

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ ИНДИКАТОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ

С.В. Мойсеенко (РУДН), О.В. Максимова (Ульяновского института гражданской авиации)

Описаны проведенные исследования методов и средств измерения основных параметров жидкокристаллических структур и тонкопленочных электролюминесцентных излучателей. Сформулированы концептуальные подходы к разработке автоматизированных систем измерения светотехнических параметров наноструктурированных индикаторных элементов¹.

Ключевые слова: тонкопленочный индикатор, яркость, светоотдача, жидкие кристаллы, автоматизация, формализация, измерения, электролюминесценция.

Введение

Стремительное развитие пользовательской электроники в последние десятилетия способствует росту областей, в которых необходимы жидкокристаллические (ЖК) дисплеи или электролюминесцентные индикаторы как общего, так и специального назначения. Широкое применение ЖК-дисплеев, а также относительная дешевизна технологии предлагают разработчикам совершенствовать свои решения для применения в новых, ранее недоступных областях и устройствах (гибкие, фигурные, изогнутые дисплеи). В настоящее время все средства отображения информации делятся на две большие группы: устройства специального назначения и массовый сегмент. В массовом сегменте устройства, предназначенные на конечного потребителя, ориентируются на быстроедействие, психофизические особенности пользователя и энергоэффективность. В устройствах специального назначения приоритет отдается надежности и времени безотказной работы. Для конечных пользователей ЖК и индикаторной техники важно сочетание качественного изображения и цены, поэтому это соотношение является важным, а способы автоматизации данных процессов, приводящих к снижению стоимости технологии, являются востребованными.

На данный момент на рынке представлено множество разнообразных ЖК-дисплеев как бытового, так и специального назначения. Но компании-лидеры отрасли стремятся разработать индикаторную технику с более жесткими требованиями к эксплуатационным характеристикам, чтобы расширять сферу применения индикаторной техники не только в привычном бытовом сегменте, но и в областях, развитие которых проходит наиболее динамично в последние годы (IoT, авиация, космонавтика). Такие компании (BenQ, Samsung, BOE Technologies) в основном находятся в азиатско-тихоокеанском регионе, что дополнительно способствует повышению конкуренции между ними, а также способствует разработке различных индикаторных устройств. В настоящее время хорошо исследованы основные параметры тонкопленочных электролюминесцентных структур, а также ЖК-индикаторов [1–4], но расширение рыночных

перспектив делает актуальными задачи оптимизации светотехнических характеристик, увеличения угла обзора, уменьшения тепловыделения, уменьшения массогабаритных характеристик и повышение отказоустойчивости в условиях работы в агрессивной среде.

В настоящее время ЖК-индикаторные устройства преобладают на рынке над тонкопленочными электролюминесцентными индикаторами. Успехи, достигнутые в исследовании тонкопленочных структур, в перспективе позволяют предположить создание стабильных, многоцветных, энергоэффективных излучательных структур на основе тонкопленочной технологии [5].

Преобладание ЖК-индикаторных устройств на рынке обусловлено несколькими факторами как исключительно производственного характера, так и связанными непосредственно с конечными пользователями. К факторам производственного характера относятся изученность данной технологии, дешевизна изготовления, доступность комплектующих. К факторам, связанным с конечными пользователями, отнесем высокую разрешающую способность данных индикаторных элементов, невысокое тепловыделение, безопасность для здоровья.

Несмотря на лидирующее положение ЖК-дисплеев на рынке и их преимущества перед конкурирующими технологиями, данный вид индикаторной техники не может в полной мере обеспечить потребности областей, выдвигающих специальные требования к устройствам отображения информации. Кроме того, ЖК-дисплеи по некоторым параметрам (светотехническим, конструкторско-технологическим) уступают тонкопленочным электролюминесцентным индикаторам. Применение же электролюминесцентных тонкопленочных структур, а также перспектива развития этой технологии в первую очередь связаны с повышением резольюционной способности данной технологии.

Одним из главных недостатков технологии тонкопленочных люминесцентных индикаторов является необходимость управления переменным напряжением высокой амплитуды, однако в настоящее время разработаны высокоэффективные конвертеры

¹ Работа выполнялась в рамках проекта мол_нр 17-37-50073 «Разработка электролюминесцентных и жидкокристаллических материалов для электронных дисплеев и методов их исследования.», поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (договор № 17-37-50073\17).

напряжения, позволяющие преобразовывать низковольтное постоянное напряжение в переменное с высоким амплитудным значением [6, 7].

Таким образом, существуют проблемы создания средств отображения информации как на основе ЖК-технологии, так на основе тонкопленочных электролюминесцентных структур.

Задача исследования характеристик индикаторных элементов представляет собой комбинаторный и трудозатратный процесс. Требуется разработать универсальные алгоритмы исследования различных характеристик индикаторных устройств, методики измерения параметров и построения моделей наноструктурированных средств отображения информации, реализацию их в аппаратно-программном автоматизированном исследовательском комплексе.

Анализ процессов исследования электрооптических элементов и компонентов дисплеев

В процессе разработки автоматизированной системы измерения параметров индикаторных элементов ставились следующие цели:

- 1) создание эффективных и полных моделей элементов индикаторной техники;
- 2) обеспечение качества эксперимента и точности измерения;
- 3) получение научных результатов, достижение которых невозможно без использования средств автоматизации;
- 4) снижение временных затрат и трудоемкости научных исследований;
- 5) разработка универсальных подходов к созданию методик и средств измерения основных функциональных параметров индикаторных элементов независимо от их структуры и конструкции.

На начальных этапах исследования были разработаны системы автоматизации проектирования средств отображения информации, программы расчета различных параметров индикаторов и сформулированы требования к АСУТП производства [1, 3–6].

Выделим следующие этапы проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств [2, 7–10] и ЖК-ячеек:

- 1) составление технического задания;
- 2) определение структуры и организации тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов и ЖК-ячеек;
- 3) определение электрических и конструктивных параметров элементов, komponующих устройство;
- 4) коррекция структуры и оценка спроектированного индикатора или ячейки.

Требования к системе измерения параметров индикаторных элементов:

- возможность проведения физического эксперимента с использованием натуральных образцов индикаторных элементов;
- обеспечение высокой достоверности, наглядности и информативности измерительных данных;

- надежность хранения и передачи измерительной информации;
- высокая скорость обработки результатов измерений и представления отчетов;
- простота в эксплуатации и обучении персонала;
- масштабируемость и возможность расширения функциональности в целях обеспечения работы с перспективными образцами индикаторных элементов [1].

Анализ вышеназванных требований к измерительной системе позволил выделить общие для ЖК и тонкопленочных электролюминесцентных элементов формализуемые этапы исследовательских процессов:

- 1) определение конструкции и параметра индикаторного элемента для проведения измерений (определение объекта и предмета исследования);
- 2) выбор методики исследования параметров индикаторов;
- 3) формирование аппаратного решения для проведения физического эксперимента;
- 4) обеспечение передачи данных на персональный компьютер;
- 5) обработка и хранение результатов измерений.

С учетом указанных формализуемых этапов проведения измерений и при наличии банка данных конструкций, параметров индикаторных элементов, методов измерения и перечня измерительных инструментов была разработана автоматизированная система подготовки эксперимента [1].

Технологической задачей разработки метода исследований является скорость и простота измерений, что должно обеспечиваться автоматизацией управления параметрами измерительного процесса и автоматизацией регистрации результатов измерений. При этом может использоваться комбинация различных методик измерения в одной установке.

Исследования светотехнических характеристик индикаторных элементов

Рассмотрим аппаратно-программный комплекс, реализующий различные методики для исследования пропускания света ЖК-ячейкой в зависимости от угла преднаклона. Схема устройства в конфигурации для измерения одного из параметров показана на рис. 1.

Излучение лазера проходит через поляризатор и падает на ЖК-ячейку, находящуюся в движении. После прохождения через движущуюся ЖК-ячейку луч проходит через анализатор и попадает в фотоприемник. Коническое колесо, вращающее ячейку, приводится в движение основным коническим колесом заданной программе, установленной в блок управления мотором. Скорость вращения ячейки оптимально подобрана для своевременного снятия показаний с фотоприемника. Данные с фотоприемника попадают на осциллограф, где обрабатываются в специальной программе с возможностью записи массива данных в файл.

Рассмотрим экспериментальные данные, полученные с помощью указанного аппаратно-программного комплекса для образца ЖК № 2727 (рис. 2).

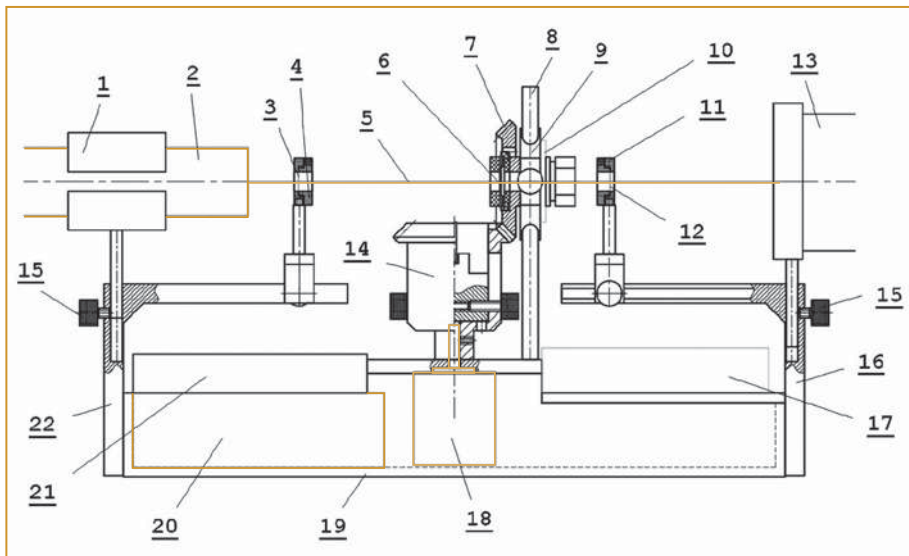


Рис. 1. Схема измерительной установки, где 1) крепеж излучателя, 2) излучатель (лазер ГН-5П), 3) поляризатор (NPPFG-1220DU), 4) поворотный крепеж поляризатора, 5) основная оптическая ось, 6) объект исследования (ЖК-элемент), 7) колесо коническое с фактурной рабочей поверхностью (зубья), 8) вертикальные направляющие, 9) подвижный держатель (подвижность осуществляется благодаря направляющим 8), 10) подшипник, 11) поворотный крепеж анализатора, 12) анализатор (NPPFG-1229DU), 13) корпус измерительного оборудования, 14) колесо коническое с фактурной рабочей поверхностью (зубья) и полостью для держателя объекта исследования, 15) зажимы резьбовые, 16) крепежное основание для фотофиксирующего оборудования, 17) программируемый блок управления шаговыми двигателями (SMSD-1.5K), 18) шаговый двигатель (FL-42STH), 19) корпус устройства, 20) импульсный источник питания (GSM-H60S), 21) система охлаждения источника питания (20) активная (устанавливается опционально), 22) крепежное основание для оборудования, формирующее основную оптическую ось (5)².

Полученный график полного оборота на 360° состоит из двух локальных максимумов и двух локальных минимумов, что характерно для ЖК твист ячеек. Фотоприемник регистрирует изменение интенсивности светового луча, проходящего через твист ЖК элемент, данная величина в эксперименте динамично

изменяется в диапазоне 0...0,18 мВ. изученных и известных параметров и свойств конкретного ЖК, применимого в каждом отдельном случае. Используя в качестве верхнего слоя КИЭ прозрачный тонкопленочный электролюминесцентный элемент, можно добиться повышения прочности КИЭ, так как

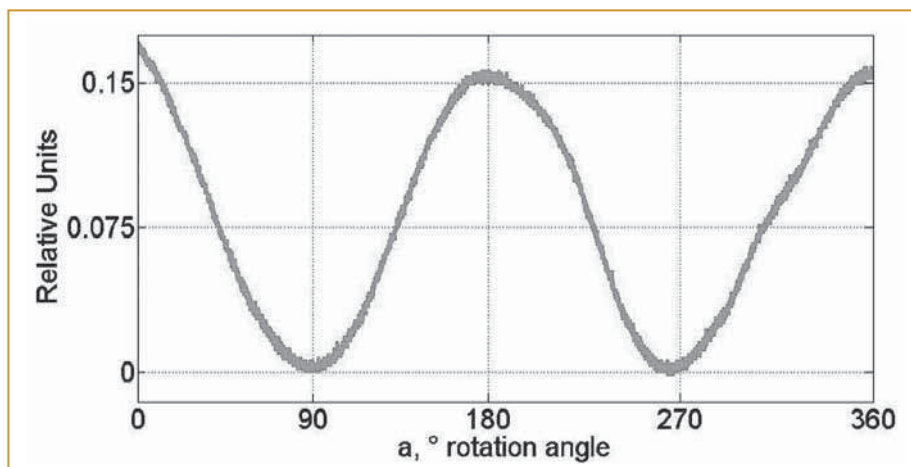


Рис. 2. Изменение интенсивности светового луча, проходящего через твист ЖК элемент №2727

более прочные и надежные тонкопленочные электролюминесцентные индикаторы выступают дополнительным защитным элементом более хрупкого ЖК-элемента. Данная концепция подразумевает комбинирование индикаторов в одном устройстве отображения информации, используя достоинства каждого из индикаторов, благодаря чему позволяет двум технологиям взаимодополнять друг друга.

Наличие в аппаратно-программном комплексе функциональности моделирования электрооптических элементов позволяет предположить, что

¹ На конструкцию данного комплекса подана заявка на патент. Получено предварительное одобрение из ФИПС.

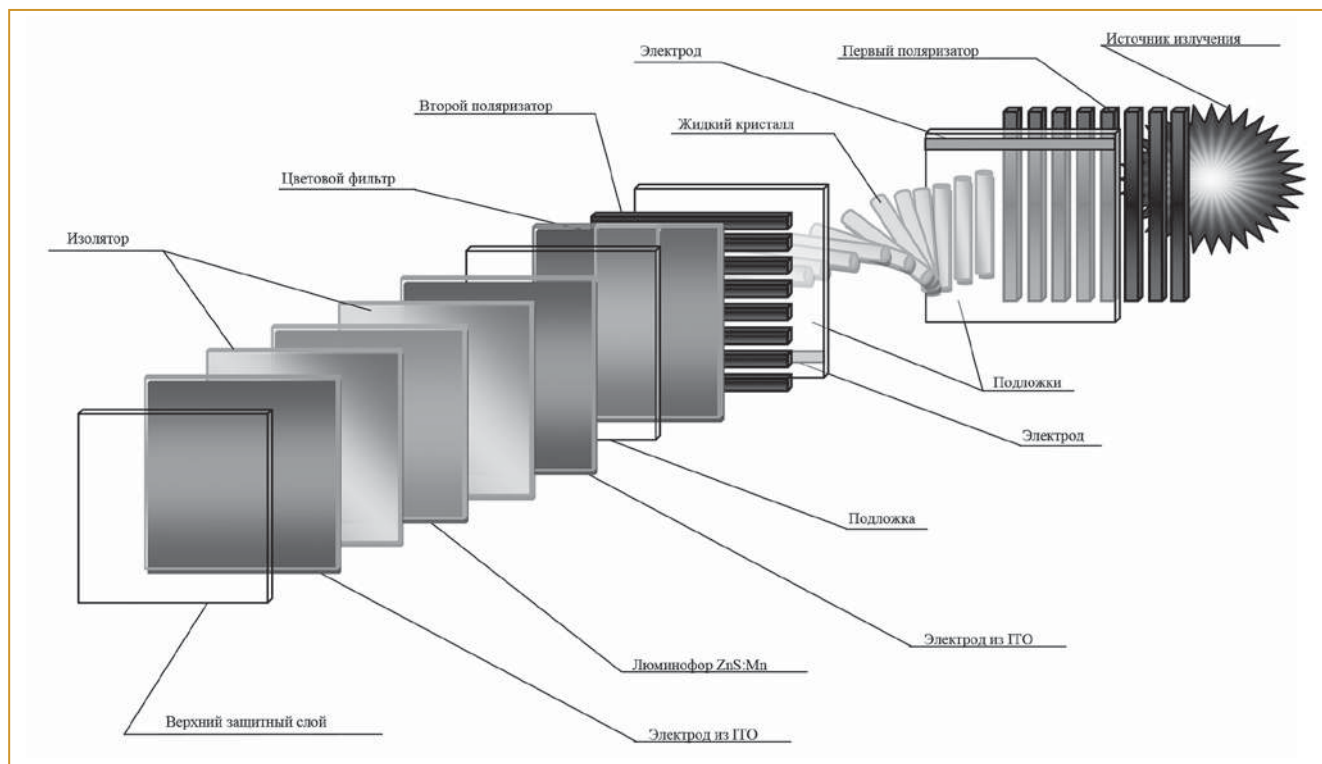


Рис. 3. Модель элемента отображения информации на базе комбинации технологий ЖК и ТПЭЛИ

параметры пропускания света перспективной ячейки в опыте с вращением ячейки по одной из методик, реализованной в измерительном устройстве, будут коррелировать с электрооптическими характеристиками самого ЖК-элемента, взятого за основу (в данном случае для примера взята ячейка № 2727). Основой изменения пропускания света в данном случае является жидкий кристалл, находящийся между скрещенными поляризаторами. Вращение ЖК в скрещенных поляризаторах является основой измерения ячейки, созданной комбинаторным методом. Таким образом, не находясь между поляризаторов, верхний слой перспективного индикаторного элемента, сформированный ТПЭЛИ элементом, не будет нести качественных изменений светотехнических характеристик новой индикаторной ячейки. Небольшие изменения количественных характеристик будут выражены изменением яркости светотехнической конструкции в сторону снижения.

В аппаратно-программном комплексе предусмотрено программное обеспечение, позволяющее графически отображать зависимость пропускания света от угла поворота ячейки, исходя из основных параметров кристалла для систем с различной ориентацией ячейки [1].

Расчетные данные, полученные для образцов ЖК-ячеек различного типа ориентации, сопоставлены с экспериментальными результатами, и на их основе определены значения параметров взаимодействия жидких кристаллов с поверхностью ориентирующего слоя.

Для измерения двух свойств ЖК-ячеек разработаны и физически реализованы оригинальные систе-

мы автоматического поворота подвижных элементов и их кинематические схемы управления при различных направлениях поворота ячейки в одной установке. Разработанные системы обеспечивают диапазон изменения углов поворота в заданном диапазоне с точностью, достаточной для правильного определения измеряемых физических параметров, а также высокую скорость измерения. В результате точность определения угла наклона ЖК увеличена до $0,1^\circ$ при исключении систематической ошибки, возникающей из-за неправильного определения конфигурации поля ориентации ЖК. Точность определения азимутальной энергии сцепления увеличена до 10^{-5} Дж м^{-2} , диапазон измерения величины расширен до значений от $5 \cdot 10^{-6}$ Дж м^{-2} до $3 \cdot 10^{-3}$ Дж м^{-2} .

Заключение

Проведенные исследования в области автоматизации процессов измерения светотехнических характеристик наноструктурированных индикаторных устройств позволили выделить следующие результаты.

1. Сформулированы требования к измерительным системам индикаторных элементов.
2. Определены формализуемые этапы исследования параметров индикаторов.
3. Разработаны методы проведения измерений светотехнических параметров ЖК и тонкопленочных электролюминесцентных элементов.
4. Выявлены общие подходы к процедурам измерения светотехнических характеристик ЖК и тонкопленочных электролюминесцентных элементов.

5. Предложена конструкция перспективного индикаторного элемента, основанного на объединении технологии ЖК и ТПЭЛИ.

6. Разработаны средства автоматизации, обеспечивающие проведение физического эксперимента, сбор, обработку и хранение результатов измерений.

Полученные в результате выполнения данной работы выводы и результаты могут быть использованы при создании систем автоматизации проектирования и автоматизации технологической подготовки производства ЖК и ТПЭЛ индикаторов.

Список литературы

1. *Максимова О.В., Максимов С.М., Мойсеенко С.В.* Автоматизация процессов измерения светотехнических характеристик наноструктурированных индикаторных устройств // Автоматизация процессов управления. 2015. № 1 (39). С. 106 -113.
2. *Самохвалов М.К., Максимова О.В.* Разработка алгоритмов проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. «Технические науки». 2008. № 1(21). С. 99-106.
3. *Максимова О.В., Максимов С.М., Самохвалов М.К.* Анализ процессов проектирования и технологии наноструктурированных тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств // Вестник МГОУ. Сер. «Физика – Математика». 2013. № 3. С. 74-78.
4. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Математическое обеспечение САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов при решении задач синтеза конструкций // Вестник МГОУ. Сер. «Физика – Математика». 2012. № 1. С. 77-85.
5. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Исследование процессов проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов для автоматизации расчетов их функциональных характеристик // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2011. № 10 (36). С. 99-104.
6. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Исследование влияния конструктивных параметров тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов на режимы их работы для формирования математического обеспечения // Вестник МГОУ. Сер. «Физика – Математика». 2012. № 1. С. 85-92.
7. *Евсевичев Д.А., Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Автоматизированная система технологической подготовки производства тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств TFELDDS // Автоматизация в промышленности. 2013. № 9. С. 39-42.
8. *Максимова О.В., Евсевичев Д.А.* САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов // Вестник МГОУ. Сер. «Физика – Математика». 2012. № 2. С. 131-135.
9. *Евсевичев Д.А., Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Решение задач автоматизированного проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов // Автоматизация процессов управления. 2013. № 3 (33). С. 69-75.
10. *Максимова О.В., Максимов С.М., Самохвалов М.К.* Задачи автоматизации моделирования яркости и светоотдачи тонкопленочных электролюминесцентных конденсаторов // Автоматизация процессов управления. НПО "Марс". Ульяновск. 2014. №2(36). С. 98-105

Максимова Оксана Вадимовна — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации,

Мойсеенко Сергей Владимирович — инженер Российского университета дружбы народов. E-mail: cormorant.xiii@gmail.com first32007@yandex.ru

«АйДи – Технологии управления» автоматизировала систему техобслуживания и ремонтов в ПАО «Кубаньэнерго»

Системный интегратор «АйДи – Технологии управления» завершил проект по развитию системы управления производственными активами в части внедрения автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (АСУ ТОиР) в ПАО «Кубаньэнерго».

Проект для «Кубаньэнерго», крупнейшей электросетевой компании на территории Краснодарского края и Республики Адыгея, реализован на платформе 1С. Результатом проекта стала автоматизация и оптимизация процессов управления ремонтами и техобслуживанием оборудования. Кроме того, автоматизирована разработка производственных программ, отвечающих единым требованиям, установленным внешними и внутренними нормативными документами ПАО «Россети» и ПАО «Кубаньэнерго».

Внедренная АСУ ТОиР интегрирована с программным комплексом «Аварийность», с системой бухгалтерского учета для организации обмена данными, требуемыми для планирования производственных программ. Оптимизированы интерфейсы ввода данных и формирования отчетности для обеспечения скорости и удобства работы пользователей.

Проект является масштабным как по своей географии, так и по числу пользователей. Помимо исполнительного аппарата ПАО «Кубаньэнерго», в системе работают сотрудники 11 электросетевых предприятий, в 54 районах электрических сетей. В системе работают 300 пользователей.

Команда внедрения «АйДи – Технологии управления» тесно взаимодействовала с заказчиком на каждом этапе проекта от первичного сбора информации до разработки и внедрения АСУ ТОиР на базе 1С.

В планах – развитие системы и наращивание ее функциональности.

[Http://www.itrend.ru](http://www.itrend.ru)