

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

ВЧЕРА. СЕГОДНЯ. ЗАВТРА

О.Макиенко

XX век – век самых впечатляющих достижений в различных областях науки и техники. Достаточно вспомнить такие глобальные программы, как космос и атомная энергия. Однако даже они ни по вложенным средствам, ни по мощному, непрерывно возрастающему влиянию на жизнь планеты не могут сравниться с суперпрограммой XX века – телевидением. Поэтому вопрос “Каким будет телевидение XXI века?” чрезвычайно важен и интересует всех. Ответ на него имеет особое значение для тысяч разработчиков и конструкторов, создающих все новые и новые типы телевизионных систем и вольно или невольно спрашивающих себя, в правильном ли направлении они идут, окажется ли нужной их работа в будущем и каково это будущее. Мнение одного из них – главного конструктора лазерных электронно-лучевых приборов (ЭЛП) – мы здесь и представляем.

Введение. Телезрителя мало интересует огромный ТВ-комплекс (телецентры, приемопередающая аппаратура, спутники и т.д.). Он судит о телевидении в целом лишь по качеству получаемого изображения, которое всегда было, есть и будет главным показателем уровня качества всей системы. Следовательно, основа телевизионной системы – средство отображения ТВ-информации, все же остальные средства, при всей их важности, только обеспечивают функционирование этой основы – давно ставшего привычным телевизора. Традиционный телевизор сегодня практически доведен до совершенства, и по крайней мере еще 10–20 лет он останется главным средством отображения ТВ-информации. А что дальше? Попытаемся, хотя бы в общем виде, определить подход к решению проблем обеспечения высокого уровня качества изображения телевизора будущего.

Главный критерий оценки ТВ-изображения – его соответствие реальности, т.е. экран телевизора будущего должен быть как бы “окном в реальный мир”. Основные параметры такого “окна” – размеры и качество воспроизводимого изображения, т.е. телевизор будущего должен иметь большой экран и давать изображение, максимально соответствующее реальности. Требования к качеству изображения доста-

точно сложны и будут подробно рассмотрены ниже. Требования к размерам просты: воспроизводимые на экране объекты должны иметь размеры, привычные для зрителя в реальной жизни. В жилом помещении с линейными размерами до 10 м зритель видит сцену, как в реальном театре с первых рядов партера, при диагонали экрана “домашнего кинотеатра” не менее 2 м. С увеличением линейных размеров зрительской аудитории диагональ экрана также должна увеличиваться, и верхнего предела нет – аудитория может быть любой, даже стадионом. Уже давно стало очевидным, что создать телевизор будущего на основе традиционного кинескопа нельзя, поскольку изготовить кинескоп с такими размерами практически невозможно. Да и нужно ли? Таким образом, традиционные кинескопы выпадают из рассмотрения средств формирования изображения по геометрическим причинам. Другой класс современных устройств отображения информации – составные экраны на базе плазменных, светодиодных и других панелей – отпадает из-за принципиальной непригодности к воспроизведению “реального” изображения. Хотя размеры экрана таких средств достаточно большие, качество их изображения никак не отвечает требованиям телевидения (такое “окно в клеточку” совершенно непривычно и неприемлемо для большинства законопослушных граждан). Правда, сейчас, во времена неопределенности, даже эти, заведомо неперспективные системы, используются достаточно широко. Но они предназначены в основном для наружной рекламы, шоу-бизнеса и т.п.

По-видимому, одно из самых перспективных средств формирования изображения большого размера – проекционные системы, которые здесь и будут рассмотрены.

Немного истории. Чтобы правильно оценить современное состояние проекционных устройств, их ближайшую и отдаленную перспективы, необходимо, хотя бы кратко, вспомнить историю их развития. Разработка первых проекционных систем началась в 40-е годы прошлого века [1,2]. Естественно, это были системы на основе ЭЛП с обычными люминофорами и очень мощным электронным пучком (средний ток до 5 мА, энергия до 80 кВ). Тепловая энергия электронного пучка достигала 300–400 Вт, и чтобы ее как-то отвести с экрана, первые образцы проекционных ЭЛП выполнялись по так называемой схеме возбуждения электронным пучком “на отражение” (или **рир**). В такой системе электронный пучок падал на экран под углом порядка 45° и свет выходил в обратном по отношению к пучку направлении. Однако у рир-ЭЛП было множество недостатков: неоднородность поля свечения, несимметричность пучка и т.д. Поэтому от этих приборов сразу же отказались. И первые реально заработавшие проекционные ЭЛП были выполнены по классической схеме, в которой направления распространения электронного пучка и света совпадают. С помощью этих приборов уже в 40-е годы удалось воспроизвести ТВ-изображение на экране площадью до 10–12 м². Однако качество его было низким. А главное, из-за высокой мощности электронного пучка долговечность первых проекционных ЭЛП не превышала 100 ч. В результате люминофорные проекционные ЭЛП отошли на второй план



(примерно на 30 лет), и основные усилия разработчиков проекторов сосредоточились на создании так называемых “светоклапанных” пассивных систем, или, иначе, модуляторов света.

Общий принцип действия светоклапанных систем прост и понятен каждому, кто хотя бы в детстве имел дело с обычным диапроектором: излучение мощной лампы проходит через небольшую картинку-слайд и проецируется с помощью оптической системы на внешний экран. Но и для светоклапанных систем качество изображения было и остается до сих пор камнем преткновения. Главная проблема таких устройств – формирование и управление картинкой (или электронным слайдом) для воспроизведения динамичного, “живого” изображения. Высококачественный электронный слайд еще не создан, несмотря на то, что работы в этом направлении ведутся более 50 лет и ведущие страны мира, включая Советский Союз, потратили на них сотни миллиардов долларов. Поэтому пока нет широкой сети ни электронных кинотеатров, ни телетеатров.

За полвека были опробованы десятки способов формирования электронных слайдов, основанных на различных эффектах взаимодействия электронного пучка с разнообразными средами – от слюды до масляных пленок. Электронный пучок оставался главным записывающим средством, а эффекты были самые разные: обесцвечивание среды или, наоборот, ее окрашивание, нагрев, создание механических напряжений и изгибов и т.п. Первый светоклапанный прибор – скиатрон на основе эффекта окрашивания кристаллов галлоидных солей под действием электронного пучка – еще во время второй мировой войны использовался для отображения радиолокационной обстановки на большом экране.

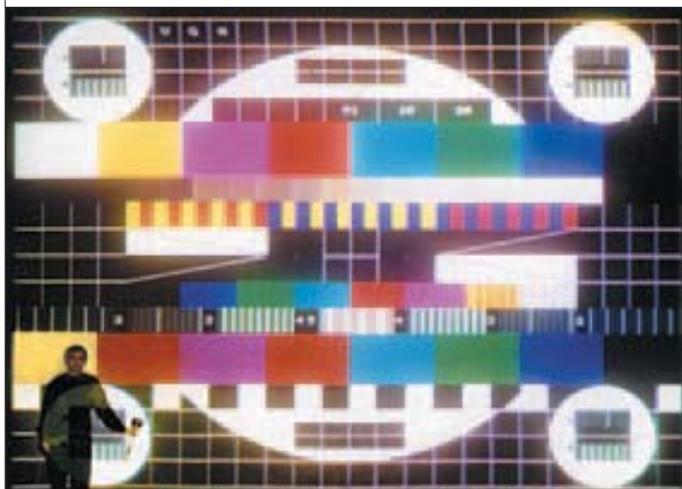
Шедевр технической мысли тех лет, с точки зрения современного разработчика, – система “Эйдофор”, разработка которой велась около четырех десятилетий. Первые образцы этого проектора были с двухэтажный дом из-за его чрезвычайной сложности и принципа действия – изгиба равномерной пленки масла, текущей по экрану, под действием электронного пучка. Световой поток системы достигал 10000 лм, качество изображения было достаточно хорошим. Сейчас кажется невероятным, что такой прибор вообще мог быть создан, а он не просто был разработан – было освоено его серийное производство. На основе проекционной системы “Эйдофор” был выполнен первый большой телевизионный экран Центра управления космическими полетами. Однако ни одна из модификаций этого проектора не нашла широкого применения, поскольку во-первых, не была решена проблема воспроизведения высококачественного ТВ-изображения, а во-вторых, эти системы были очень дороги (200–300 тыс. долл.), сложны в эксплуатации и не достаточно надежны. В целом же при рассмотрении светоклапанных систем первого поколения приходится только удивляться изобретательности и таланту разработчиков того времени и восхищаться их приборами.

К моменту достижения предельных возможностей светоклапанных модуляторов света первого поколения (начало 70-х годов) началось бурное развитие казалось бы забытых проекторов на основе люминофорных ЭЛП. Стимулом к проведению этих разработок послужило появление новых высокоярких эффективных люминофоров, позволивших значительно улучшить характеристики ЭЛП: снизить ускоряющее напряжение почти в два раза (до 30–40 кВ), уменьшить токи пучка в пять раз (до 1,0 мА) и увеличить долговечность в 20–30 раз. Новые ЭЛП по своему радиотехническому обеспечению оказались сопоставимы с обычными кинескопами, что позволило создать компактные и недорогие проекторы, которые совместно с направленными экранами обеспечивали получение изображения с размерами 1–5 м по диагонали. Проекторы на базе таких ЭЛП не отличались большим световым потоком (200–300 лм), но качество изображения было до-

статочно высоким, стоимость низкой, и они доминировали на мировом рынке средств проекционного отображения телевизионной и дисплейной информации практически до конца века.

В середине 90-х годов началась разработка и производство второго поколения пассивных светоклапанных проекторов (дисплеев) с использованием совершенно нового дискретного метода управления элементами изображения (пикселями) матрицы на основе ЖК-материала. Пропускание или отражение излучения лампы ЖК-элементом регулируется внешней цифровой схемой управления. Излучение модулируется по интенсивности за счет времени, в течение которого элемент открыт: чем оно продолжительнее, тем ярче свечение элемента. Аналогичен и принцип цветовой модуляции: цвет элемента определяется набором дискретно пропущенных основных цветов излучения лампы, предварительно разложенного на три основных составляющих (RGB). Создание матрицы управляемых элементов изображения стало возможным исключительно благодаря интенсивному развитию и успехам как микроэлектроники (по технологии которой изготавливаются и сама ЖК-матрица, и схема управления), так и компьютерной техники (принцип управления матрицей). Поскольку в таких проекторах на основе матриц – “живых слайдов” – не используется электронный пучок, то понятно, что по своим потребительским параметрам (габаритам, массе, энергопотреблению) они могут быть доведены до уровня обычного диапроектора. Начался бурный процесс их развития, который поддерживали мощные инвестиции (до десятков миллиардов долларов в год). Это и определило фантастическую скорость совершенствования сначала ЖКИ, а затем и микрозеркальных дисплеев (DMD).

Свою историю имеют и лазерные проекционные системы. Попытки использовать лазер для воспроизведения ТВ-изображения начались еще в 60-е годы и не прекращаются до сих пор. Желание создать “лазерный телевизор” объясняется его принципиальным преимуществом перед любыми другими типами телевизионных систем – абсолютная чистота цвета, т.е. его полная насыщенность и глубина, что впервые увидели посетители на Всемирной выставке в Осаке еще в 1970 году. Благодаря этому свойству ТВ-изображение чрезвычайно красивое и запоминающееся. Однако из-за проблем модуляции излучения по пространству и интенсивности применение в проекторах традиционных газовых, жидкостных, твердотельных и других лазеров сопряжено с трудностями организации ТВ-растра. Поэтому лазерные проекторы были и остаются по сей день громоздкими, дорогими и сложными в эксплуатации. Кроме того, из-за высокой когерентности



Изображение, полученное с помощью квантоскопа и полностью лишённое спекл-фона. Световой поток – порядка 3000 лм; разрешение – 1200 ТВ-линий, контраст 1:100

излучения лазеров ТВ-изображение на экране имеет так называемый “спекл-фон” (зернистость поля), что крайне отрицательно сказывается на зрении. По этим причинам все разработанные за последние 30 лет лазерные проекционные ТВ-системы до сих пор остаются опытными и не находят широкого применения.

Особое место занимают проекционные ТВ-системы на основе не традиционных лазеров – лазерные ЭЛП, или лазерные кинескопы, или квантоскопы. У них тоже интересная и богатая событиями 30-летняя история. Но если рассмотренные выше системы разрабатывались практически параллельно во всех развитых странах мира, то лазерные кинескопы все эти годы создавались и непрерывно совершенствовались только в Советском Союзе, а ныне в России. Спорадические попытки отдельных, хотя и очень мощных зарубежных компаний, таких как MacDonnell Douglas, 3M или Samsung, создать лазерный кинескоп заканчивались одинаково: программы сворачивались, поскольку для их успешного выполнения требовались годы и годы. А много времени никто не давал: через два-три года, максимум пять лет, разработка должна приносить прибыль.

Принцип действия лазерных кинескопов предельно прост и основан на замене люминофора монокристаллом, каждая точка которого при возбуждении электронным пучком генерирует лазерное излучение. В силу принципиальных физических законов световой поток, или яркость свечения, такого “лазерного слайда” (мишени) в десятки раз выше, чем люминофорного, а цвета изображения совершенно чистые, как и при использовании традиционных лазеров. И все это без спекл-фона. Однако создание лазерного слайда и доведение его до уровня практического применения потребовали 30 лет напряженной работы и значительных финансовых затрат со стороны государства (порядка 100 млн. долл.). По существу это была общенациональная программа, в которой участвовали ведущие научно-исследовательские и прикладные институты и университеты Москвы, Киева, Вильнюса, Кишинева и других городов.

Немного “лирики”. Все в истории повторяется и развивается по спирали. Так и в области проекционных систем: сначала разрабатывались активные проекторы на основе люминофорных ЭЛП первого поколения; им на смену пришли пассивные приборы также первого поколения, затем вновь стали доминировать активные системы на высокояркостных ЭЛП второго поколения; их в свою очередь сегодня теснят новые пассивные (светоклапанные) дискретные дисплеи. На каждый виток этой восходящей спирали затрачивается примерно 25 лет.

Первое поколение квантоскопов имело те же недостатки, что и первое поколение проекционных люминофорных ЭЛП – высокое напряжения порядка 65 кВ, нестандартность радиотехнического обеспечения, малый срок службы и пр. [3]. И хотя с помощью квантоскопов было получено очень качественное изображение, проекционная аппаратура была громоздкой, дорогой, ненадежной и поэтому не нашла широкого применения. Аналогия с историей развития проекционных люминофорных ЭЛП настолько полная, что даже ошибки при разработке первых поколений тех и других классов ЭЛП были одинаковыми. Так, первоначально создавались рир-квантоскопы с той же целью, что и 50 лет назад, – улучшить теплоотвод от лазерного экрана. Недостатки такой конструкции также совпали, только для рир-квантоскопов они усугубились из-за крайней чувствительности процесса лазерной генерации к форме и углу падения электронного пучка. Правда, и сегодня можно встретить якобы “доказательства” преимуществ рир-схемы для лазерных ЭЛП [4]. Но сейчас, благодаря разработке лазерных кинескопов нового поколения [5], сопоставимым по основным эксплуатационным параметрам с проекционными люминофорными ЭЛП, появилась возможность создать компактную, недорогую и надежную проекционную аппаратуру.

Серьезное препятствие на пути разработки эффективных систем для телевидения будущего – отсутствие общих критериев оценки качества проекционной ТВ-аппаратуры в целом. Нет даже общих правил измерения такого, казалось бы, простого параметра, как световой поток. Принятая сейчас за основу контроля характеристик проекционных систем американская система ANSI была разработана много лет назад для люминофорных ЭЛП. Эта система явно устарела, но другой пока нет, и сейчас разработчики нелюминофорных проекторов постоянно предлагают собственные методики измерения и оценки основных характеристик, и в зависимости от того, что выгоднее, используют либо ANSI, либо свою методику. Поэтому к приводимым количественным характеристикам нужно относиться с осторожностью – результаты могут отличаться в несколько раз и даже на порядки. Например, для некоторых DMD-проекторов декларируется контраст 1:1000, что просто невозможно, поскольку даже самая совершенная оптика рассеивает свет, и даже при идеальном излучающем объекте контраст не может превышать 1:100...1:300. А DMD-проекторы далеко не идеальны. Время изменения состояния элемента изображения (открыт–закрыт) электронных слайдов дискретных светоклапанных проекторов конечно и относительно велико (десятки микросекунд), поэтому понятие “контраст” для таких систем в том виде, в каком оно сейчас применяется, не совсем корректно. А поскольку в системе ANSI измеряется статичное изображение (одни элементы все время открыты, другие – закрыты), для современных светоклапанных проекторов и получают такие большие значения и светового потока, и контраста. Было бы правильнее говорить о “динамичном контрасте”, но для этого понятия нет пока ни общего определения, ни методик количественной оценки.

Отсутствие единых стандартов и их несовершенство привело к тому, что современные проекторы различных фирм, несмотря на заявленные одинаковые значения основных параметров, отличаются по качеству изображения. Поэтому по негласной договоренности фирмы-продавцы стараются избегать прямого сравнения проекторов различных производителей. Решить, который же из проекторов лучше, можно лишь просмотрев на них один и тот же видеофильм. Таким образом, единственным истинным инструментом оценки качества изображения был, есть и будет даже в отдаленной перспективе человеческий глаз. Это совершенно уникальный с точки зрения современной науки инструмент, снабженный невероятно мощным “суперкомпьютером” – человеческим мозгом, по сравнению с которым любые электронные системы остаются не более чем примитивными, допотопными конструкциями.

Где же мы находимся сейчас? Из всего сказанного следует, что мы примерно на середине третьего витка спирали, т. е. на этапе неопределенности. Действительно, для стороннего наблюдателя, не видящего исторической закономерности, день сегодняшний представляется полностью неопределенным, поскольку в ТВ-технике слишком много всего самого разного. Еще существуют светоклапанные проекторы первого поколения типа “Эйдофор” (хотя они уже сняты с производства); миллионами продаются люминофорные аппараты, среди которых очень популярны системы с обратной проекцией на просветный экран; развиваются дискретные светоклапанные системы второго поколения (ЖКИ и DMD), которые уже превосходят по продажам люминофорные; совершенствуются чисто лазерные системы и проекторы на основе лазерных кинескопов; вкладываются все новые миллиарды и миллиарды долларов в плазменные (газоразрядные) панели второго поколения, в автоэмиссионные катоды, в светодиоды, составные экраны и так далее. В общем, в мире идет бурный процесс, а результата – “окна в реальный мир” – пока не видно...



День сегодняшний. По-видимому, сегодня самое приближенное к “окну” ТВ-изображение можно получить с помощью высококлассных проекторов на люминофорных ЭЛП, например Barco Reality 812 (Бельгия). Основа таких проекторов – RGB-триада уникальных высокоярких люминофорных ЭЛП с диагональю экрана 300 мм и с магнитной фокусировкой электронного пучка. Световой поток проекторов невелик – порядка 400–500 лм (предельная величина для люминофоров), но благодаря высоким разрешающей способности (порядка 2000 ТВ–линий) и кадровой частоте (до 200 Гц) качество изображения очень высокое. Недостатки проекторов – низкий контраст порядка 1:40 (это минус всех люминофорных систем), большая масса (порядка 150 кг) из-за больших размеров ЭЛП и оптики и высокая цена – 120 тыс. долл. и более.

Серьезную конкуренцию люминофорным ЭЛП начинают оказывать так называемые дискретные (DLP – Digital Light Processing) микрзеркальные проекторы – последняя модификация DMD-устройств. Суть модификации заключается в цифровой обработке излучения лампы с целью выделения как можно более чистых цветов. Общее достоинство проекторов этого класса – высокий контраст, удобство и простота эксплуатации. Общий недостаток – невысокое по сравнению с проекторами на люминофорных ЭЛП качество динамического изображения. Это признают и сами разработчики дискретных проекторов, для которых эталон – качество системы Barco Reality 812. Тем не менее, сегодня практически все ведущие электронные компании мира наряду с различными новыми модификациями ЖК-устройств разрабатывают и производят DLP-проекторы разнообразных моделей со следующими характеристиками:

Световой поток 200–12000 лм и более
Масса 1,3–100 кг
Информационная емкость до 2000х2000 пикселей
Число цветов до 16 млн. и более
Цена 1 тыс.–200 тыс. долл. и более

По-видимому, все современные дискретные системы не могут претендовать на звание телевизора XXI века – человек всегда мгновенно распознает “искусственность” картинки. Это относится не только к светоклапанам проекторам, но и к новым экранам прямого наблюдения, таким как плазменные панели второго поколения, автоэмиссионные, светодиодные и т.п. Все они в лучшем случае дают красивую картинку, но всего лишь картинку, далекую от желаемого “окна в реальный мир”.

Дисплеи на основе традиционных лазеров до сих пор остаются на уровне демонстрационных образцов, хотя усилия и финансовые вливания в это направление не иссякают – всем нужен “суперцвет” лазеров. Проблемы создания систем модуляции лазерного пучка по пространству и интенсивности до сих пор не решены, и разработки идут по одному единственно возможному пути – созданию средств дискретной модуляции. Это означает, что в лучшем случае вновь будет получена плоская картинка-“открытка”, только более красочная. Сами же проекторы на основе традиционных лазеров все еще остаются сложными, громоздкими, ненадежными в эксплуатации и дорогими. Из разработанных лазерных ТВ-проекторов можно отметить аппарат со световым потоком порядка 2000 лм [6]. Но остается непонятным, как получено значение этого параметра, как, впрочем, и других, ведь для лазерных устройств система ANSI в чистом виде неприменима.

Современное состояние проекторов на основе квантоскопов подробно описано в работе [6]. ТВ-картинка, получаемая с их помощью, обладает неким завораживающим эффектом: хочется смотреть еще и еще, и по сравнению с ней изображение даже высококлассного телевизора кажется блеклым и неинтересным. Однако

это лишь прототип будущего ТВ-экрана на лазерных кинескопах, альтернативы которым уже в ближайшем будущем не будет, поскольку рассмотрение других современных систем фактически показало их несостоятельность. Системы на лазерных кинескопах удивительным образом сочетают в себе положительные свойства всех других систем (большой световой поток, качество и реальность изображения, лазерный цвет). В этом нет ничего удивительного, существуют очень глубокие, фундаментальные обоснования этого утверждения. И они будут сформулированы в продолжении этой статьи. Там же будут рассмотрены завтрашний и послезавтрашний дни телевидения двадцать первого века.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шмаков П.В.** Цветное телевидение. – М.: Госэнергоиздат, 1948.
2. **Муляров М.Я.** Электронно-лучевые приборы. – М.: Госэнергоиздат, 1954.
3. **Уласюк В.Н.** Квантоскопы. – М.: Радио и связь, 1988.
4. **Садчихин А.В.** Проекционные системы отображения информации. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1999, №4, с. 56–62.
5. **Макиенко О.М.** Лазерные кинескопы нового поколения. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2000, № 6, с. 54–56.
6. **Whannon W.K.** Scanning Laser Projectors. – Information Display, 8/97, p. 32–35.

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

ПРЕМИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2000 ГОДА В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ



Постановлением Правительства Российской Федерации №230 от 19 марта 2001 г. Степан Харланович Карпенков, доктор технических наук, заведующий кафедрой Государственного университета управления, удостоен премии Правительства Российской Федерации 2000 года в области науки и техники и звания “Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники” за разработку и организацию производства электромагнитной контрольно-измерительной аппаратуры.

Профессор С.Х. Карпенков экспериментально установил закономерности изменения гальвано- и термомагнитных характеристик тонкопленочных магнитных элементов в зависимости от различных физических и технологических параметров. Обнаружил нечетные плоские гальвано- и термомагнитные эффекты в слабых магнитных полях и на их основе разработал экспериментальные методы определения магнитных параметров тонкопленочных элементов.

Результаты научной деятельности С.Х. Карпенкова составляют теоретическую и экспериментальную базу для создания высокочувствительных элементов различной электромагнитной контрольно-измерительной аппаратуры, серийное производство которой освоено на многих приборостроительных заводах.

С.Х. Карпенков — автор 10 книг, в том числе трех монографий, посвященных тонкопленочным преобразователям, пяти учебников и учебных пособий, имеет около 170 научных работ, известных отечественным и зарубежным специалистам.

Поздравляя профессора С.Х. Карпенкова с присуждением премии Правительства Российской Федерации и присвоением почетного звания, редакционный совет и редакция научно-технического журнала “Электроника: Наука, Технология, Бизнес” желают Степану Харлановичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.