве самостоятельной единицы учета топлива не рекомендуется, так как в этом случае не выявляются потери топлива, происходящие из-за возможных утечек и других причин, не связанных с работой дизеля.

Следует также отметить, что при использовании расходомеров в качестве единственного средства для измерения расхода топлива на маневровом тепловозе необходимо учитывать ряд особенностей.

1 Монтаж расходомера, а также переходников, удлинителей, других элементов и вспомогательного оборудования в топливную систему тепловоза требует особой тщательности и постоянного контроля возможных утечек топлива.

2 Расходомеры и детали монтажного комплекса (переходники, клапаны и др.) вносят дополнительное гидравлическое сопротивление потоку топлива, что может влиять на работу ТНВД, вызывать срабатывание разгрузочного клапана. Для решения этой проблемы иногда устанавливают расходомеры с большой пропускной способностью, однако при этом не обеспечивается приемлемая погрешность измерения расхода топлива на холостом ходу. Учитывая, что маневровые тепловозы чаще работают именно в режиме холостого хода, погрешность расходомеров в таких случаях может значительно отличаться от паспортных данных.

3 В цилиндрах дизеля сгорает не весь объем топлива, поступающий из бака и измеряемый расходомером, и часть его по трубке слива снова возвращается в бак. Установка в трубку слива второго расходомера либо диф-

ференциального, который рассчитывает разницу между прямым и обратным потоками топлива, усложняет технологию учета расхода топлива.

4 Следует учитывать, что топливо в трубке слива, когда отсутствует давление, протекает вспененное, что также увеличивает погрешность показаний датчика, а установка деаэраторов не всегда возможна. К тому же, многие модели дифференциальных расходомеров измеряют количество расходуемого двигателем топлива только при одновременном наличии прямого и обратного потоков топлива. Наличие деаэратора в этом случае является причиной увеличения погрешности расходомера при запуске или остановке двигателя, так как обратный поток «запыхивает» на время деаэрации топлива (объем рабочей камеры деаэратора составляет, как правило, 1 — 2 л).

5 При использовании в зимний период летнего топлива погрешность расходомеров может кратковременно увеличиваться из-за образования даже за фильтром ФТОТ желеобразных отложений в рабочей камере расходомера. В итоге потребление топлива двигателем будет «возрастать». Отложения на движущихся частях расходомера могут приводить к их «залипанию» и, следовательно, к значительному увеличению погрешности измерений расхода топлива.

6 Конструкция большинства расходомеров позволяет недобросовестным работникам осуществлять так называемую «накрутку» расхода, когда отключается топливный шланг и рабочая камера продувается воздухом, что приводит к увеличению данных об израсходованном топливе. Надо отметить, что такие манипуляции, кроме того, снижают ресурс расходомера.

7 Расходомеры европейского производства не имеют антивандальной защиты — индикаторный дисплей легко выводится из строя простым на него нажатием. Чтобы исключить подобные действия, расходомеры компании «Вест-Метрология» оснащают защитным корпусом и стеклом повышенной прочности для считывания показаний дисплея вторичного индикатора «Куртис-261».

Уровнемеры различного типа для контроля расхода топлива применяют более часто как в составе систем контроля параметров работы тепловозов, так и самостоятельно, поэтому им также уделите внимание. В основном для работы большинства уровнемеров положены следующие принципы преобразования уровня топлива в электрический сигнал для дальнейшей передачи и обработки (рис. 3): емкостной (а), ультразвуковой, гидростатический, магнитострикционный поплавковый (б).

Емкостной метод измерения уровня при соблюдении определенных условий обеспечивает погрешность измерений порядка

0,5%. Чувствительный элемент емкостного уровнемера представляет собой конденсатор, обкладки которого погружены в жидкую среду. Эти обкладки имеют вид концентрических труб, заполняемых топливом по мере наполнения бака. Изменение уровня топлива приводит к изменению емкости датчика, которая преобразуется в выходной электрический сигнал.

Наиболее точные — сегментированные датчики, чувствительный элемент которых представляет собой не цельную концентрическую трубу, а набор фрагментов, каждый из которых является коаксиальным конденсатором. Эти фрагменты располагаются друг за другом по всей длине датчика с минимальным зазором (до 128 фрагментов на 1 м длины датчика). При этом внешняя трубка датчика, как правило, служит общей обкладкой, экраном и корпусом.

Сегментирование чувствительного элемента позволяет оперативно учитывать изменения диэлектрической проницаемости дизельного топлива путем анализа емкости полностью заполненных топливом сегментов по отношению к пустым сегментам. Кроме того, это позволяет увеличить абсолютную точность датчика, поскольку измерение уровня производится в пределах одного сегмента.

В то же время, емкостные датчики имеют и существенные недостатки. Во-первых, показания зависят от химического состава топлива и наличия в нем примесей, в том числе воды и специальных красителей. В высокоточных современных датчиках используются методы компенсации этой погрешности (относительная погрешность снижается до 0,25%), однако в большинстве представленных на рынке моделей компенсация отсутствует. Во-вторых, в сегментированных датчиках затрудняется калибровка в случае предельных уровней, когда нет сегментов (размер сегмента — не менее 7,8 мм), полностью заполненных топливом или воздухом.

В ультразвуковых уровнемерах используется свойство ультразвуковых волн отражаться на границе двух сред, которые имеют различные физические свойства (например, топливо-воздух). Чувствительный элемент ультразвукового уровнемера состоит из излучателя и приемника колебаний, которые, как правило, конструктивно совмещены.

Измеряемая время между началом излучения и возвращением отраженного сигнала, зная скорость распространения ультразвуковых волн определенной частоты в известной среде (топливо или воздух — в зависимости от расположения чувствительного элемента), можно вычислить расстояние от чувствительного элемента до границы сред, которое и соответствует уровню топлива при соответствующей тарировке уровнемера.

Ультразвуковой датчик может располагаться в верхней либо нижней части бака. В первом случае погрешность измерений зависит от давления и температуры смеси воздуха и паров топлива. Сильное поглощение ультразвука газовыми средами требует большей мощности источника, чем при определенных границах топливо-воздух через жидкость.

Преимущества ультразвуковых датчиков — они не контактируют с измеряемой жидкостью, отсутствуют подвижные части, простой монтаж. Кроме того, приборы очень компактны, имеют надежную конструкцию

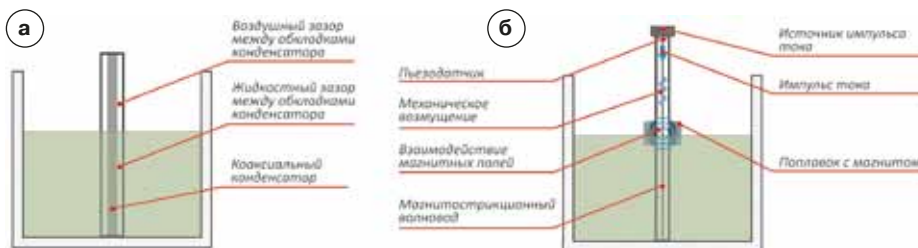


Рис. 3. Схема работы уровнемеров: емкостного (а) и магнитострикционного поплавкового (б)

и практически не нуждаются в обслуживании. Относительная погрешность измерения уровня без учета отдельных факторов составляет 0,5%. В датчиках с температурной компенсацией погрешность может быть снижена до 0,25%.

Однако, как показывает практика, если топливный бак имеет сложную форму, то ультразвуковые датчики не всегда выдают достоверные показания. Причина — большое количество сигналов, которые отражают стенки и внутренние перегородки бака. Вследствие этого на тепловозе рекомендуется применять ультразвуковые датчики уровня топлива, в которых акустическая волна распространяется внутри трубы, погруженной и заполненной топливом до общего его уровня в баке. Однако при этом отмеченные выше преимущества отсутствуют.

Принцип гидростатического преобразователя уровня основан на измерении разности давления на дне топливного бака и атмосферного давления. При этом измеряется давление столба жидкости (гидростатическое). Таким образом, между уровнем топлива и показаниями датчика давления устанавливается прямая пропорциональность. Однако давление столба жидкости, которое определяет гидростатический измеритель, прямо пропорционально не только высоте столба (т.е. собственно уровня), но и плотности жидкости в этом столбе.

В баке с постоянной по высоте площадью сечения при постоянном количестве жидкости высота ее уровня обратно пропорциональна плотности. Здесь показания гидростатического уровнемера пропорциональны количеству жидкости и не зависят от ее плотности. То есть в баке с неизменяемым сечением по высоте измеритель гидростатического типа непосредственно определяет не уровень, а количество жидкости в баке. При этом измерение плотности не требуется.

Применение гидростатических измерителей в системах контроля позволяет осуществлять непосредственный контроль количества топлива в топливном баке (в кг) без измерения плотности. Но если рассматривать практическое применение данного метода на локомотиве, то можно отметить и ряд существенных недостатков.

Во-первых, топливные баки тепловозов имеют сложную конфигурацию. Горизонтальное сечение бака в большей или меньшей мере изменяется по его высоте, вследствие чего пропорциональная зависимость между высотой уровня топлива и его плотностью нарушается. Это приводит к погрешности измерения, которая будет тем больше, чем выше текущая плотность топлива в баке отличается от тарировочной. Кроме того, различным участкам бака по высоте будут соответствовать разные тарировочные коэффициенты, величина которых определяется зависимостью площади сечения от высоты (уровня) на каждом из участков бака.

Точки перехода от одного участка топливного бака к другому измерительная система определяет по величине давления в этих точках при тарировке. Если работать с плотностью, отличной от тарировочной, то величина давления перехода в каждой из граничных точек будет меньше граничного (при работе с плотностью, большей тарировочной) или наоборот.

В результате на части бака система будет использовать для пересчета давления топлива в его количество тарировочные коэффициенты, не соответствующие текущим участкам бака, что также приведет к увеличению погрешности измерения. Погрешность измерения количества топлива в баке тепловоза гидростатическими измерителями определяется формой бака и точностью тарировки. Величина ее может достигать 1,44% (для бака тепловозов типа 2ТЭ116).

Во-вторых, датчики гидростатического давления вычитают из измеренного значения давления на дне топливного бака величину атмосферного давления. Между тем, давление на поверхности топлива подвержено колебаниям при изменении атмосферного давления за счет испарения топлива в объеме закрытого бака, что вносит дополнительную погрешность в результат измерения.

В-третьих, так как чувствительный элемент находится на дне бака, а здесь со временем накапливаются осадки, то в зависимости от качества топлива рано или поздно точностные характеристики датчика непредсказуемо ухудшатся.

В поплавковых уровнемерах измерение уровня жидкости сводится к измерению положения реперной точки поплавка, частично погруженного в жидкость. Это измерение может проводиться разными методами, но одним из наиболее точных является магнито-стрикционный. При таком методе поплавок, внутри которого находится постоянный магнит, перемещается вместе с уровнем жидкости по стержню, в котором находится волновод — натянутая проволока из магнито-стрикционного материала.

Периодически генерируемый токовый импульс передается по волноводу в направлении поплавка. В точке пересечения магнитного поля, вызванного токовым импульсом, и магнитного поля поплавка возникает акустическая волна. Она движется по волноводу обратно с постоянной скоростью в направлении измерительной головки датчика.

Измеренное время между стартом токового импульса и его приходом/возвращением в виде ультразвуковой волны и является точным определением уровня, т.е. расстояния до поплавка. Такие датчики имеют абсолютную погрешность измерения уровня топлива в баке порядка ± 1 мм во всем диапазоне. Другое достоинство датчиков состоит в том, что они могут конструктивно дополняться измерителями плотности топлива в баке.

Основной недостаток — возможное залипание поплавка на стержне из-за загрязнения зазора или его замерзания при низких температурах, что легко компенсируется конструкцией датчика, при которой зазор между направляющим стержнем и внутренней стенкой поплавка делается достаточно большим и «залипание» при этом становится маловероятным. Также возникает небольшая погрешность, обусловленная зависимостью степени погружения поплавка от плотности топлива.

При выборе системы учета топлива для установки на тепловоз необходимо, кроме типа применяемых датчиков, учитывать еще один аспект. Все системы условно можно разделить на два типа: автомобильные, разработанные для автотранспорта, но используемые на тепловозах, и железнодорожные, созданные для применения на тепловозах.

Многие автомобильные системы учета расхода топлива пользуются достаточным спросом предприятиями промышленности в силу двух основных причин. Прежде всего, они привлекают относительно низкой стоимостью, хотя имеют невысокую точность измерений. Кроме того, на предприятии уже, возможно, приобрели положительный опыт эксплуатации данных систем на автотранспорте.

В первом случае, преследуя мнимую экономиию на оборудовании тепловоза, в порядке эксперимента устанавливают то одну, то другую систему низкого качества, но в итоге ни одна из них не дает удовлетворительных результатов. Во втором случае отлично работающая на автотранспорте система при эксплуатации на тепловозе показывает себя неудовлетворительно, что вызывает недоумение как пользователей, так и производителей данных систем. Причина во всех случаях одна — отличие условий эксплуатации на автомобильном и железнодорожном транспорте. Приведем основные отличия и возможные последствия.

В большинстве универсальных систем с датчиками уровня топлива в баках используются относительно недорогие уровнемеры, имеющие высокую погрешность измерения уровня топлива. Как правило, относительная погрешность таких датчиков составляет 1 — 2% от величины диапазона измерения, в данном случае — высоты бака. В автомобильном баке высотой 500 мм относительная погрешность измерения уровня топлива в 1% от высоты бака соответствует абсолютной погрешности измерения уровня в абсолютных единицах, равной 5 мм. Автомобильные баки, как правило, имеют форму, близкую к параллелепипеду или цилиндру, что дает практически линейную зависимость объема топлива в баке от высоты уровня топлива.

Простейшие расчеты показывают, что в баке высотой 500, шириной 690 и длиной 2230 мм (объемом 690 л) при погрешности измерения уровня топлива 5 мм погрешность измерения объема топлива в абсолютных единицах составит примерно 7,5 л, т.е. около 1,1% от объема бака. Такая погрешность вполне удовлетворяет большинство владельцев автотранспорта, и эти системы вполне заслуженно пользуются спросом. Если применять рассматриваемые системы на железнодорожном транспорте, то надо учитывать следующие особенности.

Во-первых, объемы баков тепловозов в десятки раз больше баков грузовых автомобилей, что при прочих равных условиях дает погрешность измерения объема топлива порядка 75 л. Во-вторых, баки практически всех типов тепловозов имеют сложную форму. По этой причине зависимость объема топлива от уровня топлива в баке будет нелинейной.

Расчеты на основе реальной тарировочной таблицы бака тепловозов типа ТЭМ7 объемом 7000 л показывают, что эта нелинейность дает дополнительную погрешность до 25 л на 1 мм высоты уровня топлива. В тепловозном баке высотой 1000 мм погрешность измерения уровня топлива в 1% от высоты бака соответствует погрешности измерения уровня в абсолютных единицах, равной 10 мм. Погрешность, вызванная нелинейностью зависимости объема от высоты бака, при этом может достигать 250 л.



Рис. 4. Магнитострикционные поплавковые датчики СЕНС 014-11 для измерения уровня, температуры и плотности топлива

Большинство уровнемеров в универсальных системах позволяют измерять только уровень топлива. Однако в погрешность измерений объема топлива вносит серьезную лепту и его тепловое расширение, особенно в осенне-зимний период. Допустим, бак тепловоза содержит 3500 л дизельного топлива (плотностью 830 кг/м³ при 20 °С, коэффициенте температурного расширения 0,00075). Если температура топлива изменится на 30 °С (при выезде тепловоза из отапливаемого стоила на мороз), то его объем уменьшится на 75 л. При этом уровень топлива в баке тепловоза изменится на 7 — 10 мм.

Объем топлива и его уровень (до 25 л на 1 мм высоты) имеют нелинейную зависимость. Поэтому погрешность измерения, вносимая тепловым расширением, может достигать 250 л. В автомобильном же баке емкостью 350 л при прочих равных условиях погрешность изменения объема топлива за счет теплового расширения не превысит 5 л. Таким образом, в тепловозных системах учета топлива рекомендуется, наряду с уровнемерами, применять также плотномеры.



Рис. 5. Блок учета топлива БУТ-Р1: хранит данные, полученные от датчиков СЕНС 014-11, рассчитывает массу и приводит объем топлива к 20 °С, индицирует все параметры и состояние датчиков, передает данные по шине CAN2.0 А в блок управления скоростемера КПД-ЗПВ (КПД-ЗПА)

Как следствие приведенных примеров, автомобильными системами учета топлива, применяемыми для тепловоза, если и достигается результат, то, скорее всего, за счет морального воздействия на обслуживающий его персонал. При этом, как правило, через несколько месяцев недостатки данных систем становятся известны всем, в результате чего начинают применяться различные схемы «обхода». Таким образом, расход топлива остается по-прежнему бесконтрольным, а средства на приобретение, установку и клиентское сопровождение систем контроля расхода топлива оказываются утраченными.

В отличие от универсальных автомобильных систем, созданные специально для применения на железнодорожном транспорте системы не обладают приведенными недостатками и измеряют объем топлива с высокой точностью. В России наиболее широкое распространение получили комплексы РПРТ, РПДА, АПК «Борт», АСК-ВИС, КВАРТА. Они разработаны и прошли приемочные испытания при участии ОАО «РЖД», устанавливаются на модернизируемые и вновь строящиеся тепловозы, внесены в

проекты разрабатываемых магистральных и маневровых тепловозов.

Комплексы РПРТ, РПДА, АПК «Борт», АСК-ВИС осуществляют автоматизированный контроль технических параметров тепловозов. В эксплуатации они регистрируют работу основных узлов дизель-генераторных установок тепловозов, тем самым способствуя постепенному переходу от планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта локомотивов к системе технического обслуживания и ремонта по результатам диагностирования.

Однако в настоящее время, к сожалению, технология сбора и анализа информации о теплотехническом состоянии тепловозов, регистрируемой отмеченными комплексами, не имеет должного эффекта. По этой причине на практике задействована и применяется лишь функция контроля расхода топлива, которая изначально являлась вспомогательной. Депо и предприятия промышленности при этом имеют на борту тепловозов набор дорогостоящего, но неиспользуемого оборудования. Доля стоимости подсистемы учета топлива составляет не более 30% от стоимости всего комплекса, остальные 70% инвестированных средств попросту «замораживаются».

Если учитывать многие факторы и условия эксплуатации тепловозов, особенно на предприятии промышленности, то здесь полностью удовлетворяет всем требованиям комплекс КВАРТА (ОАО «Электромеханика»). Он изначально был разработан только для решения задачи контроля расхода топлива. При стоимости, значительно меньшей созданных на сегодня комплексов для учета расхода топлива, КВАРТА обладает рядом преимуществ:

- ✓ высокой точностью измерений, что обеспечивает погрешность менее 0,67% от максимального количества топлива в баке тепловоза. Точность измерений не зависит от геометрии бака;

- ✓ определяет текущую плотность топлива в баке, что позволяет вести расчеты в единицах массы независимо от влияния температурного расширения.

Комплекс КВАРТА зарегистрирован как средство измерения в Росстандарте РФ. Данный комплекс может устанавливаться на многосекционные (до четырех секций)

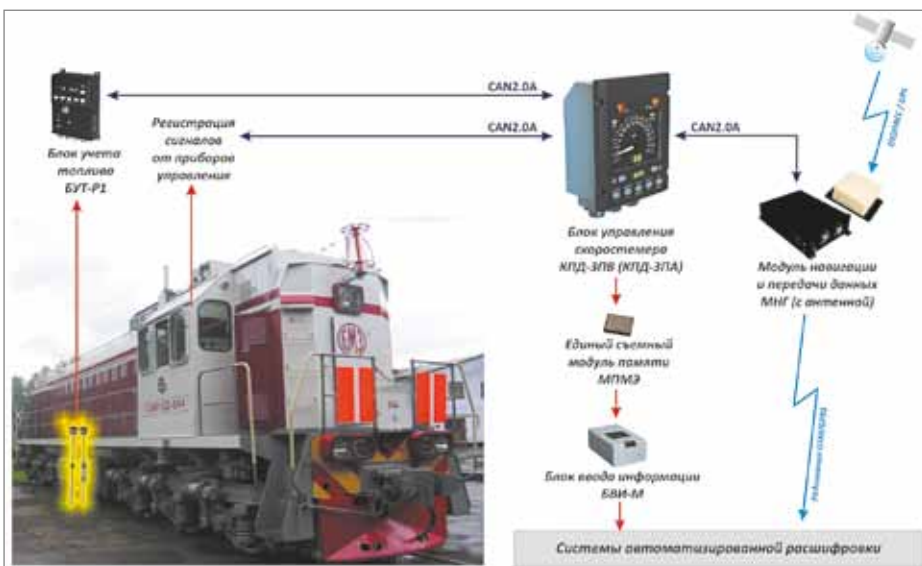


Рис. 6. При совместной работе комплекса КВАРТА-МП и скоростемера КПД-ЗПВ все параметры записываются на единый съемный носитель памяти скоростемера

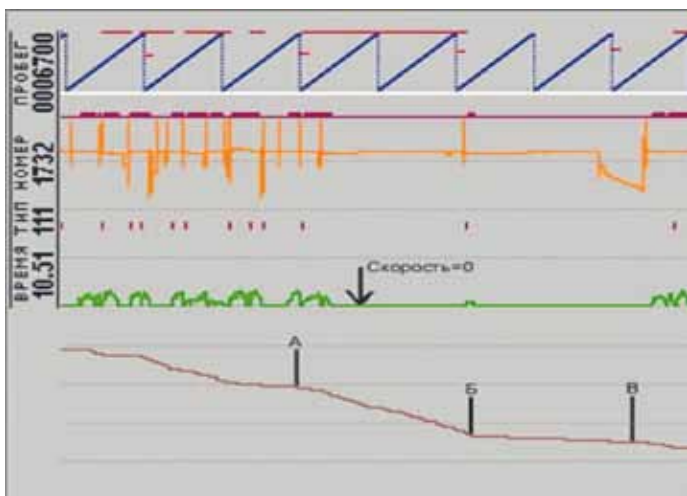


Рис. 7. Несанкционированный слив топлива на холостом ходу. На участке от А до Б крутизна кривой расхода топлива выше чем на участке от Б до В. На участке от А до Б расход топлива составил 30 л, от Б до В — не более 10 л. Длительность расхода топлива на каждом участке — 1 ч. Разница в расходе составляет 20 л

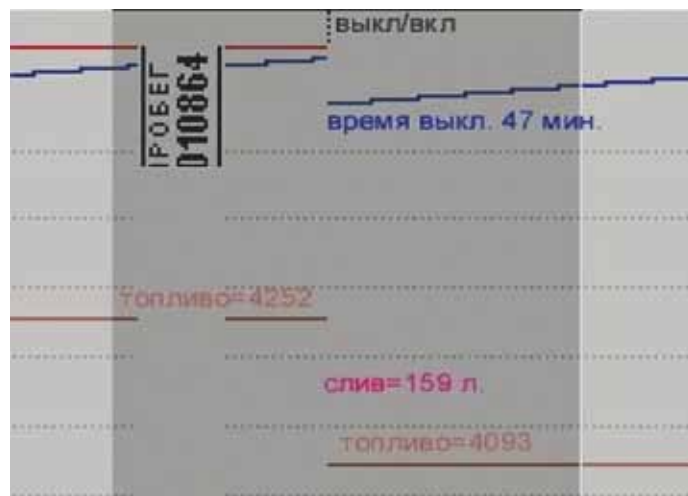


Рис. 8. Несанкционированный слив топлива при простое тепловоза: комплекс КВАРТА-МП был выключен в 19:27:09. На этот момент объем топлива в баке равен 4252 л. В 20:14:13 комплекс был включен, при этом был зафиксирован объем топлива 4093 л. Таким образом, расход составил 159 л за 47 мин

магистральные тепловозы. Он обладает высокой надежностью, что подтверждается свидетельством о разрешении к применению на локомотивах ОАО «РЖД», участием в проектах серийно выпускаемых и разрабатываемых тепловозов, в том числе по заказу Дирекции тяги ОАО «РЖД», в частности, серии ТГ16М.

Для определения объема и массы топлива в баке тепловоза в комплексе используются датчики СЕНС 014-11 (рис. 4), которые обеспечивают высокую точность измерений уровня (± 1 мм), температуры (± 1 °С) и плотности (± 2 г/мм³). Погрешность измерения объема и массы топлива в баке при этом, как уже было отмечено, составляет менее 1% от максимальных значений данных параметров. Периодическая проверка датчиков осуществляется без их демонтажа, непосредственно на тепловозе.

Блок учета топлива БУТ-Р1 обеспечивает хранение данных, полученных от датчиков, расчет массы, приведение объема топлива к расчетному при 20 °С, индикацию всех параметров и состояния датчиков. Эти устройства передают данные по шине CAN 2.0A в блок управления скоростемера КПД-ЗП или любое другое внешнее устройство (рис. 5).

В блоке БУТ-Р1 при установке его на борт тепловоза записывается градуировочная таблица, в которой отражена зависимость объема топлива от высоты уровня топлива в баке. Таблица рассчитывается на основе заводских данных о размерах бака конкретного типа локомотивов. Однако, учитывая отклонение фактических размеров бака от проектных, для наибольшей точности измерений необходимо при установке комплекса КВАРТА таблицу скорректировать. С этой целью выполняют градуировку — топливо при известной плотности заливают в пустой бак небольшими порциями 50 — 100 л.

Градуировку и метрологическую поверку системы для каждой серии тепловоза рекомендуется проводить с привлечением сотрудников Ростехрегулирования. Результаты измерений метрологически поверенного комплекса КВАРТА имеют юридическую силу, на их основании возможно проведение денежных расчетов между организациями и подразделениями за отпуск

топлива, а также судебное преследование работников, уличенных в несанкционированном сливе дизельного топлива.

Расшифровка регистрируемых параметров комплекса КВАРТА позволяет определять:

- ☑ время экипировки и количество заправленного топлива;
- ☑ возможные факты нерационального использования топлива как в процессе рабочей смены или поездке, так и при простое в ожидании маневров;
- ☑ расход топлива за любой промежуток времени.

При совместной работе комплекса КВАРТА и электронного скоростемера КПД-ЗП регистрация данных всех параметров осуществляется на единый съемный носитель памяти комплекса КПД-ЗП (рис. 6), а совместный анализ данных позволяет не только выявить случаи слива топлива, но и оценить эффективность использования топлива в процессе эксплуатации тепловоза:

- ➔ время и расход топлива на любом отрезке пути/пробега;
- ➔ время и расход топлива на холостом ходу;
- ➔ время и расход топлива во время движения.

Если на борту локомотива имеется модуль навигации и передачи данных (МНГ), то можно по радиоканалу GSM/GPRS осуществлять контроль расхода топлива и определять координаты его нахождения в режиме реального времени.

Расшифровывает регистрируемые комплексом КВАРТА параметры автоматизированная система учета топлива АСУ «Топливо». В свою очередь, эта система принимает, хранит и обрабатывает данные, полученные от КВАРТА, КПД-ЗП, МНГ. Автоматизированная система учета топлива «Топливо» включает в себя несколько рабочих мест, в том числе АРМ «Оператор», АРМ «Теплотехник», АРМ «Склад».

АРМ «Оператор» представляет собой рабочее место, куда поступают файлы поездок, которые он расшифровывает, загружает и экспортирует в базу данных. АРМ осуществляет автоматизированную расшифровку скоростемерной информации, в

том числе в автоматическом режиме выявляет нарушения скоростного режима.

Расшифровываются и анализируются данные о количестве топлива в АРМ «Теплотехник», в рамках которого формируется отдельная база данных, содержащая информацию только о топливе. Кроме визуального предоставления информации о количестве и параметрах топлива, АРМ позволяет формировать различные типы отчетов по расходу топлива/экипировкам в поездках, в том числе автоматических, т.е. формируемых системой на основе предпочтений пользователей и хранящихся в базе данных. АРМ «Теплотехник» в автоматическом режиме обнаруживает и информирует оператора о нерациональном использовании топлива (рис. 7 и 8).

АРМ «Склад» позволяет вести учет прихода-расхода топлива на складе, формировать отчеты об экипировках локомотивов, остатках топлива на складе и в баках локомотивов.

Важное также достоинство комплекса КВАРТА состоит в том, что он совместим с комплексом регистрации параметров дизель-генераторной установки КРПД, серийный выпуск которого в ОАО «Электромеханика» освоили в 2014 г. Комплекс КРПД обеспечивает регистрацию наиболее важных параметров работы дизель-генераторной установки: частоту вращения коленчатого вала, электрическую мощность тягового генератора и др. Расшифровка регистрируемых комплексами КРПД и КВАРТА данных позволяет выявлять неисправности дизель-генераторной установки, а также ситуации, близкие к неисправности.

Комплекс КВАРТА в настоящее время успешно эксплуатируется на маневровых, магистральных локомотивах и специальном самоходном подвижном составе. Комплексом оборудуют вновь строящиеся тепловозы ТЭМ9КИ и ТГ16М, он внесен в проекты серийно выпускаемого ТЭМ18ДМ, разрабатываемых ТЭМ31 и других тепловозов российского и зарубежного производства.

Д-р техн. наук **В.Н. ИГИН**, инженеры **А.В. ЗАХВАТОВ**, **В.И. КАРЯНИН**, г. Москва