



Система автоматизированного измерения уровня топлива в баке

Владимир Гриневич, Пётр Заморин, Алла Вионцек,
Владимир Петров, Виктор Юнюшин

Представлена система автоматизированного измерения объёма и массы топлива в баке, устанавливаемая на современных тепловозах и специальном подвижном составе; приведено описание её работы. Точность производимых системой измерений определяется основной погрешностью 0,65%, что удовлетворяет требованиям ОАО «РЖД» к измерению массы топлива.

Назначение и функции системы

Измерение расхода топлива в процессе эксплуатации транспортного средства представляет собой важную задачу. Созданная сотрудниками ОАО «ВНИКТИ» (г. Коломна) автоматизированная система измерения уровня топлива (АСИУТ) является универсальной и может быть установлена в топливном баке любого тепловоза или путевой машины в условиях депо.

АСИУТ предназначена для непрерывного мониторинга уровня топлива в баке тепловоза или путевой машины и выполняет следующие функции:

- передачу значений объёма и массы топлива в другие измерительные системы;
- вычисление объёма и массы топлива в баке на основании токовых сигналов 4...20 мА, полученных от погружных зондов для измерения уровня жидкости LMP 308i или аналогичных им датчиков;
- измерение температуры топлива (датчик температуры Pt100);
- питание стабилизированным напряжением 24 В погружных зондов для измерения уровня жидкости и датчика температуры;
- непрерывное отображение на индикаторе вычисленных значений объёма и массы, а также действующего значения плотности;
- архивацию полученных значений тока, плотности, давления, объёма и

массы топлива с заданным периодом (от 1 минуты), объём архива — 10 000 записей (этого достаточно для сохранения информации почти за 7 суток);

- диагностику подключаемых датчиков (цепей).

Помимо этого АСИУТ обеспечивает возможность установки контрольной точки в архиве в начале и в конце поездки или заправки, а также возможность ввода плотности топлива с кнопок блока контроля топлива (БКТ 2.2).

Питание системы стабилизированным напряжением осуществляется от бортовой сети 110 В.

Состав системы

В качестве основного блока системы был взят Универсальный регистратор цифровых и аналоговых сигналов, разработанный ЗАО «Системы и комплексы» (г. Рязань). Универсальность программного обеспечения регистратора, высокая надёжность комплектующих изделий и возможность работы в расширенном температурном диапазоне позволили легко адаптировать его для применения на железнодорожном транспорте.

«Сердцем» системы является контроллер фирмы FASTWEL CPU188-MX (рис. 1). Контроллер способен работать

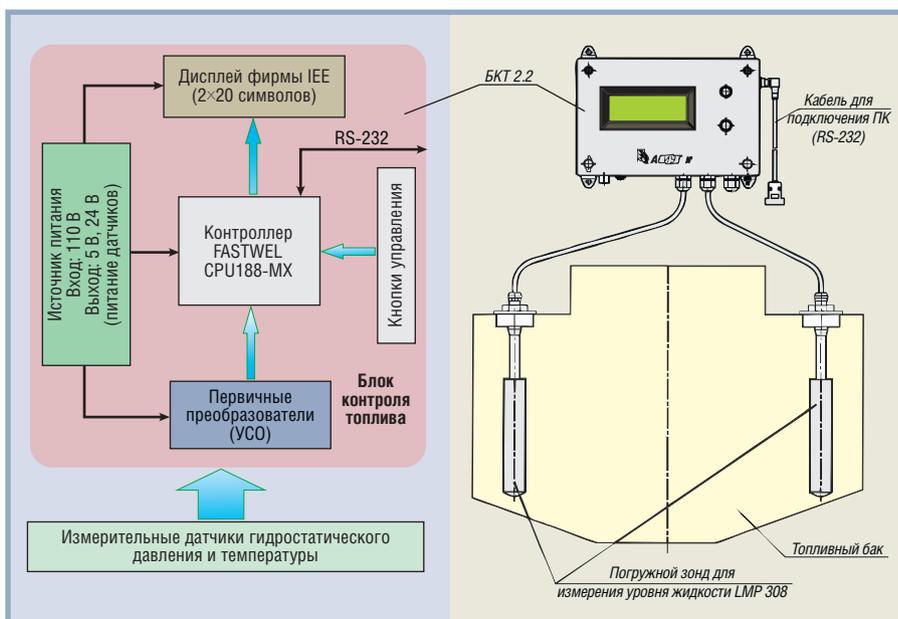


Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы измерения уровня топлива и схема установки датчиков



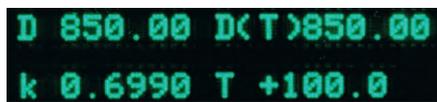
Рис. 2. Блок контроля топлива в базовой комплектации (БКТ 2.2)

в диапазоне температур от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$, имеет 8 аналоговых входов, 48 программируемых дискретных входов/выходов, 2 аналоговых выхода. Для отображения информации используется вакуумно-люминесцентный буквенно-цифровой дисплей фирмы IEE (Industrial Electronic Engineers).

В качестве датчиков уровня топлива используются погружные зонды LMP 308i. Количество погружных зондов в одном баке — 2. Подключение зондов для измерения уровня жидкости LMP 308i производится че-



а



б

Рис. 3. Примеры экранов режима индикации БКТ 2.2: а — объём, масса топлива и результаты диагностики датчиков (основной экран); б — значения плотности (введённое и расчётное), температуры топлива и коэффициента пересчёта

рез клеммы внутри блока контроля топлива, в котором установлен источник питания 24 В (0,4 А).

Термопреобразователь сопротивления размещён в одном корпусе с датчиком уровня.

При вычислении массы топлива необходимо учитывать его плотность. Для этого в АСИУТ реализована возможность ввода значения плотности топлива при температуре 20°C с последующим вычислением в блоке контроля топлива (БКТ 2.2) плотности при текущей температуре по формуле Д.И. Менделеева.

АСИУТ с самого начала проектировалась как универсальная система, работающая с несколькими датчиками, способная проводить измерения количества топлива отдельно по нескольким бакам и высчитывать суммарное количество, а также приспособленная для установки и на тепловозах, и на специальном подвижном составе.

АСИУТ имеет несколько исполнений и может в одном из них, предназначенном для обеспечения контроля параметров работы тепловоза, выполнять функции регистратора.

В базовой комплектации блок контроля топлива БКТ 2.2 (рис. 2) имеет 8 аналоговых входов, а также интегрированные интерфейсы RS-485 и RS-232. Есть возможность подключения дискретных входов. Прочный стальной корпус со степенью защиты IP65, а также применение процессорной платы промышленного назначения, твердотельного диска, дисплея IEE и герметичных

кабельных вводов фирмы RST позволяют использовать прибор в тяжёлых условиях эксплуатации.

Работа с блоком контроля топлива БКТ 2.2

После включения блок БКТ 2.2 переходит в режим индикации объёма и массы топлива (рис. 3 а). Соответствующий этому режиму набор высвечиваемой на дисплее информации принят в системе в качестве основного экрана. В строке 1 отображаются значения объёма (V) и массы (M) для одного бака. Строка 2 предназначена для диагностики подключённых датчиков. При нормальной работе системы в этой строке ничего нет, а при обрыве линий связи либо отключении датчиков будут выводиться сообщения вида P1Er, P2Er, TEr (соответственно для погружных зондов, измеряющих давления $P1$, $P2$, и датчика температуры T).

На лицевой панели БКТ 2.2 имеются две кнопки: верхняя (ВК) и нижняя (НК). С помощью кнопки НК можно последовательно «перелистывать» экраны. По истечении 10 секунд прибор всегда переходит на основной экран индикации объёма и массы.

Второй экран отображает объём V , массу M , давление P_{cp} , плотность D . При отказе или отключении одного из погружных зондов, измеряющих давление $P1$ или $P2$, в расчёте P_{cp} будут использоваться значения сохранившегося работоспособность датчика (два датчика установлены в разных концах бака, что позволяет компенсировать при измерении наклоны тепловоза;

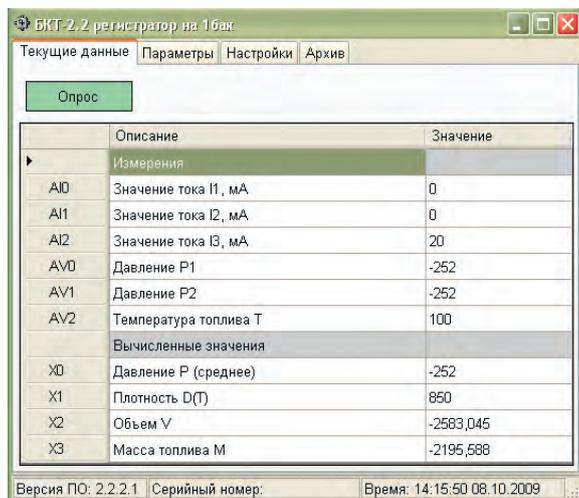


Рис. 4. Экранная форма «Текущие данные»

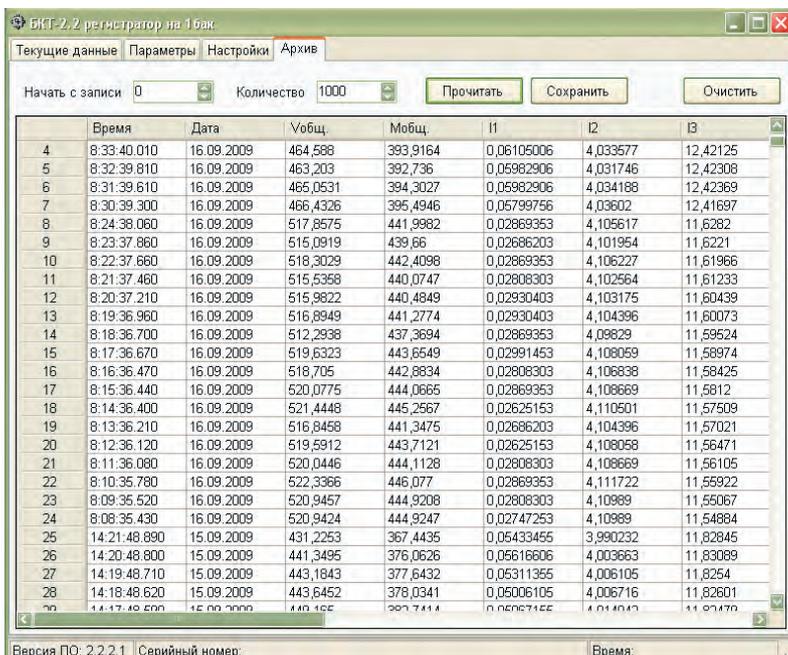
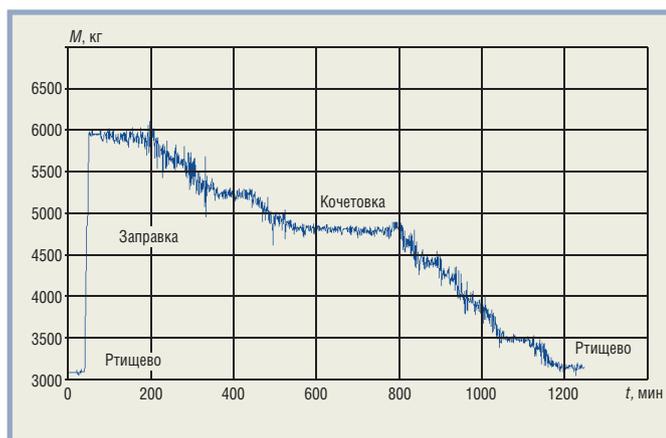
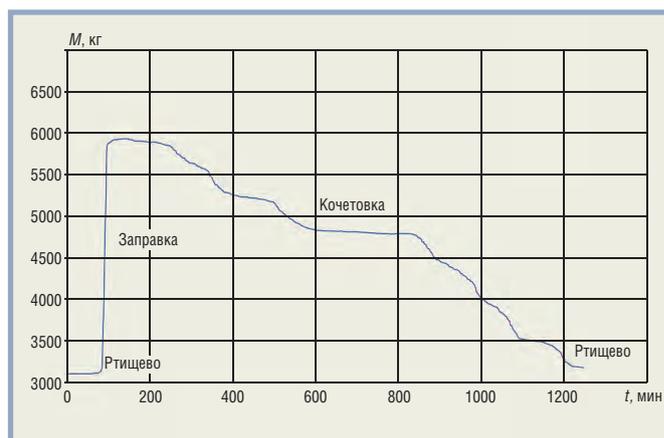


Рис. 5. Экранная форма «Архив»



а



б

Рис. 6. Влияние медианного фильтра на характер зависимости массы топлива в баке тепловоза 2ТЭ25К-0001 «Пересвет» от времени движения по маршруту Ртищево-Кочетовка-Ртищево: а — без фильтра; б — с медианным фильтром 89-го порядка

работа с одним датчиком приводит к соответствующему снижению точности измерений). Третий экран при нажатии кнопки НК показывает текущие значения токов датчиков. Следующий экран отображает значения плотности топлива D , плотности топлива при измеренной величине его температуры $D(T)$, температуры топлива T и коэффициента пересчёта k (рис. 3 б). При отключённом или неисправном датчике температуры значение $D(T)$ равно D . При последующем нажатии НК происходит переход на основной экран. Одновременное нажатие кнопок НК и ВК переводит прибор в режим просмотра архивных записей.

Для ввода плотности топлива тоже используются кнопки управления НК и ВК. Этот процесс санкционируется после ввода соответствующего пароля безопасности. Введённая плотность сохраняется в энергонезависимой памяти и может быть скорректирована из программы управления прибором.

Для обмена данными с переносной ЭВМ требуется подключить прибор через защищённый разъём к COM-порту компьютера. Чтение текущих показаний, архивных данных, а также настройка прибора осуществляются с помощью специальной программы. При правильном подключении к компьютеру в строке статуса программы появятся серийный номер и версия прошивки блока БКТ 2.2.

Для ограничения доступа персонала к настройкам прибора существует два типа паролей: пароль настройщика и пароль на полный доступ. Если войти без пароля или указать неверный код, то будут доступны только функции просмотра данных и сохранения архивов.

Программное обеспечение компьютера предусматривает различные экранные формы для отображения в более удобном виде значений параметров (текущих и архивных, измеренных и вычисленных), их систематизации, выполнения необходимых настроек, контроля и коррекции исходных данных:

- «Текущие данные» (рис. 4) — для каждого из каналов отображает текущие значения измеренного тока (I_1 , I_2 , I_3), вычисленные значения давления (P_1 , P_2), среднего давления (P_{cp}), температуры (T), плотности с поправкой на температуру ($D(T)$), объёма (V) и массы (M), а также показания встроенных часов прибора;
- «Параметры» — содержит данные, которые хранятся в энергонезависимой памяти;
- «Настройки» — предназначена для редактирования и записи настроек прибора;
- «Архив» (рис. 5) — предназначена для просмотра данных, хранящихся в архиве прибора (при необходимости может сохранять данные в текстовом формате).

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Для устранения влияния колебания топлива на точность измерений в системе АСИУТ предусмотрены фильтры, которые могут быть применены к измеренным значениям тока датчиков. Влияние медианного фильтра на зависимость массы топлива в баке тепловоза от времени показано на рис. 6.

В блок БКТ 2.2 также заложены программы усреднения с применением фильтра Кальмана и апертур. Медианный фильтр, фильтр Кальмана и апертур можно применять одновре-

менно. Применение фильтров зависит от серии тепловоза, на котором устанавливается система, и обусловлено, в первую очередь, уровнем вибрации топливного бака, жёстко скреплённого с главной рамой тепловоза.

АСИУТ устанавливается на тепловозах серий 2ТЭ25К и 2ТЭ25А. Отдельные образцы установлены на тепловозах других серий и на ряде путевых машин (специальном подвижном составе).

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

На графике (рис. 7) сравниваются значения объёма, полученные по показаниям АСИУТ на тепловозе 2ТЭ25А, со значениями объёма топлива в баке, вычисленными по тарифовочным показателям датчиков уровня. В основу графика легли наблюдения за показаниями приборов, проводившиеся в течение нескольких недель. Отклонения значений, полученных на основе измерений и тарифовочных данных, полностью соответствуют заявленной точности АСИУТ.

Для проведения тарифовок уровней создан стенд, к которому можно одновременно подключать до четырёх погружных зондов. Тарифовки производятся с целью повышения точности измерений. На стенде они выполняются поканально. Под каналом понимается датчик, подключённый к тому блоку контроля топлива, с которым он будет согласован на транспортном средстве. Тарифовочные зависимости — линейные.

Топливный бак тепловоза имеет сложную форму, с внутренними перегородками, часто с нишами для уста-

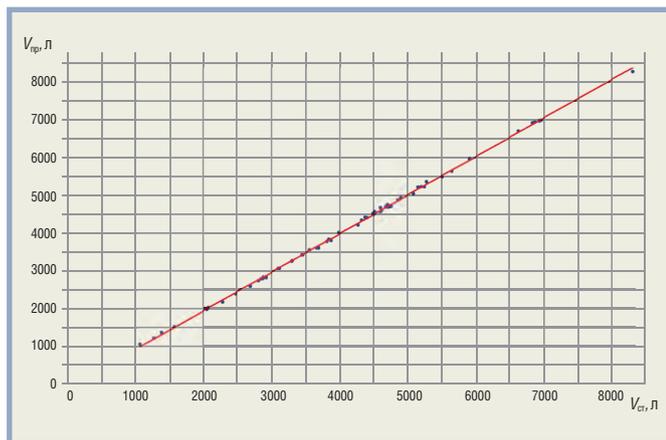


Рис. 7. Сравнение показаний объема топлива в баке тепловоза 2ТЭ25А при заглушённом дизеле по прибору БКТ 2.2 ($V_{гр}$, синий цвет) с тарифированными значениями ($V_{ст}$, красный цвет)

новки аккумуляторов. Точность измерения массы топлива в немалой степени определяется знанием зависимости уровня жидкости от объёма для конкретного бака. С целью получения таких зависимостей разработан тарифовочный насос (рис. 8) на основе гидромотора Danfoss OMP25. Погрешность такого устройства составляет менее 0,25%. Для управления частотой вращения мотора насоса установлен преобразователь частоты MICROMASTER 420 компании Siemens.

Наряду со вспомогательным оборудованием система АСИУТ располагает аппаратными средствами, на базе которых могут быть реализованы дополнительные возможности. Так, АСИУТ имеет несколько интерфейсных выходов для передачи информации в другие электронные системы, в частности, в систему управления тепловозом, благодаря чему можно оценить эксплуатационную экономичность тепловоза. Такая работа проводится на пассажирских тепловозах ТЭП70БС, грузовых тепловозах 2ТЭ25А и маневровом тепловозе с двухдизельной силовой установкой ЧМЭ3-4342.

В сочетании с информацией о загрузке тепловоза можно установить факты несанкционированного слива топлива. На основе наработанных в ходе создания системы алгоритмов слива топлива от 20 литров можно обнаружить, пользуясь лишь данными архива системы АСИУТ.



Рис. 8. Тарифовочный насос для проведения тарифовок топливного бака

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Поскольку от системы АСИУТ, в конечном счёте, требуется определить массу топлива, а не его уровень в баке, необходимо в оценку погрешности измерения включить точность определения зависимости объёма топлива от его уровня и погрешность, вносимую в расчёт плотностью.

Оценим погрешность измерения массы топлива, которая зависит от погрешностей измерения объёма, определённого по градуировке бака (согласно инструкции ОАО «РЖД» ЦТ-781 каждый топливный бак должен быть снабжён градуировочной таблицей), погрешностей измерения высоты жидкостного столба двумя датчиками, погрешности задания плотности топлива и погрешности измерения температуры топлива. Необходимые для расчёта данные сведены в табл. 1.

Основную погрешность можно считать по формуле:

$$\Delta = \sqrt{(\delta_p)^2 + (\delta_r)^2 + (\delta_v)^2 + (\delta_D)^2 + (\delta_T)^2} = \sqrt{(0,1)^2 + (0,1)^2 + (0,25)^2 + (0,5)^2 + (0,3)^2} = 0,65\%$$

Таким образом, по величине основной погрешности система АСИУТ удовлетворяет требованиям ОАО «РЖД» на допускаемую погрешность измерения массы топлива 0,65%.

Эта погрешность указана с учётом точности определения объёма бака, получаемой благодаря применению при тарифовках специально разработанного тарифовочного насоса. Указанная величина соответствует измерению массы топлива на тепловозе или путевой машине с заглушённым дизелем, что является обязательным требованием при замере уровня топлива. Однако часто дизели не глушатся по несколько суток, находясь в так называемом горячем отстое. В таких случаях вибрация главной рамы, к которой крепится топливный бак, а также слив топлива по обратной магистрали приводят к вспениванию топлива и волнению на его поверхности. Это увеличивает погрешность измерения, которая убирается применением фильтров. С учётом этой и других дополнительных погрешностей система АСИУТ при работающем дизеле обеспечивает погрешность измерения массы топлива не более 0,8%, что считается довольно высоким показателем.

На сегодняшний день это единственная из известных систем автоматизированного контроля и учёта дизельного топлива, обеспечивающая требуемую точность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние полтора года было внедрено более 30 систем, построенных на основе блоков БКТ 2.2. При этом не было зафиксировано ни одного отказа, причём системы эксплуатировались в жесточайших условиях. Достаточно сказать, что блоки БКТ 2.2 являются единственными электронными приборами, устанавливаемыми в дизельном помещении тепловоза, где температура поднимается до +60°C (другие электронные системы тепловоза устанавли-

Таблица 1

Данные, необходимые для расчёта погрешности измерения массы топлива

Измеряемая величина	Обозначение	Измерительный прибор	Количество приборов в расчётной схеме	Основная погрешность, %
Давление	P	Погружной зонд	2	$\pm 0,1$
Объём	V	Тарифовочный насос	1	$\pm 0,25$
Плотность при 20°C	D	Ариометр	1	$\pm 0,5$
Температура	T	Термопреобразователь сопротивления	1	$\pm 0,3$

ваются в проветриваемом тамбуре или в кабине локомотивной бригады, где есть кондиционер). Значительная часть тепловозов, оборудованных АСИУТ, работает в условиях Крайнего Севера, на железнодорожном участке Воркута — Сосногорск, то есть датчики системы, напротив, испытывают максимальное воздействие отрицательных температур, особенно в случае слива топлива при отстое тепловозов.

Применение АСИУТ позволило оптимизировать нормы расхода топлива, предупредить возможность несанкцио-

нированных его сливов, а также упорядочить заправки тепловоза топливом на маршрутах. Дело в том, что конструкция топливного бака тепловоза не позволяет штатными средствами контролировать примерно 20% его объёма, и это приводило к неполному заполнению бака, а затем — к дозаправке тепловоза на маршрутах и, в конечном счёте, к увеличению времени движения поезда по маршруту. Полная заправка баков перед началом поездки при контроле расхода топлива системой АСИУТ позволила обеспечить оборот тепловоза с

полной весовой нормой состава без дозаправок на маршруте. В итоге представленная система окупается менее чем через 2 года.

Дальнейшее расширение применения АСИУТ возможно после определённой доработки в направлении использования этой системы как регистратора параметров работы тепловоза. ●

**Авторы — сотрудники
ОАО «ВНИКТИ»**

и фирмы «Системы и комплексы»

Телефон: (4912) 241-182

E-mail: info@syscom.ryazan.ru

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

Sharp: UV²A-технология повышает качество панелей ЖК-телевизоров

Благодаря новой технологии фотовыравнивания UV²A молекулы жидких кристаллов могут быть ориентированы с точностью до нескольких пикометров. Это даёт очень высокую статическую контрастность 5000:1 и улучшение светопрозрачности более чем на 20 процентов.

Упорядочение молекул жидких кристаллов в заданном направлении является решающим фактором, определяющим качество изображения всех ЖК-дисплеев: чем лучше упорядочены молекулы, тем выше статическая контрастность и светопрозрачность экрана. Точное управление упорядочением и движением молекул жидких кристаллов является важным фактором также для обеспечения широкого угла наблюдения. Внедрив свою технологию Advanced Super View (ASV), компания Sharp уже нашла технологический метод упорядочения и управления молекулами жидких кристаллов, дающий исключительно высокое качество изображения ЖК-дисплеев. Теперь компания Sharp преодолевает более высокую планку и внедряет на рынке новые разработки с использованием UV²A-технологии для мультидоменного вертикального выравнивания молекул жидких кристаллов с помощью ультрафиолетового источника. Эта инновационная технология основана на сочетании собственной технологии ультрафиолетового облучения со специально разработанными Sharp материалами. UV²A-технология обеспечивает возможность упорядочения молекул жидких кристаллов в определённых местах панели под воздействием ультрафиолетового света.

По сложности структуры на экране, обеспечивающей ориентацию молекул жидких кристаллов, ASV-технология и UV²A-технология одинаковы. Основное различие состоит в том, что в случае UV²A-технологии микроструктура возникает из специального полимерного слоя, покрывающего стекло экрана, так называемого слоя выравнивания. Полимерные цепи, прилегающие к поверхности слоя выравнивания, ориентируются фотометрическим способом с целью образования микрорёбер, причём заданный угол наклона рёбер совпадает с направлением ультрафиолетового света, вызывающего выравнивание полимерных цепей. Эта ребристая микроструктура обеспечивает возможность очень точного управления упорядочением молекул жидких кристаллов. При этом угол наклона молекул жидких кристаллов размером всего около двух нанометров может быть задан с точностью до пикометров.

Точное упорядочение молекул жидких кристаллов за счёт применения UV²A-технологии даёт два эффекта, значительно влияющих на улучшение качества изображения ЖК-экранов телевизионных панелей. Во-первых, это устраняет утечку света от системы задней подсветки, что повышает статическую контрастность до 5000:1 и обеспечивает исключительно высокую глубину чёрного. Во-вторых, благодаря UV²A-технологии в ЖК-экранах может быть достигнут увеличенный коэффициент апертуры, повышающий прозрачность светового потока от системы задней подсветки более чем на 20 процентов. Результатом является более эффективное использование энергопотребления при более ярких и насыщенных цветах. Этот скачок в качестве изображения и энергосбережении имеет осо-

бое значение для следующих поколений экранов ЖК-телевизоров с Full HD-разрешением. Поэтому Sharp будет использовать UV²A как основную технологию для производства нового типа ЖК-панелей на вновь построенном заводе по изготовлению ЖК-панелей 10-го поколения в Сакаи и на заводе 8-го поколения Камеяма № 2. ●

Компания IEE будет использовать технологию DuPont™ Vertak™

Фирма DuPont Display Enhancements, Inc. объявила о завершении передачи прав на передовую технологию соединения DuPont™ Vertak™ компании Industrial Electronic Engineers, Inc. (IEE), которая будет использовать её для улучшения качества плоскостранельных дисплеев.

Технология соединения Vertak™ позволяет применять в процессе ламинирования патентованный клей для соединения нескольких подложек непосредственно на передней стороне жидкокристаллического монитора. В дополнение к передаче прав на технологию Vertak™ фирма DuPont Display Enhancements будет поставлять компании IEE материалы для склеивания, что позволит ей стать поставщиком комплексных решений по улучшению качества дисплеев.

Технология DuPont™ Vertak™ даёт возможность улучшить эстетичность конструкции, значительно повысить механическую прочность дисплея и технические характеристики при воздействии большинства внешних факторов. Технология была успешно реализована в дисплеях, применяющихся в жёстких условиях окружающей среды в авиационном электронном оборудовании, морской аппаратуре, военной и медицинской технике, и рассматривается в качестве ключевой в компактных решениях для сенсорных экранов, систем подсветки и видеоконтроллеров. Применение этой технологии способствует уменьшению стоимости и времени выполнения заказов и выводит компанию IEE на ведущие позиции среди поставщиков дисплейных решений. ●

