

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

8

2024

СДЕЛАНО В СССР:

НОВЫЙ ТЕЛЕВИЗОР РАЗБЕРИ –
ПОСМОТРИ, ЧТО У НЕГО ВНУТРИ

УМА ПАЛАТА:

УМНЫЙ ДОМ И ПРИУСАДЕБНОЕ ХОЗЯЙСТВО
ПРОСТЫМИ СРЕДСТВАМИ

ГЕТЕРОПЕРЕХОД В XXI ВЕК:

ЖОРЕС АЛФЁРОВ – ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ
ИЗОБРЕЛ ЛАЗЕР

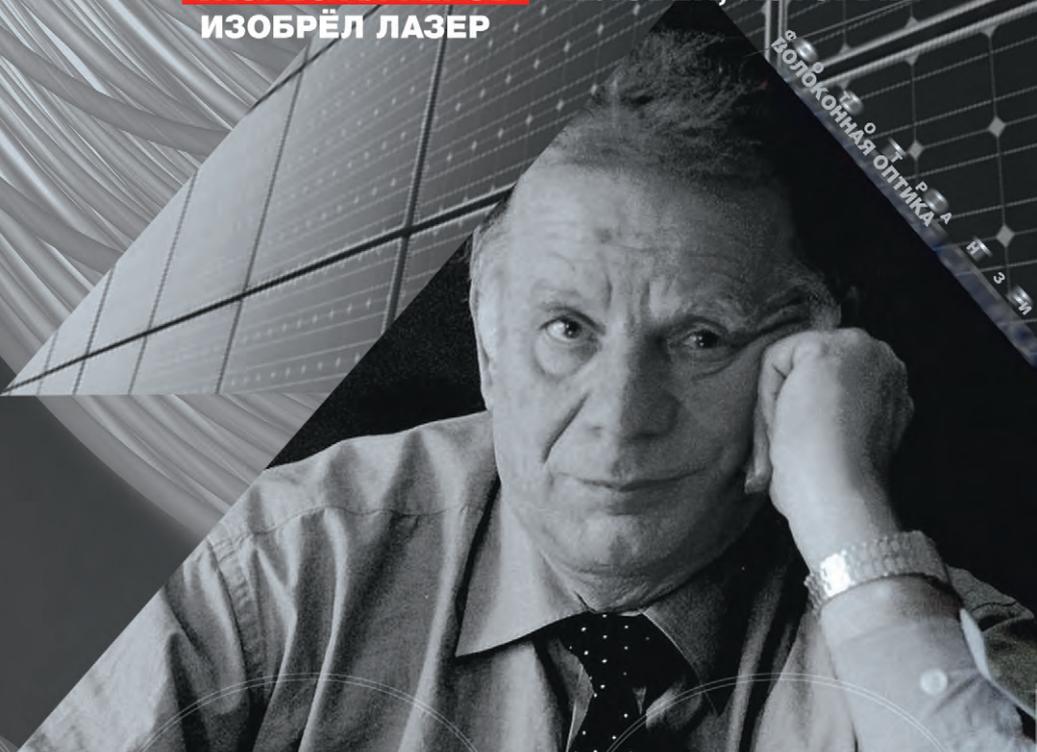


Электронная
версия этого
журнала

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ
ЛАЗЕРНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ





ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»
подписка с гарантированной доставкой



онлайн: www.cta.ru • +7 495 234-0635 • shop@cta.ru
на почте: по каталогу «Урал-Пресс» (на год – 81872, на полугодие – 72419)

rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

26|27|28
НОЯБРЯ
2024 МОСКВА
Крокус Экспо



Забронируйте стенд:

+7 (812) 401 69 55, electron@mvk.ru



Реклама

Организатор:



Международная
Выставочная
Компания

Официальная поддержка:



Минпромторг
России

Партнеры:





Здравствуйтесь, уважаемые друзья!

Этим выпуском журнала мы начинаем цикл публикаций, посвящённых российским учёным, внёсшим неоценимый вклад в развитие мировой науки и прогресса. И начнём мы с рассказа о лауреате Нобелевской премии петербуржце Жоресе Ивановиче Алфёрове. Он был выдающимся физиком, политиком, изобретателем и просто порядочным человеком. Без его исследований и открытий были бы невозможны достижения научно-технического прогресса, многими из которых мы пользуемся буквально повседневно: мобильные телефоны, спутниковая и оптоволоконная связь, CD-проигрыватели, сканеры штрихкодов, солнечные батареи... Читайте первую часть очерка о жизни и научном пути нашего соотечественника.

В этом номере вы увидите очерк об истории радиовещания в Европе и СССР, познакомитесь с концепцией бюджетной автоматизации частного дома и с конструктивными особенностями высоковольтных коаксиальных соединителей, прочтёте об оригинальном автомате световых эффектов «бегающая волна» и о новинках из мира электроники, а также о многом другом.

Заходите на наш информационный портал www.cta.ru! Мы собираем для вас новости из мира науки и высоких технологий со всего света, а также выкладываем свежие статьи, публикуемые в наших журналах!

Спасибо, что остаётесь с нами, читайте с удовольствием. Всего вам доброго.

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Р. Х. Хакимов
Вёрстка М. Ю. Соколов
Обложка Д. В. Юсим
Реклама Н. А. Антипов +7 (968) 567-30-06 (antipov.n@cta.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К. В. Седов
Адрес учредителя и издателя:
117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом/ком/эт I/67/тех
Почтовый адрес: 117437, г. Москва,
Профсоюзная ул., 108
Тел.: (495) 232-00-87
shop@cta.ru • www.cta.ru

Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.
Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».
Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,
бизнес-центр Вэлдан.
Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2024

Мы в соцсетях!



СОДЕРЖАНИЕ 8/2024

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Raystar 30

Rfcore 25

Элеконд 19

ЭЛЕКТРОДЕТАЛЬ 17

Электроника России 1

Эркон 21

Ассоциации АПКИТ, РУССОФТ, АРПП «Отечественный софт» и АРПЗ выражают обеспокоенность практикой заключения под стражу ИТ-предпринимателей



Сергей Сорокин,
генеральный директор
ООО «Эремекс»



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

4 Жорес Алфёров – учёный, благодаря которому работает большинство современных полупроводниковых лазеров. Часть 1

Виктор Алексеев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

14 Электронные системы для животных, безопасности людей и ветеринарного контроля

Андрей Доезжаев

26 Зарубежные коаксиальные высоковольтные соединители

Кива Джуринский

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

31 Автомат световых волн «Бегущая волна»

Александр Одинец

38 Умный дом с приусадебным участком на базе программируемого реле

Сергей Шишкин

РЫНОК

44 Россия налаживает собственный выпуск электронного оборудования

Андрей Кашкаров

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

50 Особенности производства РЭА и развития массового радиовещания в Европе и СССР

Андрей Доезжаев

Жорес Алфёров – учёный, благодаря которому работает большинство современных полупроводниковых лазеров. Часть 1

Виктор Алексеев

Эта статья продолжает начатую во втором номере 2024 года журнала «Современная электроника» тему об открытиях великих российских учёных, внёсших существенный вклад в развитие мировой электроники. Весной следующего года исполнится 95 лет со дня рождения выдающегося советского, российского и белорусского учёного, лауреата Ленинской, Государственной и Нобелевской премий – Жореса Ивановича Алфёрова.

К сожалению, немногие знают, за что именно Алфёров получил эти, а также многие другие зарубежные премии и награды, и каково значение его работ для мировой и российской науки. Достаточно сказать, что разработанные им гетеролазеры занимают сегодня первое место среди всех типов лазеров по количеству используемых в различных отраслях науки, техники и промышленности.

От младшего научного сотрудника до Нобелевского лауреата и должности вице-президента Российской Академии Наук

Жорес Иванович Алфёров родился 15 марта 1930 года. Его отец, член РСДРП, искренне веривший в победу коммунизма во всём мире, настоял на том, чтобы сына назвали в честь Жана Жореса, философа и идеолога международного социалистического движения. Воспитание в семье маленького Жореса проходило под соответствующими лозунгами его отца: выбор достойной цели в жизни и её достижение за счёт трудолюбия и самопожертвования. Жорес Алфёров окончил в 1947 году с золотой медалью среднюю школу № 42 в Минске и поступил в Белорусский политехнический институт. В связи с назначением отца на новое место работы в Ленинграде Жорес Алфёров перевёлся на факультет электронной техники Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ).

Жорес Алфёров посвящал всё своё свободное время учёбе. По словам его сокурсников, он старался уклоняться от весёлых студенческих посиделок, предпочитая это время проводить в библиотеке и в вакуумной лаборатории профессора Б.П. Козырева, где начал работать ещё на 3 курсе инсти-

тута. В этой лаборатории Жорес Алфёров принимал активное участие в экспериментах по исследованию инфракрасных полупроводниковых фотоприёмников. В течение трёх лет он был председателем Студенческого научного общества факультета электронной техники [1, 2].

В октябре 1952 года Жорес Алфёров защитил диплом с отличием и был распределён в Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе (ФТИ), в лабораторию В.М. Тучкевича. Вся дальнейшая судьба Ж. Алфёрова была связана с ФТИ, где он прошёл путь от младшего научного сотрудника до директора института.

Весной 1958 года лаборатория В.М. Тучкевича получила важный правительственный заказ по разработке полупроводниковых устройств для первой советской атомной подводной лодки. Жоресу Алфёрову было поручено изготовление принципиально новых конструкций германиевых вентилялей и их испытание. За выполнение этого заказа сотрудники лаборатории, в том числе и Алфёров, были награждены в 1959 году орденами и медалями.

В 1961 году он защитил кандидатскую диссертацию, посвящённую разработке мощных германиевых и кремниевых выпрямителей. Результаты этой работы были использованы при

организации массового производства отечественных компонентов для силовой электроники.

На следующем этапе своей деятельности группа Жореса Алфёрова занималась исследованиями, связанными с прямым преобразованием электричества в когерентное квантовое излучение [3, 4].

В 1963 году Жорес Алфёров и Рудольф Казаринов разработали, обосновали и запатентовали первую схему гетеролазера. Подробно об этом основном изобретении Алфёрова будет сказано в следующей части статьи [5].

Нужно отметить, что позже в журнале «Proceedings of the IEEE» была опубликована статья с описанием аналогичной конструкции, разработанной Гербертом Крёмером, разделившим в 2000 году с Жоресом Алфёровым Нобелевскую премию за разработку инжекционных лазеров с гетерогенными переходами [6, 7].

Зимой 1971 года Жорес Алфёров за разработку гетеролазера был награждён Франклиновским институтом США медалью Стюарта Баллантайна.

В 1972 году Алфёров стал профессором и заведующим базовой кафедрой оптоэлектроники ЛЭТИ и членом-корреспондентом АН СССР.

В 1973 году Жорес Алфёров вместе с сотрудниками своей лаборатории подали заявку на изобретение «Полупроводникового лазера с гетеропереходами», которая была одобрена в 1977 году [8].

Гетеролазеры стали единственными среди всех других разновидностей светогенерирующих электронных устройств, различные варианты которых очень быстро были реализованы в массовом производстве по всему миру. На сегодняшний день это самый популярный и перспективный тип лазеров.

В 1976 году сотрудники лаборатории Алфёрова получили премию Ленинского комсомола за исследование



Рис. 1. Король Швеции Карл XVI Густаф вручает Жоресу Алфёрову Нобелевскую премию по физике за 2000 год

широкозонных твёрдых полупроводниковых гетеролазеров.

С 1979 года Жорес Алфёров – академик АН СССР.

С 1987 по май 2003 года Жорес Алфёров занимал пост директора ФТИ имени А.Ф. Иоффе. В дальнейшем он не прекращал своих связей с ФТИ. В период с 2003 до 2006 года был председателем учёного совета института. Жорес Алфёров принимал самое активное участие в работе созданных при его участии таких известных научных структур, как, например, «НТЦ Центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур», «Научно-образовательный комплекс (НОК) Физико-технический институт», «Физико-техническая школа в Санкт-Петербурге», «Физико-технический факультет СПбГУ».

Жорес Алфёров занимал пост вице-президента РАН с 1991 по 2017 год, был председателем Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН.

В начале 1990-х годов одним из главных направлений работ лаборатории Алфёрова стало исследование возможностей использования квантовых проволок и квантовых точек в электронике [9].

В 1995 году Алфёров со своими сотрудниками успешно испытали инжекционный гетеролазер на квантовых точках, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре [10].

В 2000 году Нобелевская премия по физике в разделе «Фундаментальные

работы в области информационных и коммуникационных технологий» была присуждена Жоресу Алфёрову (25%), Герберту Крёмеру (25%) и Джеку Килби (50%). Алфёров и Крёмер получили премии за свои разработки в области гетерогенных лазеров (рис. 1).

Джон Килби был удостоен этой награды за изобретение интегральных схем.

Фактически Нобелевская премия была присуждена Ж.И. Алфёрову за то, что он и сотрудники его лаборатории буквально за десять лет (1963–1973) реализовали все основные схемотехнические идеи, создавшие основу для большинства современных систем генерации, контроля и управления когерентными световыми потоками в гетероструктурах на основе GaAs–AlAs.

В 2001 году Жорес Алфёров организовал «Фонд поддержки образования и науки» (Алфёровский фонд).

В 2003 году Ж.И. Алфёров оставил пост руководителя ФТИ имени А.Ф. Иоффе в соответствии с уставом, формально ограничивающим предельный возраст директора института.

С 2003 года Алфёров занимал пост председателя Научно-образовательного комплекса «Санкт-Петербургский физико-технический научно-образовательный центр» РАН.

В 2005 году Жоресу Алфёрову за фундаментальные исследования и значительный практический вклад в создание полупроводниковых преобразователей энергии, применяемых в

солнечной и электроэнергетике, была присуждена одна из самых престижных мировых премий «Глобальная энергия».

Жорес Алфёров был главным редактором журналов: «Письма в Журнал технической физики», «Физика и техника полупроводников», «Нанотехнологии – Экология – Производство». Также он входил в редакционную коллегию журналов «Поверхность: Физика, химия, механика» и «Наука и жизнь». Был в составе правления общества «Знание».

С 2010 года он был сопредседателем «Консультативного научного Совета Фонда Сколково».

Жорес Алфёров активно занимался политической деятельностью:

- 1989–1992 – народный депутат СССР;
- 1995–2019 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ II, III, IV, V, VI, VII созывов.

Жорес Алфёров никогда не был официальным членом какой-либо партии. Единственной достойной «партией», к которой он себя «причислял», была Академия наук СССР. Будучи воспитанным в духе коммуниста-идеалиста, он верил в светлое будущее своей страны и тяжело переживал развал академической науки после распада СССР. В те годы о нём говорили, что Алфёров – единственный истинный коммунист, хотя и не член КПСС. До конца своих дней Алфёров отстаивал идеи всеобщего бесплатного образования, приоритетного государственного финансирования Академии наук и создания собственного производства современных электронных компонентов.

Жорес Иванович Алфёров ушёл из жизни 1 марта 2019 года. Он похоронен на Комаровском кладбище под Санкт-Петербургом.

Доктор физико-математических наук, академик Жорес Алфёров внёс огромный вклад в развитие российской науки. Он является автором более 500 научных работ, 50 изобретений и нескольких монографий. На протяжении двадцати шести лет Алфёров занимал должность вице-президента Российской Академии Наук (РАН). Его заслуги были высоко оценены правительствами СССР и Российской Федерации – Лауреат Ленинской премии и Государственных премий СССР, РФ; Полный кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством»; награждён орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Знак Почёта.



Рис. 2. Памятная почтовая марка – Академик Жорес Иванович Алфёров, выдающийся российский физик [12]

Среди многочисленных зарубежных наград нужно отметить: ордена Франциска Скорины, Князя Ярослава Мудрого V степени, Почётного легиона, а также золотые медали Х. Велькера, Стюарта Баллантайна, SPIE, «Золотая тарелка» США и другие.

Кроме того, вклад Жореса Алфёрова в современную физику был признан мировым научным сообществом. Он был иностранным членом Национальной академии наук США и Национальной инженерной академии США; Корейской академии наук и технологий; Китайской академии наук; Польской академии наук. Также Жорес Алфёров являлся членом Академий наук Республики Беларусь, Молдавии, Азербайджана, Армении.

Полупроводниковые гетероструктуры, разработанные Жоресом Алфёровым и его сотрудниками, в том или ином виде широко используются сегодня в самых различных устройствах – от детских игрушек до радиационно-устойчивых космических солнечных батарей. Без лазерных диодных транзисторов для оптоволоконных сетей невозможна была бы работа современного Интернета [13].

Сверхвысокочастотные усилители сотовых телефонов, плоские экраны мониторов и телевизоров, инфракрасные компьютерные порты, лазерные декодеры особо надёжных грузовых меток, мощные светодиодные прожекторы, светофоры, автомобильные фары, проигрыватели компакт-дисков – все эти устройства используют специализированные модификации гетерогенных лазеров.

Жорес Алфёров был символом советской и российской науки. В его память

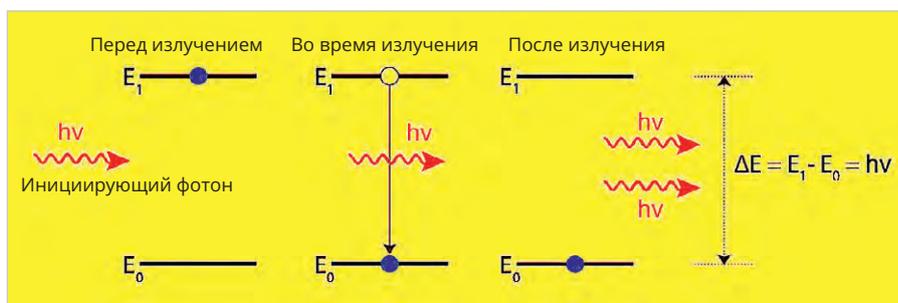


Рис. 3. Схема процесса «Stimulated Emissions» – стимулированное или вынужденное излучение

была выпущена памятная почтовая марка (рис. 2).

Исторические предпосылки создания гетеролазеров

Одной из основных задач группы Алфёрова в исследованиях 1960–1970-х годов было получение стабильных эффективных полупроводниковых структур, которые можно было бы использовать для генерации «технического света». Жорес Алфёров обладал великолепной памятью. Благодаря своей огромной работоспособности он великолепно знал все разделы теоретической физики.

Алфёров свободно владел английским языком, хорошо знал немецкий, свободно читал научную литературу на французском. Это позволяло ему постоянно находиться на острие научных знаний, активно участвовать в международных научных конференциях и сотрудничать с зарубежными коллегами [14].

Для того чтобы понять суть и значение изобретения Алфёрова, имеет смысл коротко рассмотреть тот уровень, на котором находились разработки лазеров на тот момент времени.

Основы теории «индуцированного излучения» были сформулированы ещё в 1917 году Альбертом Эйнштейном [15].

В первом приближении базовую идею этой теории с учётом современных доработок можно объяснить следующим образом. Если атом с несколькими возможными энергетическими состояниями принудительно перевести с основного нижнего уровня с энергией E_1 на верхний уровень с энергией E_2 ($E_2 > E_1$), то он будет находиться в возбуждённом состоянии. Переход в возбуждённое состояние, в частности, может с определённой вероятностью реализоваться, если фотон с частотой ν_{21} будет поглощён атомом, находящимся в основном состоянии.

Применительно к атому возбуждённое состояние означает, что один из его электронов занимает более высокий энергетический уровень, чем в основном состоянии.

В нормальном состоянии в случае термодинамического равновесия состояние с низкой энергией, определяемое количеством невозбуждённых частиц N_1 , является более вероятным по сравнению с возбуждённым состоянием, характеризуемым частицами N_2 (то есть $N_1/N_2 > 1$). Если систему перевести в состояние, когда возбуждённых частиц N_2 будет больше, чем невозбуждённых ($N_2/N_1 > 1$), то говорят, что система перешла в «состояние с инверсией электронных населённостей – ИЭН».

Возбуждённое состояние неустойчиво, и атом будет стремиться вернуться в основное состояние с наименьшей энергией. При этом разница в энергии между этими состояниями ΔE излучится атомом в виде фотона с частотой ν_{21} , которую можно найти из выражения:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h \cdot \nu_{21},$$

где h – постоянная Планка.

Существуют два основных варианта снятия возбуждения: пассивный и активный. В первом случае атом, находящийся в возбуждённом состоянии, способен самопроизвольно перейти в основное состояние. Данный вариант, когда фотоны излучаются неупорядоченно (стохастически), а фазы их волн не совпадают, называют «спонтанным (некогерентным) излучением».

В другом случае до того, как произойдёт «спонтанное излучение» фотона, атомы могут находиться в возбуждённом состоянии довольно длительное время, составляющее для некоторых веществ доли микросекунды. Если в этот момент рядом с атомом пройдёт другой «независимый» фотон с частотой ν_{21} , соответствующей энергии ΔE , то атом

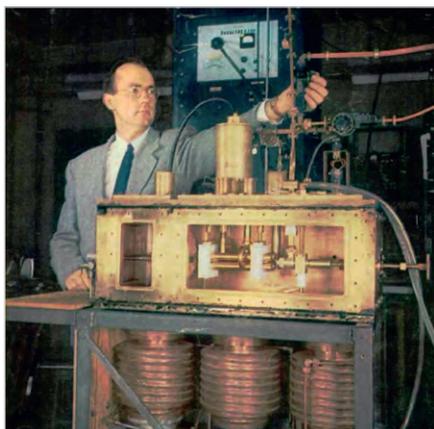


Рис. 4. Чарльз Таунс настраивает изобретённый им лабораторный образец установки «Maser»

излучит второй фотон частоты ν_{21} . Фотоны, вызывающие снятие возбуждения без поглощения атомом, получили название «иницирующий фотон – ИФ». Когда ИФ проходит вблизи возбуждённого атома, он взаимодействует с электронами атома, используя при этом их электромагнитные поля. Колеблущееся электромагнитное поле ИФ резонирует с энергетическим состоянием возбуждённого электрона. Это заставляет электрон колебаться в фазе с полем ИФ. В результате резонанс вызывает переход возбуждённого электрона в более низкое энергетическое состояние, сопровождающееся излучением фотона. Испускаемый фотон имеет ту же энергию, частоту, фазу и направление, что и ИФ. Таким образом, получаются два идентичных фотона: один инициирующий фотон (ИФ) и другой, вновь испущенный. Такое излучение получило название «Stimulated Emissions» – «стимулированное или вынужденное излучение» (рис. 3) [16].

Этот сложный квантово-механический процесс «Stimulated Emissions» описывается с помощью нестационарной теории возмущений для случая, когда поле падающего фотона действует как триггер волновой функции атома, вызывающий переход в состояние с более низкой энергией. Теоретическое объяснение процесса «Stimulated Emissions» представляет собой достаточно сложный раздел квантовой электродинамики и выходит за рамки нашей статьи. Дополнительную информацию по этому вопросу можно найти, например, в объёмной монографии [17].

Самым важным в «эффекте вынужденного излучения» является то, что

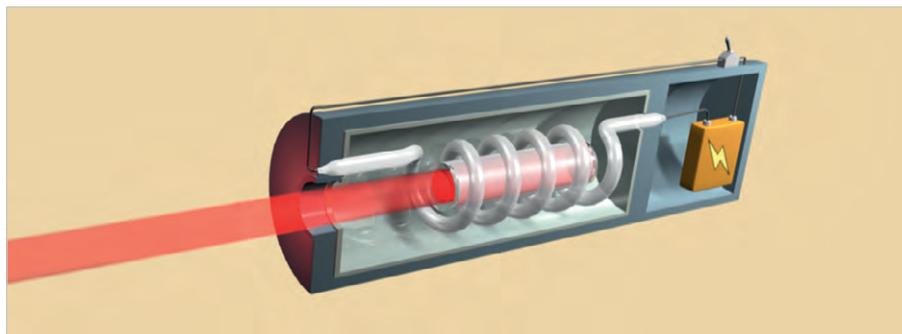


Рис. 5. Схема рубинового лазера Меймана

второй фотон имеет ту же частоту, направление и фазу, что и первый ν_{21} . В этом случае говорят, что оба фотона «когерентны». Это свойство является одним из базовых для всех типов лазеров.

Первыми в мире пути реализации изложенных выше идей Эйнштейна предложили советские физики Николай Басов и Александр Прохоров из Физического института имени Лебедева. На Всесоюзной конференции по радиоспектроскопии АН СССР в мае 1952 года они впервые сформулировали концепцию использования вынужденного излучения для усиления и генерации миллиметрового и сантиметрового диапазонов. Суть их предложения заключалась в том, что для достижения вынужденного излучения необходимо создать состояние с инверсией электронных населённостей (ИЭН) в активной среде.

Следует упомянуть, что среди докладчиков этого совещания была группа американских физиков во главе с Чарльзом Таунсом, которая занималась аналогичными вопросами [18].

В июне 1953 года Джозеф Вебер из Мэрилендского университета опубликовал статью в журнале «Transaction of the Institute of Radio Engineers Professional Group on Electron Devices», в которой рассматривались вопросы, связанные с использованием инверсии населённости между вращательными уровнями молекул, необходимой для создания микроволнового излучения.

Кроме того, Вебер описал конструкцию оптического резонатора, который был необходим для усиления излучения и создания когерентного микроволнового сигнала [19].

В 1953 году Чарльз Таунс (Charles Hard Townes) со своими коллегами Джеймсом Гордоном (James P. Gordon), Гербертом Зейгером (Herbert J. Zeiger) из Колумбийского Университета

(Columbia University) продемонстрировали работу первого в мире микроволнового усилителя электромагнитного излучения с помощью вынужденной эмиссии – Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation. В дальнейшем аббревиатура по первым буквам «MASER» утвердилась как общее название этого класса устройств. В лабораторном макете этого устройства, генерировавшего когерентное излучение микроволн на частоте около 24 ГГц, использовалось вынужденное излучение в потоке возбуждённых молекул аммиака.

На рис. 4 показано, как Чарльз Таунс настраивает свой лабораторный образец установки «Maser» [20].

В качестве активной среды в мазере Таунса использовался поток молекул аммиака, который был выбран из-за хорошо изученной к тому времени его молекулярной структуры и энергетических уровней.

Молекулы аммиака в потоке пропускались через электрическое поле, которое разделяло молекулы, находящиеся в возбуждённом состоянии, от молекул в основном состоянии. Затем возбуждённые молекулы направлялись в резонансную полость, где реализовывалось состояние с инверсией электронных населённостей (ИЭН) и процесс стимулированного излучения на резонансной частоте. По мере того, как всё больше молекул испускали когерентное излучение, происходила стимуляция других молекул, что приводило к многократному усилению вынужденного когерентного излучения, все волны которого находились в одной фазе.

Микроволны частотой 24 ГГц выводились через вертикальный волновод, показанный на рис. 5.

Мазер Таунса позволял получить на уровне крайне низких шумов излучение с исключительно чистым частотным выходом, который был гораздо

более точным, чем другие микроволновые источники, доступные в то время.

Эта работа Таунса была революционной, поскольку она впервые предоставила новый способ генерации и усиления когерентных электромагнитных волн с беспрецедентной частотной точностью [21].

В 1954 году в статье «Применение молекулярных пучков для радиоспектроскопического изучения вращательных спектров молекул», опубликованной в журнале «ЖЭТФ» в 1954 году, Басов и Прохоров изложили ключевые идеи, которые легли в основу создания мазеров и лазеров [23].

В этой статье они обосновали схему использования резонатора, настроенного на частоту перехода между энергетическими уровнями молекул, для получения инверсии электронных населенностей (ИЭН) энергетических уровней в молекулах, необходимой для обеспечения вынужденного излучения.

Другой важный аспект этой работы заключался в описании общих принципов создания генераторов когерентного электромагнитного излучения в микроволновом диапазоне.

Таким образом, можно говорить, что Николай Басов и Александр Прохоров разработали нелинейную теорию молекулярного генератора, которая объясняла механизмы генерации и усиления электромагнитного излучения. Эти базовые положения стали одной из основ для нового направления в квантовой электронике. За исследования в этой области Басов, Прохоров и Таунс получили Нобелевскую премию по физике в 1964 году [23].

Однако в то время мощность первых мазеров, работавших в СВЧ-диапазоне, составляла всего лишь единицы нановатт, что не позволяло использовать их в каких-либо реальных прикладных целях. Много позже, спустя десятилетия, идеи Басова, Прохорова и Таунса были реализованы в военных и прикладных отраслях СВЧ-техники. Сегодня существуют разные типы мазеров различных конструкций, среди которых можно назвать, например, атомные лучевые мазеры, аммиачный мазер, водородный мазер, твердотельные мазеры, мазер на циклотронном резонансе (гиротрон).

Современные мазеры, адаптированные под конкретные виды приложений, излучают не только в микровол-

новом диапазоне, но также в широком электромагнитном спектре. Так, мазеры используются для высокоточных стандартов частоты. Эти «атомные стандарты частоты» являются одной из форм атомных часов. Мазеры также используются в качестве электронных усилителей в радиотелескопах.

В качестве примера экзотических работ в области мазеров можно отметить так называемые «природные космические мазеры».

Космические мазеры – это области в космосе, которые усиливают микроволновое излучение с помощью процесса вынужденного излучения аналогично тому, как работают искусственные мазеры. Однако космические мазеры могут иметь размеры, превышающие нашу Солнечную систему [24].

Схема действия точно такая же, как и у искусственных мазеров: 1) в возбужденном состоянии находится больше молекул, чем в основном состоянии (инверсия населенности); 2) входящий фотон вызывает высвобождение большего количества фотонов на той же частоте и фазе (вынужденное излучение); 3) многократное повторение процесса приводит к усилению исходного сигнала. С помощью космических мазеров в далёких галактиках зарегистрированы такие молекулы, как, например, вода (H_2O), гидроксильный радикал (ОН), монооксид кремния (SiO), метанол (CH_3OH) и другие.

Реализация на практике мазера стимулировала исследования в этом направлении. Однако требования мирового рынка склонялись к подобным устройствам, но работающим в оптическом диапазоне.

Поэтому большинство учёных сосредоточились на поисках вариантов создания подобных генераторов когерентного электромагнитного излучения оптического диапазона.

Впервые реальный «когерентный технический свет» был получен в 1960 году Теодором Мейманом, который создал устройство, представлявшее собой генератор-усилитель когерентных световых колебаний (Light Amplification through Stimulated Emission of Radiation – Laser). Этот первый лазер излучал красный когерентный свет с длиной волны 694,3 нанометра.

В качестве активной среды в этом устройстве использовался искусствен-

ный рубин, представлявший собой кристалл оксида алюминия, легированного атомами хрома (Al_2O_3-Cr).

В самом первом варианте своего лазера Мейман использовал яркую лампу с эллипсоидным рефлектором для создания избытка возбуждённых атомов в инверсном слое (т.е. оптической накачки). Однако надёжность такого лазера была очень низкой. Поэтому в следующем варианте оптическая накачка была реализована с помощью сверхъярких стробоскопических ламп (фотовспышек). Таким образом, лазер Меймана стал работать в импульсном режиме. Упрощённая схема рубинового лазера показана на рис. 5 [25].

Для возбуждения атомов хрома применялась ксеноновая импульсная лампа накачки, изготовленная в виде спирали, внутри которой находится рубиновый стержень. При поглощении фотонов, испускаемых импульсной лампой, атомы хрома переходят сначала на верхний возбуждённый уровень, а затем на метастабильный уровень, где задерживаются на доли микросекунды, создавая состояние с инверсией электронных населенностей. Дальше процесс продолжался по описанной выше «схеме стимулированного излучения», которая вызывала лавинообразный переход атомов хрома из метастабильного состояния в основное, сопровождавшийся потоком когерентных фотонов с одной длиной волны 694,3 нм.

Торцы рубинового стержня были закрыты двумя зеркалами, одно из которых было полупрозрачным. Фотоны, генерируемые в активной среде, многократно отражались между зеркалами, усиливаясь за счёт вынужденного излучения. Когда количество фотонов достигало критического уровня, они проходили через полупрозрачное зеркало, создавая когерентный монохроматический свет [26, 27].

Предложенная Теодором Мейманом схема имела ряд недостатков, главными из которых были низкая эффективность, громоздкость и сложность управления.

Поэтому конструкция непрерывного рубинового лазера Меймана не получила широкого развития, уступив место другим лазерным технологиям. Однако его работы стали важной вехой в истории создания первого практического лазера.

Тем не менее успешная реализация самой идеи генераторов когерентного света вдохновила других учёных. Во всем мире стали появляться новые конструкции лазеров.

В 1961 году американские физики Франкен (P.A. Franken), Хилл (A.E. Hill), Питерс (C.W. Peters) и Вайнрайх (G. Weinreich), облучая кварцевый кристалл с помощью рубинового лазера с длиной волны 694 нм, обнаружили формирование новых фотонов с удвоенной энергией и длиной волны вдвое меньше начальной, то есть 347 нм. Это явление, получившее название «Second Harmonic Generation – SHG», фактически стало важным основополагающим моментом в развитии нового направления нелинейной оптики. В частности, эффект SHG используется при разработке лазеров с короткими длинами волн УФ-диапазона [28].

К середине 1960-х лазерная тематика стала очень популярной во всём мире. В развитых странах насчитывалось в сумме больше пятисот лабораторий, занимавшихся этой проблемой, среди которых можно назвать такие известные западные фирмы, как General Electric, IBM, MIT, Bell Lab, IBM, RCA, Lincoln Labs, Westinghouse, Siemens, TRG [29].

В 1961 году физики из Bell Lab Али Джаван (Ali Javan), Уильям Беннетт (William Bennett), Дональд Херриотт (Donald Herriott) опубликовали статью с результатами успешного испытания изготовленного ими газового лазера. В этом лабораторном макете в качестве активного вещества использовалась смесь газов гелия и неона, размещённых в стеклянной трубке. Лазер работал следующим образом. На первом этапе с помощью высоковольтного электрического разряда, возникающего между электродами, размещёнными в полости трубки, происходит ионизация газа.

Атомы гелия переходят в метастабильное состояние, а затем через неупругие столкновения передают свою энергию атомам неона. Такой процесс перевода неона в возбуждённое состояние становится возможным, поскольку энергия метастабильного состояния гелия и энергия эмиссионного уровня неона практически совпадают. В результате многократного повторения актов возбуждения неона создаётся инверсия населённости, обуславливающая вынужденное излучение. Первый гелий-неоновый



Рис. 6. Лабораторный гелий-неоновый газовый лазер [33]

вый лазер излучал когерентный свет в инфракрасном спектре на длине волны 1,15 мкм [30].

Через два года Алан Дэвид Уайт (Alan David White) и Дейн Ригден (Dane Rigden) продемонстрировали гелий-неоновый лазер, работающий в видимом диапазоне спектра на длине волны 632,8 нм [31].

Первые газовые лазеры имели достаточно большие размеры. Рабочий газ находился в герметичной трубке с зеркальными резонаторами на торцах (рис. 6). У этих газовых лазеров были свои недостатки, и прежде всего, небольшие мощности, необходимость криогенного охлаждения, а также непрерывной прокачки газовой смеси.

В СССР лазерной тематике уделялось очень большое внимание. Разработки лазеров проводились как в академических, так и в отраслевых институтах, например, ФТИ имени Иоффе, ФИАН, НИИ-333 (ныне НИИ «Полус»), НПП «Сапфир», НИИ-311, завод «Старт» и других организациях. Во многом интерес к этой теме был связан с мифом о «лучах смерти», способных уничтожать любые типы ракет. В соревновании за первенство в этой области Советский Союз уступал только США [32].

В 1960-е гг. в ФИАН имени П.Н. Лебедева и в ИРЭ АН были разработаны образцы газовых лазеров. В течение следующих нескольких лет в СССР появлялись

собственные конструкции мощных и эффективных аргоновых и углекислотных лазеров. Позже советские эксимерные и химические газовые лазеры стали активно использоваться в промышленности, приборостроении, медицине, химическом производстве и многих других областях [34].

Однако в начале 1960-х гг. широкомасштабное внедрение лазеров в повседневную жизнь сдерживалось недостатками существующих конструкций, а также невозможностью наладить массовое производство.

Необходимы были миниатюрные надёжные сертифицированные лазеры, производство которых могло бы быть организовано так, как это выглядело тогда для транзисторов.

Поэтому понемногу становились всё более актуальными идеи Николая Басова, предложившего в 1961 году использовать для создания твердотельных инжекционных лазеров с p-n-переходами «вырожденные полупроводники» с очень высокой концентрацией примесей [35].

В таких вырожденных полупроводниках уровень Ферми находится на расстоянии не более kT от границ разрешённых зон. Поэтому, благодаря эффекту экранирования примесных атомов свободными носителями заряда, энергия ионизации примесных атомов снижается практически до нуля [36].

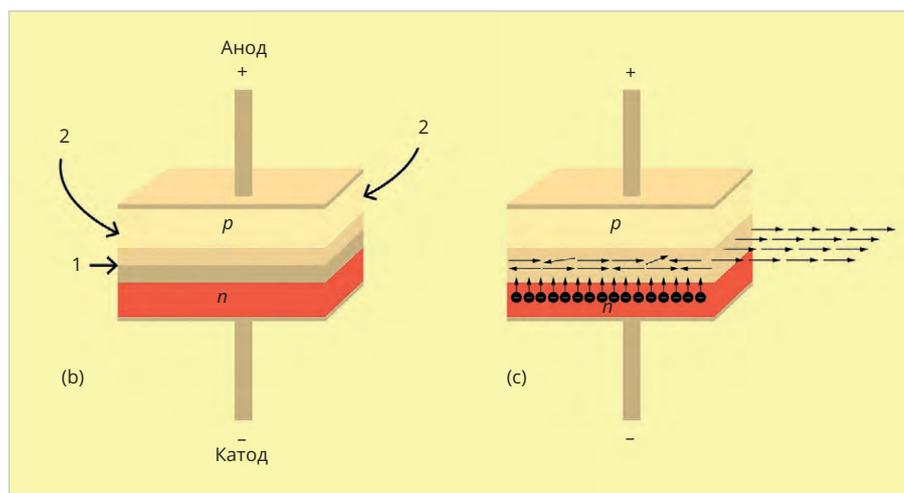


Рис. 7. Структурная схема лазерного диода [44]: 1 – p-n-переход; 2 – полированные грани

Необходимо отметить, что к аналогичным выводам одновременно и независимо пришли Морис Бернар (Maurice G.A. Bernard) и Жорж Дюрафур (Georges Duraffour) [37].

В 1961 году Джеймс Байярд (J.R. Biard) и Гарри Питтманон (Gary Pittman) из Texas Instruments запатентовали схему полупроводникового излучающего светодиода (Semiconductor Radiant Diode) на основе арсенида галлия, содержащего один (p-n) переход, образованный областями с разными степенями легирования.

В описываемом изобретении предлагалось использование сильно легированной ($> 5 \cdot 10^{18}$ акцепторных атомов/см³) области «р-типа». При этом область «n-типа» должна иметь низкий уровень легирования (от $5 \cdot 10^{16}$ до $2 \cdot 10^{18}$ донорных атомов/см³).

При прямом смещении за счёт рекомбинации электронов и дырок вблизи p-n-перехода диод должен излучать рассеянный невидимый глазу свет в ближнем инфракрасном диапазоне в соответствии с «эффектом Лосева» (спонтанная излучательная рекомбинация в p-n-переходах полупроводников) [38].

Авторы отмечают, что световой выход должен зависеть от степени легирования и от температуры.

Ценность этого изобретения заключалась в том, что была предложена конструкция на базе вырожденного полупроводника, излучавшего инфракрасный свет, обусловленный рекомбинациями носителей из p-n-перехода арсенида галлия при приложенном напряжении смещения [39].

Этот патент был одним из промежуточных шагов в истории развития твердотельных лазеров, за которым

последовал калейдоскоп событий, резко изменивший мир лазеров.

На конференции по исследованию твердотельных приборов в Дареме, штат Нью-Гэмпшир, США, проходившей 9 июля 1962 года, Роберт Дж. Кейес (Robert J. Keyes) из Массачусетской технологической лаборатории Линкольна в своём докладе показал, что в их экспериментах наблюдалась интенсивная люминесценция от p-n-переходов арсенида галлия (GaAs) с квантовой эффективностью порядка 85% при охлаждении до 77 К.

Квантовый выход, определяющий эффективность, с которой инжектированные электроны и дырки рекомбинируют с излучением фотонов, в 85% означает, что почти каждая рекомбинация пары электрон-дырка приводит к излучению фотона. Таким образом, в докладе было показано, что арсенид галлия (GaAs) может быть использован для полупроводниковых инжекционных лазеров.

На следующий день после окончания конференции её презентация с описанием наиболее интересных результатов была опубликована в «The New York Times». Таким образом, доклад Кейеса получил широкую огласку, стал своеобразным стартовым выстрелом в гонку за твердотельными полупроводниковыми лазерами [40].

В течение следующих нескольких месяцев четыре исследовательские группы независимо друг от друга работали и продемонстрировали свои варианты полупроводниковых инжекционных лазеров.

Одновременно 1 ноября 1962 года были опубликованы две статьи в двух разных журналах. В журна-

ле «Physical Review Letters» команда американских физиков под руководством Роберта Холла (Robert N. Hall) из «General Electric Research Laboratory, Schenectady, New York» представила свои разработки лазерного диода на основе арсенида галлия, излучавшего когерентный свет в инфракрасном диапазоне. Их статья была принята и зарегистрирована журналом «Phys. Rev. Lett» 24 сентября 1962 года и опубликована 1 ноября 1962 года в 9 номере этого журнала [41].

В другом журнале «Applied Physics Letters» также именно 1 ноября 1962 года появилась статья, в которой сотрудники «IBM Watson Research Lab» Маршалл Натан, Уильям Дамке, Джеральд Бернс и Фредерик Дилл сообщали о результатах своих экспериментов, в которых наблюдалось стимулированное излучение из GaAs p-n-переходов. Статья была принята журналом 4 октября [42].

Несмотря на многочисленные споры, формальный приоритет открытия лазерного диода, согласно фактическим датам публичного представления работы (дата получения журналом), принадлежит именно Ричарду Холлу и его команде. Кроме того, поданная им 24 октября 1962 года заявка на изобретение лазерного диода была удовлетворена в 1966 году [43]. Поэтому имеет смысл остановиться на изобретении Ричарда Холла немного подробнее.

В заявке на изобретение Холл описывает своё устройство как «полупроводниковые диоды, предназначенные для получения когерентного стимулированного излучения, изготовленные на основе вырожденных полупроводников, легированных примесями, создающие зоны N- и P-типа, разделённые очень тонким p-n-переходом».

Слово «диод» подчёркивает стандартную схему полупроводникового p-n-перехода, аналогичную той, которую предложил Джеймс Байярд. Словосочетание «когерентное стимулированное излучение» подразумевает лазер. Из этих двух выражений позже образовалось и укоренилось название «лазерный диод» – «Laser Diode» Используется иногда также русский перевод – «диодный лазер».

В базовой статье [41] описывается диод с прямым смещением p-n-перехода на основе арсенида галлия (GaAs), изготовленный в виде куба со стороной 0,4 мм. Структурная схема

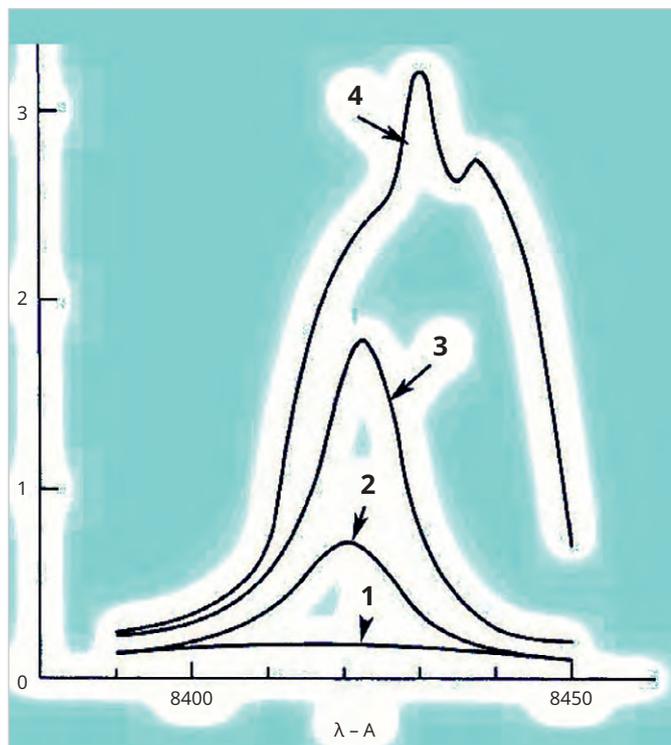


Рис. 8. Спектры излучения для лазерного диода Холла в зависимости от плотности тока смещения: 1 – 6000 А/см²; 2 – 8600 А/см²; 3 – 10 400 А/см²; 4 – 20 000 А/см²

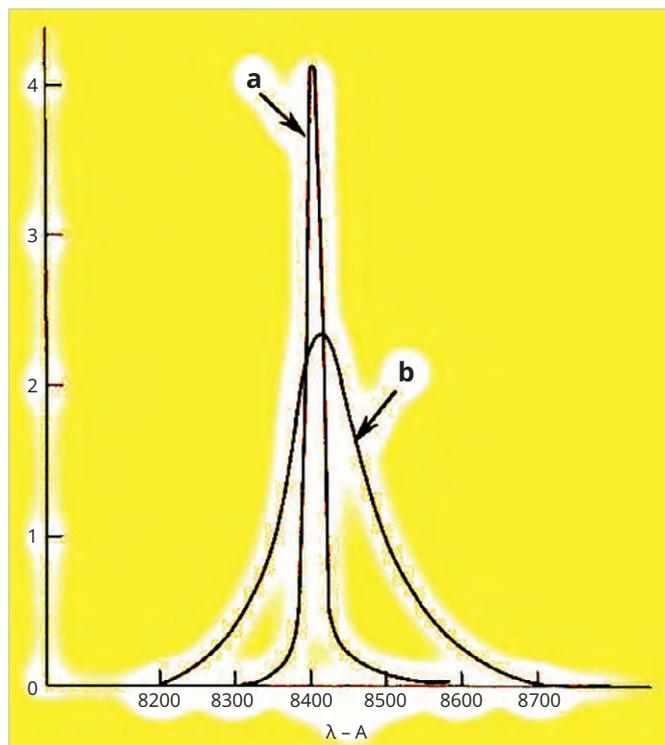


Рис. 9. Измеренные зависимости интенсивности излучения от частоты для различных диапазонов плотности тока смещения: a – пороговое значение плотности тока; b – диапазоны до и после порогового значения тока смещения

лазерного диода Холла в принципе не отличается от схемы светодиода Байярда, за исключением резонатора. В самой статье нет рисунка конструкции диода Холла. Однако во всех рассматриваемых четырёх пионерских работах использовалась в принципе одна и та же структурная схема, которая стала общепринятой для иллюстрации работы лазерного диода (рис. 7).

На середине конструкции была расположена плоскость тонкой области арсенидогаллиевого р-п-перехода, полученного с помощью стандартного метода с диффузией цинка. Для смещения перехода использовался прямой импульсный ток с длительностью импульсов от 5 до 20 мкс (плюс подаётся на р-зону, минус на п-зону). Тщательно отполированные передняя и задняя грани создавали необходимые резонансные условия для спектрального диапазона, в котором возможно было существование стимулированного излучения. Расстояние между этими гранями определяло параметры стоячей волны, возникающей в этой зоне. Вся конструкция была размещена в ёмкости с жидким азотом (–196°С). Инжекция носителей заряда в зону перехода реализовывалась подбором плотности тока смещения.

Электроны, диффундировавшие в зону проводимости, комбинируются с дырками, испуская фотоны. При подаче импульсов прямого смещения, создающих токи с большими плотностями (> 1000 А/см²), начиная с некоторого значения наблюдалось слабое свечение через боковые отполированные поверхности. Инверсия заселённости возникала за счёт резонансных явлений, вызываемых в зоне между отполированными гранями.

Когерентность излучения лазерного диода Холла была подтверждена также экспериментами с устройствами преобразования инфракрасного излучения в диапазоне видимого света, который фиксировался с помощью скоростной фотосъёмки. На полученных фотографиях отчётливо были видны вертикальные полосы, которые обусловлены интерференцией между волнами, излучаемыми в различных точках вдоль края перехода на передней грани куба. Их появление говорит о том, что существовало определённое фазовое соотношение между излучением, исходящим из различных точек вдоль перехода. При этом угловое разделение между интерференционными максимумами было согласовано с размерами перехода и длиной волны излучения. Эти факторы также свидетельствова-

ли о когерентности зарегистрированного инфракрасного излучения.

Теоретическое описание механизма стимулированного когерентного излучения света на тот момент времени не было разработано. Однако авторы предположили, что когерентное стимулированное излучение было обусловлено переходами электронов между зонами, имеющими состояния с аналогичным волновым числом.

На рис. 8 показаны спектры излучения для лазерного диода Холла в зависимости от плотности тока смещения. (Ось абсцисс – длина волны в ангстремах. Ось ординат – интенсивность излучения в относительных единицах.)

В диапазоне плотностей тока от 1000 А/см² до 8000 А/см² интенсивность излучения увеличивается практически линейно. В районе плотности тока около 8600 А/см² интенсивность излучения резко возрастает, что характерно для начала вынужденного излучения. На когерентность излучения при плотностях тока в диапазоне от 8500 А/см² до примерно 9000 А/см² указывает то, что в этой области интенсивность увеличивается почти в пятьдесят раз. Измеренные зависимости интенсивности излучения от частоты при пороговых

значениях плотности тока показали наличие резкого узкого пика в районе 8420 ангстрем (инфракрасный свет) при ширине на половине высоты приблизительно 15 ангстрем (рис. 9).

В целом можно говорить о том, что Роберт Холл со своими коллегами первыми официально продемонстрировали когерентное инфракрасное излучение, испускаемое изобретённым ими «лазерным диодом» на основе GaAs.

Что касается упомянутой выше статьи М. Натана [42], также опубликованной 1 ноября 1962 года, то в их работе использовалась диодная схема, аналогичная представленной на рис. 7. Диод размещался на золочёной шайбе из кобальта. Арсенид-галлиевый переход, полученный с помощью диффузии цинка, легированного теллуrom, занимал площадь примерно $1 \cdot 10^{-4}$ см². Вся система охлаждалась жидким азотом. Инжекция осуществлялась с помощью импульсов тока длительностью 50 нс, создающих высокие плотности. Инфракрасное излучение с длиной волны около 840 нм, исходящее из отполированных граней, перпендикулярных плоскости р-п-перехода, регистрировалось с помощью дифракционного решётчатого спектрометра Perkin Elmer.

Ровно через месяц 1 декабря 1962 года физики из другой лаборатории «General Electric Advanced Research Laboratory», расположенной в городе Сиракузы штата Нью-Йорк, Ник Холоньяк (Nick Holonyak) и его технический ассистент Сэм Беваква опубликовали в том же журнале «Appl. Phys. Lett» результаты своих исследований по этой теме. В статье они сообщили об успешном испытании изготовленного ими полупроводникового лазерного диода, излучавшего при криогенных температурах когерентный красный свет в видимой области спектра [45].

В отличие от других работ, Холоньяк использовал арсенид-фосфид галлия Ga(As_{1-x}P_x). Это тройное соединение полупроводника, полученное путём сплавления арсенида галлия (GaAs) с фосфидом галлия (GaP). Изменяя состав (представленный как «х» в формуле), исследователи могли настраивать ширину запрещённой зоны материала и, следовательно, длину волны излучаемого света. В результате группе Холоньяка удалось создать лазерный диод, генерирующий когерентное излучение с

длиной волны около 600 нм в видимом диапазоне.

В этом же номере журнала «Appl. Phys. Lett. 1», вышедшем 1 декабря 1962 года, авторы из Массачусетского технологического института Т.М. Квист, Р.Х. Редикер, Р.Дж. Кейес, В.Э. Краг, Б. Лакс, А.Л. Маквортер, Х.Дж. Зейглер представили результаты своих экспериментов по обнаружению когерентного стимулированного излучения от арсенид-галлиевого р-п-перехода с прямой инжекцией. Статья была принята редакцией 5 ноября 1962 года. В своих экспериментах эти авторы использовали GaAs диод с р-п-переходом, имевшим размеры 1,6×0,4 мм. Излучение диода фиксировалось с помощью инфракрасного визора, что давало возможность прямого визуального подтверждения когерентного излучения диода.

Кроме того, что они подтвердили результаты, полученные Робертом Холлом при охлаждении жидким азотом (77 К), им также удалось зафиксировать инфракрасное когерентное излучение при температуре 4,2 К. В случае охлаждения жидким азотом порог стимулированного излучения соответствовал плотности тока смещения, примерно $1 \cdot 10^4$ А/см². При температуре 4,2 К порог был зафиксирован примерно на уровне 760 А/см². Тем не менее целесообразно упомянуть, что интенсивность излучения при 4,2 К была, по крайней мере, на порядок меньше по сравнению с режимом охлаждения до азотных температур [46].

Более подробное описание истории исследований по лазерной тематике, проведённых «MIT Lincoln Laboratory», можно найти в статье [47].

Кроме того, история разработок первых лазерных диодов детально изложена в обзоре [48].

Подводя итог этому краткому описанию истории развития лазеров, в котором опущены некоторые не столь значительные этапы, можно сказать, что рассмотренные выше четыре статьи, по существу, описывают первый этап разработок полупроводниковых инжекторных лазеров. Эти лазерные диоды с одним прямым р-п-переходом (гомопереходом) излучали стимулированное когерентное излучение в инфракрасной области спектра только при охлаждении жидким азотом (77 К). Однако при комнатной температуре эти устройства работали как обычные светодиоды и излучали неко-

герентный, размытый видимый свет в красной области спектра.

В течение двух следующих лет многочисленные попытки повторения и усовершенствования моделей лазерных диодов «Холла – Натана – Холоньяка – Куиста» показали, что эта конструкция хотя и является надёжной и легко воспроизводимой, тем не менее обладает рядом непреодолимых конструкторских и технологических недостатков. Несмотря на многочисленные усовершенствования самой конструкции лазерного диода и технологии изготовления его базовых элементов, основные претензии предъявлялись к высоким порогам возбуждения, необходимости охлаждения до криогенных температур, импульсному режиму работы, низкому КПД, высокой расходимости светового луча, малому сроку службы и низкой надёжности. Бурно развивающаяся теория, объясняющая стимулированное когерентное излучение р-п-перехода, позволила сделать выводы о том, что описанные выше недостатки были обусловлены использованием сильнолегированного вырожденного полупроводника, что вызывало расползание инжектированных электронов в неактивные зоны и бесполезные их потери.

Эти недостатки, имевшие объективный характер, казались для большинства столпов старой лазерно-мазерной школы в принципе непреодолимыми.

Прорыв совершил молодой, малоизвестный мировой науке советский физик Жорес Алфёров. В заявке на изобретение, поданной в 1963 году, он предложил схему «полупроводникового лазера с электрической накачкой».

Идея этого изобретения заключалась в том, что излучающий элемент предлагался в виде комбинированной полупроводниковой структуры, которую позже американская пресса назвала «алфёровским сэндвичем из полупроводников». Активный полупроводник с узкой запрещённой зоной был зажат между двумя проводниками с более широкой запрещённой зоной. В тонком слое между этими полупроводниками возбуждалось состояние с инверсией электронных населённости, которое в итоге вызывало стимулированное когерентное излучение.

Подробно «гетерогенные лазеры Алфёрова» будут рассмотрены во второй части статьи.

Литература

1. Алфёров Ж.И. Международный объединённый биографический центр. URL: <http://biograph.ru/index.php/whoiswho/1/4742-alferov>.
2. Алфёров Ж.И. СПб ГЭТУ «ЛЭТИ». URL: <https://etu.ru/ru/muzej/vydayushhiesya-uchenyey-alferov-z-i>.
3. Ioffe A.F., Regel A.R. Journal Prog. Semicond, v. 4, p. 237, 1960. URL: <https://bit.ly/4g3j9MX>.
4. Губанов А.И. Теория выпрямляющего действия полупроводников. М., 1956. URL: <https://bit.ly/3M9tsB1>.
5. Алфёров Ж.И., Казаринов Р.Ф. Авторское свидетельство № 181737, 30 марта 1963, PatentDB. URL: <https://patentdb.ru/patent/181737>.
6. Kroemer H. Proc. IEEE, v 51, 1963. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1444636>.
7. Laureate 2000. URL: <https://web.ece.ucsb.edu/Faculty/Kroemer/pubs.html>.
8. Алфёров Ж.И. и др. Патент 000224_000128_0000521806_19770825_A1_SU, 1977. Полупроводниковый лазер с гетеропереходами, Приоритет 06.11.1973. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0000521806_19770825_A1_SU/?ysclid=m06r3qfm-ro387134298.
9. Grundmann M., Christen J., Ledentsov N.N., Böhrer J., Bimberg D., Ruvimov S.S., Werner P., Richter U., Gösele U., Heydenreich J., Ustinov V.M., Egorov A.Yu., Zhukov A.E., Kop'ev P.S., Alferov Zh.I. Ultranarrow luminescence lines from single quantum dots. URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.74.4043>.
10. Алфёров Ж.И., Гордеев Н.Ю., Зайцев С.В. и др. Физика и техника полупроводников. М., 1996. Т. 30. С. 357–363. URL: <https://journals.ioffe.ru/articles/34218>.
11. Receiving the Nobel Prize from King Carl XVI Gustaf in Stockholm. Henrik Montgomery/Pressens Bild, via Associed Press. URL: <https://www.nytimes.com/2019/03/02/obituaries/zhores-alferov-dead.html>.
12. Ж.И. Алфёров. Библио-Глобус. 2020. URL: <https://www.biblio-globus.ru/product/10660720>.
13. Волоконно-оптические линии связи. URL: <https://isoit.ru/service/volonno-opticheskie-linii-svyazi/>.
14. Zhores Alferov, Nobel Winner. The New York Times, March 2, 2019. URL: <https://www.nytimes.com/2019/03/02/obituaries/zhores-alferov-dead.html>.
15. Вынужденное излучение. URL: <https://bit.ly/3XvrUrJ>.
16. Scientific Volume Imaging. URL: <https://svi.nl/StimulatedEmission>.
17. Берестецкий В.В., Лифшиц Е.М., Пятаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М.: Наука, 1989. URL: <http://bit.ly/3XxiMTu>.
18. Басов Н.Г. РМП 2017. URL: <https://lebedev.ru/data/books/Basov.pdf>.
19. Weber J. URL: <https://eng.umd.edu/ihof/joseph-weber>.
20. «MASER» by Charles Townes. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Maser#/media/File:Charles_Townes_and_first_maser.jpg.
21. PRJ ARCHIVE, Gordon J.P., Zeiger H.J. and Townes C.H. Phys. Rev. 95, 282 – Published 1 July 1954. URL: <https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.95.282>.
22. ЖЭТФ 27, 431 (1954). URL: <http://quantum.phys.uni-sofia.bg/phonics/Lasers/Beginning-of-the-Laser-Era-in-the-USSR.pdf>.
23. Мазеры. URL: <https://bit.ly/4geH8ss>.
24. Космические мазеры. URL: <https://ufn.ru/ru/articles/1979/6/e/>.
25. Ruby Laser. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Ruby_laser_beam.png.
26. Первый лазер в истории – каким он был. URL: <https://habr.com/ru/articles/430900/>.
27. Применение лазеров. URL: <https://bit.ly/3AKqWix>.
28. Franken P.A., Hill A.E., Peters C.W., Weinreich G. Generation of Optical Harmonics, Physical Review Letters, 1961. URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.7.118>.
29. Anderson R.L. Germanium-Gallium Arsenide Heterojunctions, IBM, Journal, 1960. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5392495>.
30. Javan A. et al. Physical Review Letters, v.6, Issue 3, 1961. URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.6.106>.
31. White A.D., Gordon E.I. Applied Physics Letters, Volume 3, Issue 11, p. 197–199, 1963. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1963ApPhL...3..197W/abstract>.
32. Лазерное оружие: технологии, история, состояние, перспективы. URL: <https://topwar.ru/155326-lazernoe-oruzhie-tehnologii-istorija-sostojanie-perspektivy-chast-1.html>.
33. He-Ne laser. URL: http://c4r0.byethost9.com/lasers/hene04_big.jpg.
34. Академик Николай Геннадиевич Басов. URL: <https://izv-fiz.ru/ru/basov-100/>.
35. Басов Н.Г., Крохин О.Н., Попов Ю.М. УФН 72 161–209 (1960). URL: <https://ufn.ru/ru/articles/1960/10/a/>.
36. Журнал экспериментальной и теоретической физики, т. 40, 1961 год. URL: <https://bit.ly/3B4DqBD>.
37. Maurice G.A. Bernard, Georges Durafourg. Laser Conditions in Semiconductors, 1961. URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.19610010703>.
38. Лосев Олег Владимирович, Wikipedia. URL: <https://bit.ly/4e6xeXU>.
39. Semiconductor Radiant Diode. US Patent. #3.293.513. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/7d/90/87/4a6cb43a592c56/US3293513.pdf>.
40. Early Work at Lincoln Laboratory on GaAs Semiconductor Devices. URL: https://archive.ll.mit.edu/publications/journal/pdf/vol02_no1/2.1.1.earlywork.pdf.
41. Hall R.N., Fenner G.E., Kingsley J.D., Soltys T.J. and Carlson R.O. Light Emission From GaAs Junctions, Phys. Rev. Lett. 9, 366 – Published 1 November 1962. URL: <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.9.366>.
42. Marshall I. Nathan et al. Stimulated emission of radiation from GaAs p-n junctions. Appl. Phys. Lett. 1, 62 (1962). URL: <https://bit.ly/4d69e6r>.
43. Hall R.N. Patent US # 3245,002. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/a5/b0/7f/40f65021c43c80/US3245002.pdf>.
44. Lase Diod Diagram. URL: <https://bit.ly/3MJQr6i>.
45. COHERENT (VISIBLE) LIGHT EMISSION FROM Ga (As_{1-x}P_x) JUNCTIONS. Appl. Phys. Lett. 1, 82–83 (1962). URL: <https://bit.ly/3zsHwCX>.
46. Quist T. et al. SEMICONDUCTOR MASER OF GaAs, Appl. Phys. Lett. 1 (4): 91–92, 1 December 1962. URL: <https://doi.org/10.1063/1.1753710>.
47. Rediker R.H. Early Work at Lincoln Laboratory on GaAs Semiconductor Devices. The Lincoln Laboratory Journal, v 2, Number 1 (1989). URL: https://archive.ll.mit.edu/publications/journal/pdf/vol02_no1/2.1.1.earlywork.pdf.
48. Hecht J. The Birth of the Diode Laser, Optics and Photonics News Vol. 18, Issue 7, pp. 38–43 (2007). URL: <https://doi.org/10.1364/OPN.18.7.000038> 

Электронные системы для животных, безопасности людей и ветеринарного контроля

Андрей Доезжаев

Внедрение цифровых технологий и РЭА в ветеринарной области обоснованно считают важной задачей. Если про высокие технологии и IT-сервисы в медицине говорят часто, то ветеринарию и электронные устройства-помощники для животных обходят вниманием. Несмотря на то что в прикладной ветеринарии пока немного решений отечественных разработчиков (адаптируют медицинскую электронную технику, разработанную для человека) и применяют электронные устройства зарубежного производства, в этой области намечены огромные перспективы развития. В статье рассматриваются примеры РЭА для ветеринарии и проблематика разработок комплексных электронных систем для контроля, диагностики и лечения животных.

Действующие системы ветеринарного контроля и лицензирования

Пока в России не существует специальной службы государственного контроля за выполнением программ в области племенного дела и ветеринарии, трудно получить объективные данные по племенному учёту и эффективности работы ветеринарных учреждений. Ветеринарный контроль – деятельность таможенных государственных органов, направленная на предотвращение ввоза и распространения возбудителей заразных болезней животных, в том числе общих для человека и животных, и товаров, не соответствующих ветеринарно-санитарным требованиям, а также предупреждение, обнаружение, пресечение нарушений законодательства в области ветеринарии. В основе контроля и лицензирования этой сферы стоит федеральная государственная информационная система «Меркурий» (ФГИС «Меркурий») – автоматизированная система для отслежи-

вания грузов, за которыми установлен государственный ветеринарный контроль на территории РФ. ФГИС «Меркурий» создана как единая и основная информационная площадка для сельскохозяйственного ведомства страны и ветеринарных учреждений, производителей и продавцов подконтрольной продукции.

Основные функции:

- оформление электронных ветеринарных сопроводительных документов (эВСД);
- контроль за перевозкой грузов;
- снижение рисков фальсификации продуктов.

Оператор ФГИС «Меркурий» – Россельхознадзор. Наряду с ней действует интегрированная ведомственная информационная система автоматизации и информационной поддержки электронного межведомственного и внутриведомственного взаимодействия (ФГИС «ИВИС»). На рис. 1 представлена блок-схема взаимодействия составных компонент в ФГИС «Меркурий».



Рис. 1. Блок-схема взаимодействия составных компонент в ФГИС «Меркурий»

На рис. 2 представлена блок-схема Федеральной государственной информационной системы в области ветеринарии ФГИС «Ветис».

Наиболее популярна в агрохозяйствах программа «Селэкс». В электронную базу заносятся такие показатели, как данные анализов (количество жира, белка), живая масса животного, лактации, продуктивность; можно должным образом скорректировать кормление и др. Ранее, 30 лет назад, учёт подобной информации велся с помощью системы управления стадом «АРМС». Она позволяла вносить систематизированные данные по контрольным дойкам и отёлам, в полуавтоматическом режиме прогнозировала надой коров. Несмотря на то что «АРМС» была удобна в использовании, существенным минусом являлось то, что система не была ориентирована на решение экономических задач. Разработчик «Селэкс» – группа компаний «Силтэк» – также внедрял в отрасль животноводства современные электронные форматы технологий радиочастотной идентификации (RFID) поголовья скота. В качестве примера рассмотрим электронную бирку маркировки животных в ультравысокочастотном радиодиапазоне (UHF) – «S-Tag3D-A» (рис. 3).

Со временем была усовершенствована заходная часть, именуемая на сленге зоотехниками и ветеринарами «папа». Поликарбонатный наконечник стал значительно острее, благодаря этому бирка легка в применении даже при мечении взрослых, половозрелых быков-производителей, биркование которых, как правило, вызывает сложности у животноводов. В отличие от металлических наконечников, использование поликарбоната более экологично и безопасно для животного, поскольку материал не окисляется и не ломается на морозе, прочен в использовании, прост в переработке.

Электронная ушная бирка RFID «S-Tag3D-A» предназначена для удалённой групповой и индивидуаль-

КОМПОНЕНТЫ ФГИС «ВЕТИС»

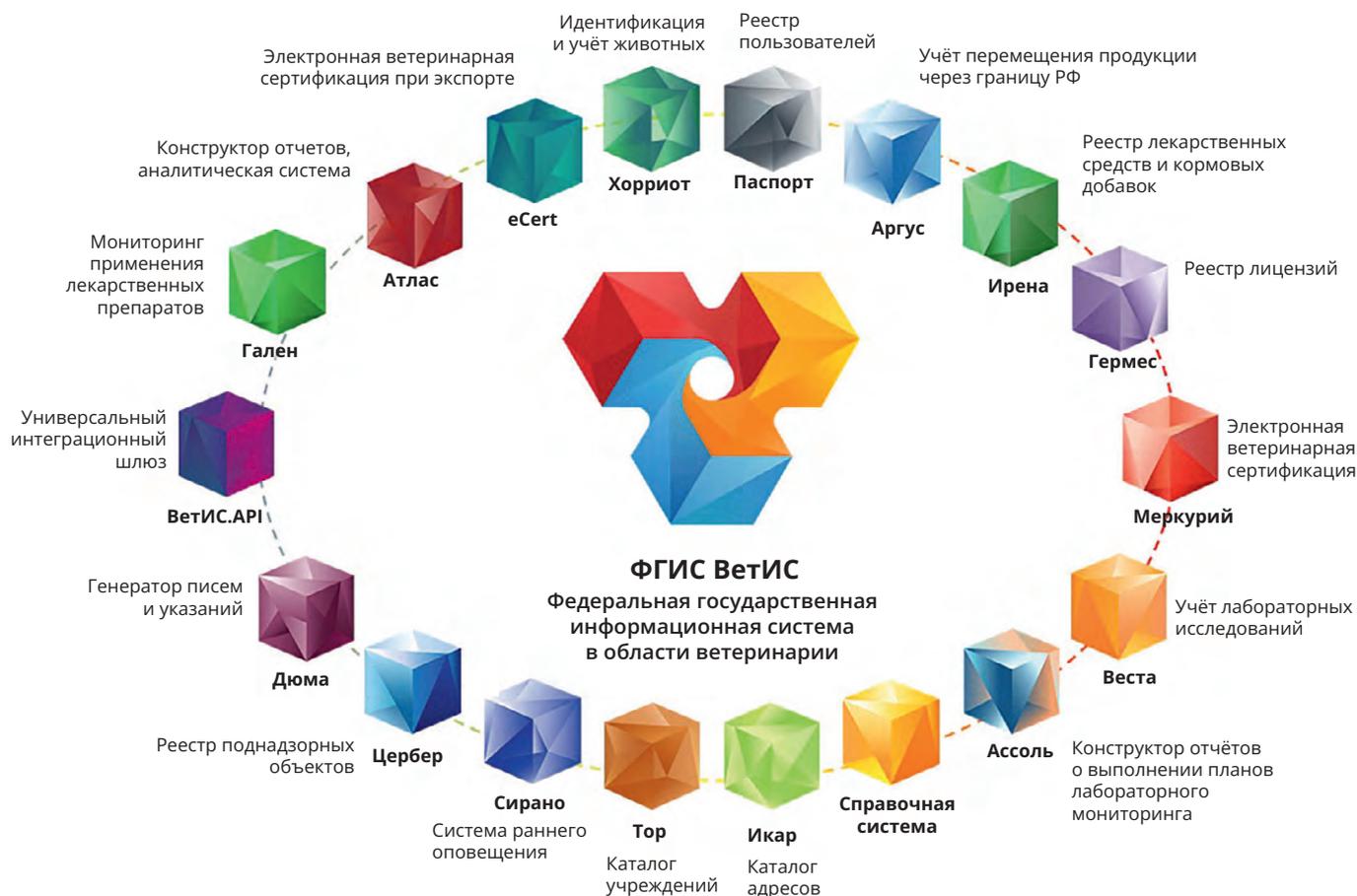


Рис. 2. Блок-схема федеральной государственной информационной системы в области ветеринарии ФГИС «ВетИС»



Рис. 3. Электронная бирка S-Tag3D-A

ной идентификаций животных: крупного и мелкого рогатого скота, свиней, северных оленей и других животных на дистанции от 1,5 до 3 метров. И конечно, особенно популярна она в местах трудной доступности, например, в тундре. Впрочем, применение электронных бирок стало актуальным в текущем году, когда по требованиям ветеринарного контроля все средние и крупные животные в хозяйствах разных форм (от личных подсобных – ЛПХ до крестьянских фермерских – КФХ и агрохолдингов АПК) должны быть привиты и чипирова-

ны, то есть учтены. Птицы это пока не касалось, но все животные от коз (мелкий рогатый скот) и крупнее попадали под действие новых правил. Спрос на UHF-бирки быстро рос много лет параллельно с применением технологии RFID в системах, далёких от животноводства: в ЕБС, СУБД, СКУД и других. Выгоды и преимущества RFID основываются на относительно большой (в ряде случаев) дистанции считывания информации с возможностью мгновенной групповой идентификации разных объектов. Элементы системы обеспечивают безопасность персонала при работе с животными, меньший уровень стресса, а объектный учёт в животноводстве позволяет контролировать и фиксировать основные зоотехнические и ветеринарные операции с сохранением истории конкретного животного [8]. Внедрив дополнительные элементы автоматизации литья в технологический процесс на заводе в Московской области, увеличив производительность, компания удовлетворила возросший в животноводстве спрос на электронные метки стандарта UHF.

Некоторые технические характеристики радиометки S-Tag3D-A

- Вес – 6,6 г.
- Срок эксплуатации – 10 лет.
- Рабочая частота – 860–960 МГц.
- Материал корпуса – полиуретан (наконечник – поликарбонат).
- Температура хранения/использования от –55°C до +85°C.
- Диаметр – 34,6 мм.
- Применяемая радиометка – W6732/1XD.
- Чип (изготовитель) – UCode8 (NXP).
- Стандарт – EPC Class1 Gen2.
- Исполнение и класс защиты – IP65.
- Размер TID, бит – 96.
- Размер EPC, бит – 128.
- Память пользователя – отсутствует.
- Средства монтажа – аппликатор/бирка/щипцы.
- Стандартные цвета – жёлтый, красный, синий.

Дистанция считывания данных составляет 1,5–3 метра в зависимости от применяемого оборудования.

Переменная маркировка осуществляется лазером в соответствии со стандартом ISO 15416:2016.



Рис. 4. Вид электронной UHF-бирки S-Tag3D-A3D



Рис. 5. Два варианта (из многих) GPS-трекеров



Рис. 6. Метка на ухе козы в подсобном хозяйстве

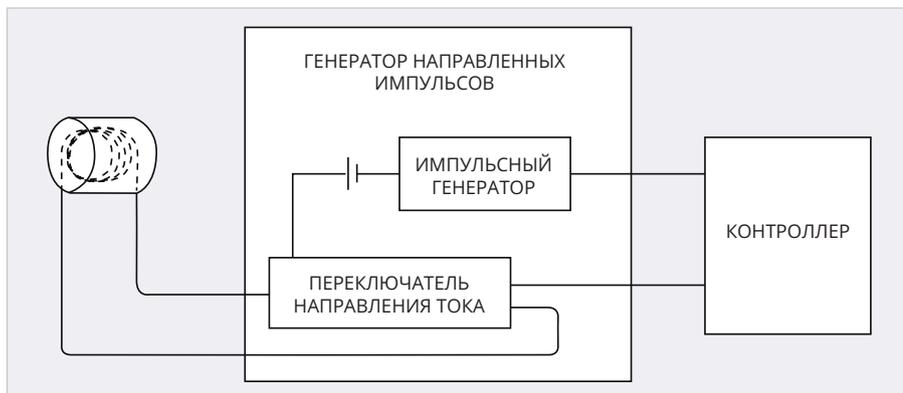


Рис. 7. Электрическая схема электронного пастуха



Рис. 8. Метод крепления и изоляции проводников



Рис. 9. Рекомендации по применению электронной системы «Электропастух»



Рис. 10. Устройство заземления для электропастуха

На рис. 4 представлен вид электронной UHF бирки S-Tag3D-A3D. Дистанция считывания данных – свыше 15 метров. Специальные метки для объектов делают не только из пластмасс, но и из разных видов металла.

Технологии и IT-решения в ветеринарии

Рассматривая уровень цифровизации отраслей, отметим внедрение цифровых технологий в ветеринарных клиниках, занимающихся терапией мелких домашних животных. Разумеется, у информационных тех-

нологий и цифровых устройств РЭА в диагностике и терапии болезней животных, в том числе домашних, большой потенциал, учитывая количественный рост домашних животных во всём мире и доступность сопутствующих электронных устройств. Более 50% домохозяйств на основных рынках владеют домашними животными, а в таких странах, как Бразилия и Аргентина, показатель превышает 80%, в отличие от России (59% по состоянию на 2022 год). К цифровым технологиям и РЭА в области животноводства и ветеринарии с наибольшим потен-

циалом внедрения эксперты относят электронные датчики, метки и ошейники и другие устройства, которые рассмотрим в статье (рис. 5). У домашних животных «умные» ошейники помогают владельцам постоянно отслеживать состояние здоровья животного, его активность, могут использоваться для оптимизации кормления и ухода.

Технологии прогнозирования и блокчейн-приложения

Быстро развивающиеся мобильные технологии с активным использовани-

ем мобильных устройств и IoT (смартфоны, планшеты, датчики), а также краудсорсинговых платформ открыли широкие возможности обмена данными в реальном времени для достижения различных целей среди больших групп пользователей [3]. Программное обеспечение системы уже использует огромный массив данных, предоставляемых цифровыми технологиями для прогнозирования заболевания или выявления недомоганий животного ещё до возникновения необратимых проблем. Своевременное применение рассматриваемых электронных инструментов позволяет диагностировать высокую вероятность заболевания и провести раннее лечение при наличии имеющихся возможностей. Перспективная цифровая технология для эффективного управления ресурсами цепочек поставок кормов для животных, ветеринарных препаратов, диагностических наборов, вакцин и прочего (блокчейн), а также возможности телеветеринарии помогают работать удалённо, сокращая количество часов практики, при этом оказывая качественную ветеринарную помощь. IT-решения в «медицине для

людей» стали широко применяться относительно давно, а в ветеринарии (в России) электронные инструменты контроля, анализа и прогнозирования деятельности животных используются недостаточно. Это ниша, где могли бы успешно работать новые производители РЭА, разработчики. Ниша, где могли бы запускаться стартапы. Софтверные решения, помогающие упростить рабочие процессы, имеются. Например, это системы управления хозяйством или клиникой. Специалисты на местах вынуждены выбрать одну из многих электронных систем зарубежного производства и адаптировать под конкретные потребности. Как правило, IT-процессы делятся на три основных блока: клиентский центр, бэк-офис и ветеринарная часть. Что касается главного ветеринарного блока, это CRM: аналитика приёмов, историй, медикаментов, операции, записи.

CRM-системы в этой области имеют большие перспективы, но не везде они адаптированы под нужды персонала: нет функционала в части аналитики, ветеринары используют их ограниченно, чтобы вносить данные о клиентах, животных. Тем не менее

есть отдельный планировщик задач, возможность аналитики для колл-центра. Если дипломированному врачу нужна помощь, он открывает приложение, создает «тикет» – специалисты техподдержки видят это и своевременно реагируют. CRM только продолжает традицию оптимизации процессов в таких учреждениях, ведь будет логично снять с врачей функцию менеджмента и передать другим помощникам, IT-системам или ИИ [2].

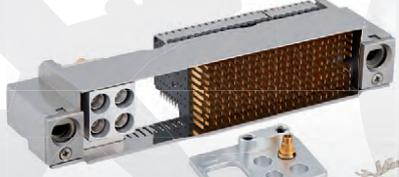
О специфике медицинского оборудования для ветеринарии

Крупные животные биологически не менее сложно устроены, чем человек, и корректно диагностировать их вовсе не проще. Трудности возникают и по естественным причинам: животные не разговаривают на понятном человеку языке, не могут рассказать о симптомах, чтобы специалист-диагност составил анамнез. Случаются относительно тяжёлые кардиологические патологии, работа с которыми требует новейшей и многофункциональной электронной медицинской аппаратуры. То же касается комплекса инвазивной хирургии –



ЭЛЕКТРОДЕТАЛЬ
РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

В КОНТАКТЕ СО ВРЕМЕНЕМ



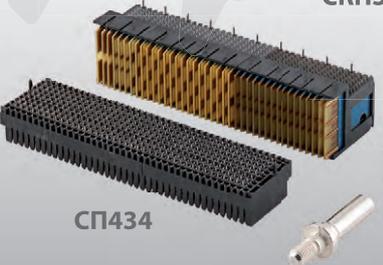
СКП388



СНП429



СНП433



СП434



СП430



СНП401



Полный цикл производства



Испытательный центр



Современная производственная база



Автоматизация процессов



Контроль и гарантии качества



Сертификат соответствия СТ-1, ГОСТ Р ИСО 9001-2015



242500, Россия, Брянская обл., г.Карачев Горького ул., д.1.
Тел.: (48335) 2-61-72, e-mail: market@elektrodetal.com;
www.elektrodetal.com





Рис. 11. Вид животного типа КРС у «изгороди» электропастуха



Рис. 13. Трекер на ошейнике собаки

и в этом помогает метод С-дуга. Речь идёт о диагностическом электронном оборудовании, с той разницей, что в системе функционируют электронные датчики для измерения давления, лазерные установки для лечения травм, сушки – в формате специализированного ветеринарного оборудования. После очищающего мытья крупное животное изолируют в специальном небольшом помещении (клетке, но с глухими стенками и вентиляцией) и воздействуют тёплым потоком воздуха с температурой в диапазоне +40...+55°C. Для большинства животных нормальной для жизнедеятельности считается температура +40...+42°C, поэтому в такой «сушке» млекопитающее чувствует себя относительно комфортно. Эта система разработана в Сингапуре. В дополнение к ней в практической ветеринарии применяют медицинское оборудование и методики, разработанные для диагностики людей: КТ, МРТ, препараты ИВЛ, УЗИ для кардиограмм с чёткой проникаемостью и лучшим качеством картинки, С-дуга (супер-рентген, позволяющий получать снимки прямо в процессе операции, что заметно сокращает продолжительность медицинских воздействий и повышает их качество). На рис. 6 показана метка RFID на ухе козы.

Новые тенденции в электронной ветеринарии

В отечественной ветеринарии меняется подход к животным в соответствии с мировыми тенденциями и международным опытом. В СССР кошкам давали молоко, зная, что лактоза не усваивается, животных не всегда стерилизовали. Сегодня качественное питание, груминг, обучение постепенно входят в норму. В операционных установлены

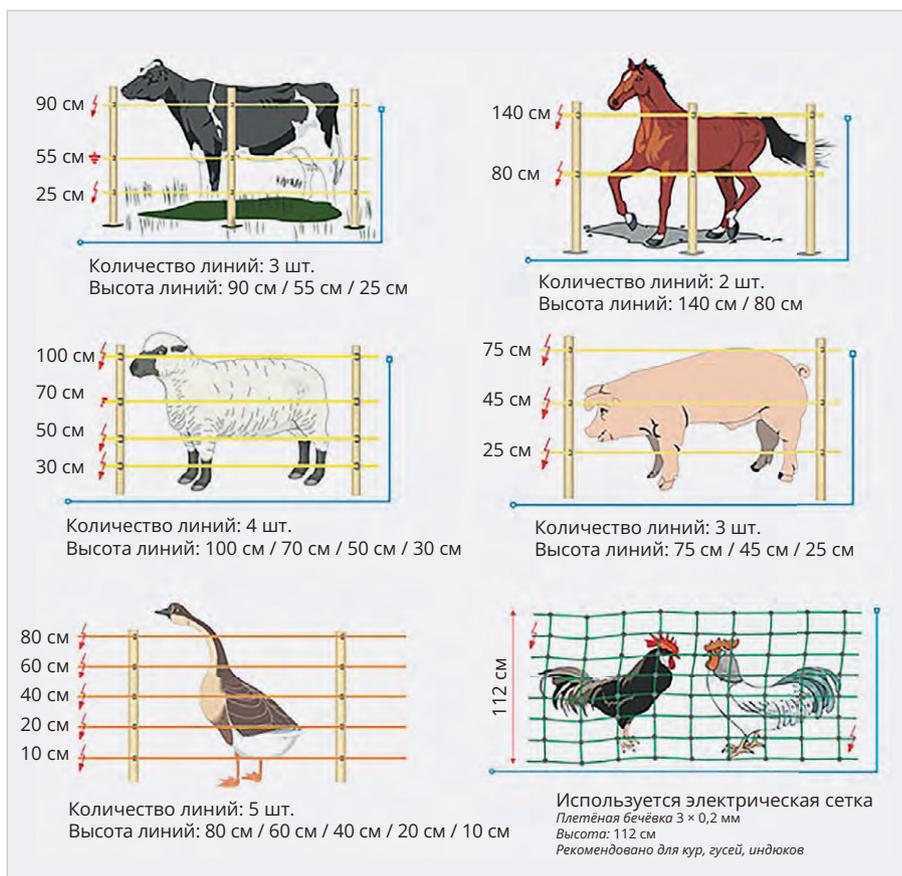


Рис. 12. Рекомендации для установки устройства для разных видов и размеров животных

камеры видеонаблюдения со спектром сканирования на 360 градусов. Информация фиксируется в электронной форме, записывается и анализируется, в том числе в реальном времени, что позволяет лечить животных методом телеметрии с участием других специалистов высокой квалификации, получающих «картинку» дистанционно.

«Электропастух» для животных

Электропастух – это условный забор-изгородь для ограничения передвиже-

ния животных, по периметру которой по проводам, изолированным от земли, от преобразователя электрического тока подаётся напряжение нелетального значения. Источник питания для такого электронного устройства может быть альтернативным – аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 12 В или адаптер от осветительной сети переменного тока с напряжением 230 В. При соприкосновении с «изгородью» животное чувствует небольшой удар тока: безвредный, но неприятный. С помощью электро-

пастуха, в ряде случаев вполне заменяющего человека, животных приучают пастись внутри ограниченной территории. Подконтрольные животные таким образом ограждены от посягательств хищников и лиц с наклонностями к присвоению чужой собственности. Налицо также экономия на услугах сотрудника-сторожа. Рассмотренная технологичность оправдана даже в маленьких хозяйствах. С применением устройств можно исключить человеческий фактор, избежать рисков, что пастух не уследит, как животное затопчет или вытопчет посевы, или что придется собирать стадо по полям в непогоду.

Принцип работы устройства

Принцип работы связан с электрической схемой электронного устройства «электропастух», представленной на рис. 7.

Электронный пастух состоит из нескольких частей:

- источник питания: внешний или внутренний аккумулятор, солнечные батареи;
- электронный генератор/трансформатор с броневым сердечником;

- проводники, по которым течёт электрический ток, и устройство заземления;

- изоляторы для «изгороди» и опоры. Дополнительно к устройству рекомендуется использовать громоотвод.

Итак, по линиям ограждения течёт ток. Его сила регулируется в соответствующем режиме электронного устройства. Как только животное, стоящее лапами или копытами на земле, касается ограждения, электрическая цепь замыкается, и животное чувствует напряжение между точкой соприкосновения с электропастухом и землей.

Электропастуха можно сделать самостоятельно. Важная и обязательная деталь – высоковольтный трансформатор с броневым сердечником и обмоткой, разделённой изоляционными слоями. Подача напряжения имеет импульсный характер: кратковременный и регулируемый. Это важно для безопасности людей и животных. Сила тока в такой конструкции крайне мала, а напряжение может достигать сотен вольт. Ознакомиться с тем, как собирается система электронного пастуха из доступ-

ных модулей и элементов, можно в [6], [7].

Одна из важнейших деталей при выборе комплектующих для электропастуха – провода и их проводка. Это может быть даже оцинкованная проволока, альтернативный вариант – лента с проволокой внутри или провода в изоляции (животное всё равно чувствует неприятные ощущения через изоляцию проводки).

Опорные столбы и изоляторы

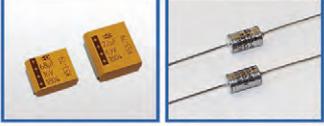
Установка готового устройства начинается со столбов. К ним, отстоящим друг от друга не реже, чем через каждые 10 метров (иначе электропроводка будет провисать), крепят электрические провода так, как показано на рис. 8. Угловые столбы обязательно укрепляют дополнительно для придания устойчивости ограждению. Опоры могут быть стеклопластиковыми, деревянными или металлическими.

Ещё лучшим решением считаются фарфоровые изоляторы как наименее подверженные влаге и повреждениям. При креплении проводов на опоры стоит учесть размер животного, для



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭЛЕКОНД

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ

<p>Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °C</p>	<p>3,2 ... 485 1,0 ... 470 000 -60 ... 125</p>	
<p>Объемно-пористые танталовые конденсаторы K52-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °C</p>	<p>3,2 ... 200 1,5 ... 60 000 -60 ... 175</p>	
<p>Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °C</p>	<p>2,5 ... 63 0,033 ... 2 200 -60 ... 175</p>	
<p>Суперконденсаторы K58-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды и эксплуатации, $T_{ср}$, °C</p>	<p>2,5 ... 2,7 1,0 ... 4 700 -60 ... 65</p>	
<p>Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °C</p>	<p>5,0 ... 48 0,08 ... 783 -60 ... 65</p>	

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru



Реклама



Рис. 14. GPS-трекер с двусторонней связью



Рис. 15. Трекер с обратной связью и дисплеем



Рис. 16. Электронный ошейник для дрессировки и безопасности

которого создан загон, в соответствии со следующими рекомендациями:

- для лошадей достаточно двух линий проволоки: на 80- и 140-сантиметровой высоте;
- для коров необходимо три линии: на высоте 25, 55 и 95 сантиметров от земли;
- для свиней тоже три, но на высоте 75, 45 и 25 сантиметров;
- для коз и овец нужно четыре линии: на 100, 70, 50 и 30 сантиметрах;
- для гусей нужно пять: на высоте 80, 60, 40, 20 и 10 см;
- для остальных птиц обязательна изгородь в форме сетки, в том числе для гусей.

Эти рекомендации иллюстрирует рис. 9.

При натяжении линии проводов учитывают, что она не должна контактировать ни с грунтом, ни с растительностью, ни с другими частями электронной системы. При манкировании сего условия снижается КПД. Если избежать контакта с растениями или другими посторонними элементами невозможно, изолируют отрезок проволоки. Опытные фермеры используют резиновый шланг либо кусок неармированной трубы из поливинилхлорида. Изолента и гофрированные трубы не помогут, они быстро изнашиваются от осадков, перепада температур. Но есть специальные изоляторы, которые идут в комплекте для «электропастуха» промышленного изготовления.

Заземление – условно незначительная статья расходов для устройства. Подходят части арматуры или металлические прутья не меньше 120 сантиметров в длину, 3/4 которых должно

находиться под землёй. Забивать арматуру нужно с внешней стороны изгороди, примерно на расстоянии 1 метра, недалеко от генератора. На один участок – одно заземление (рис. 10).

Для каждого участка нужен отдельный прут, и подсоединять несколько участков к одному заземляющему элементу нежелательно. Между двумя элементами заземления рекомендуется расстояние не менее 10 метров. Притом существует рекомендация: сухой грунт нужно увлажнять большим количеством подсоленной воды. При некачественном заземлении вся система теряет эффективность. Электропастуха вполне возможно установить самостоятельно [7]. На рис. 11 представлено животное у изгороди электропастуха, а на рис. 12 – рекомендации для установки устройства для разных видов и размеров животных.

Практическое применение РЭА, контролирующей животных

Практическое применение трудно переоценить, и связано оно в наше время с безопасностью как животных, так и людей. ГОСТ Р 58947 и действующие строительные нормы и правила (СНиП) 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» регламентируют действия с точки зрения защиты диких животных и участников дорожного движения. В Московской области и в Санкт-Петербурге (и в других регионах) огорожены скотопрогоны и широко применяются электропастухи.

Это важно и неизбежно, поскольку суммарные годовые убытки от столкновений людей и транспортных средств с животными по статистике доволь-

но велики. Статистика происшествий регулярно подтверждает опасения: автомобильные и железные дороги представляют серьёзную угрозу как для человека, так и для животных. Чтобы уберечь диких животных от опасности проезжих дорог, в «проблемных» районах (и вдоль дорог) строят специальные переходы – экодуки. Такая практическая забота об экологии и фауне давно актуальна во многих развитых странах.

Примеры из мировой практики

Экодуки есть в Финляндии, в Австрии над трассой Вена-Швехат; им может быть подземный туннель, виадук, эстакада и мост, туннель для амфибий и другие формы. Один из самых известных экодуков в мире – мост Natuurbrug Zanderij Crailoo в Нидерландах. Самая протяжённая (800 метров) в мире эстакада для дикой природы предоставляет лесным обитателям безопасную альтернативу пересечения автомобильной дороги. Всего в Голландии более 600 мостов для животных, причём многие располагаются под проезжими частями и служат подземными ходами для лис и мышей. В Нидерландах, чтобы спасти популяцию европейских барсуков, создана обширная сеть эстакад, подземных переходов и туннелей, состоящая из более чем 6000 переходов. Суть не меняется: переход, надземный или подземный, обеспечивает безопасный переход дороги для животных. Экодуками называют не совсем обычные мосты и проходы под ними, предназначенные для крупных и мелких животных. Экодуки обеспечивают безопасность и для людей, ведь с

их внедрением тогда возникает меньше ДТП.

В Японии делают своеобразные колеи под рельсами, чтобы черепахи могли безопасно пересекать железнодорожные пути. В австралийском Брисбене над печально известной и опасной Комптон-роуд целых 3 навесных моста, сплетённых из толстой веревки, которые позволяют опоссумам пересекать дороги над проезжей частью. В Новой Зеландии специально спроектированы туннели, позволяющие пингвинам пересекать автобаны, а в Кении есть подземный переход для слонов. В столице Норвегии существует так называемое «пчелиное шоссе». Чтобы спасти популяцию пчёл, находящуюся под угрозой исчезновения, местные жители высаживают цветы на крышах и в парках по определённому маршруту. Пчёлы могут спокойно путешествовать по городу, перелетая от одного такого оазиса к другому.

Германия славится оригинальными проектами мостов для животных. Так, в Гамбурге построили 3 туннеля для жаб общей стоимостью почти полмиллиона евро. В Баварии – не менее дорогой мост для летучих мышей. От

3 до 4 миллионов евро муниципалам потребовалось, чтобы обеспечить безопасность автомагистрали. У побережья Австралии построен необычный пластиковый пятиметровый мост для крабов. Конструкция вовсе не избыточна: она способствует направлению миграции тысяч красных крабов, чтобы они не сновали по оживлённым магистралям. Постепенно мост окупил себя, стал достопримечательностью острова и привлекает туристов всего мира. Так же, как дороги для людей, переходы для диких животных обеспечивают безопасный и упорядоченный способ добраться туда, куда им нужно. Конструкции для животных, мосты и экодуки обеспечивают безопасность, помогают водителям избегать потенциально опасных столкновений с представителями фауны и дикой природы.

РЭА для животных бытового назначения

Потерявшиеся собаки и кошки, угрожающе лающий на детей пёс во дворе или убежавшая легавая охотничья собака с развитием электроники больше не проблема. Современные электронные системы помогают най-

ти пропавшего четвероногого друга, предотвратить беду и даже следить за питомцем, играя с ним, находясь на удалённой и невидимой позиции. Разнообразная РЭА для домашних животных представлена значительным ассортиментом. Потеря любимого питомца может стать трагедией и для хозяина. Один из способов отслеживать перемещение и активность питомца – GPS-трекер для домашних животных (рис. 15).

Трекинг для животных на основе GPS

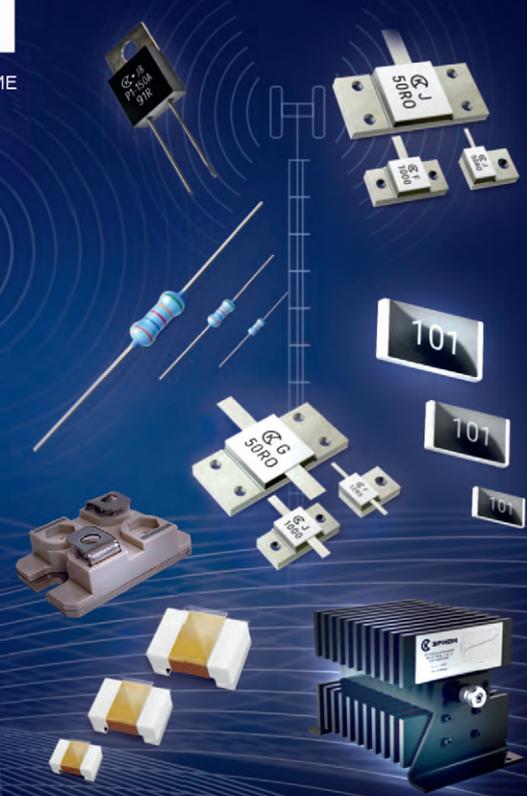
Электронное устройство, совместимое с IOS и Android, крепится на лёгкий и водонепроницаемый ошейник. Системы трекинга для животных на основе GPS позиционируют как полноценные программно-аппаратные электронные комплексы условно трёх видов: непосредственно трекер, трекер с соответствующим мобильным аппаратом и трекер с мобильным аппаратом и двусторонней связью (рис. 14).

Популярный и простой вариант – электронный трекер с GPS, с привязкой к географической карте или населённому пункту, вмонтированный в ошейник



ЭРКОН

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ



ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю
- Изделия по вашему ТЗ

НОВИНКИ

Эквиваленты нагрузок РР1-24 (от 50 Вт-2000 Вт)
 Атенуаторы РР1-25 (от 50 Вт - 2000 Вт)
 ТПИ - тепловые чип-перемычки
 СВЧ-резисторы Р1-160 (до 40 ГГц)
 Мощные СВЧ-резисторы Р1-170 (до 1000 Вт)
 Силовые резисторы Р1-150М (до 1500 В)

603104, Г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
 тел.: 8 (831) 202 - 24 - 34 (многоканальный)
 8 (831) 202 - 25 - 52 (отдел продаж)
 E-mail: gr@erkon-nn.ru
 www.erkon-nn.ru

Реклама



Рис. 17. Вариант электронного ошейника для дрессировки с обратной связью



Рис. 18. Вид ПДУ для устройства бипера и контроля животных

для животного. Следить за собакой можно как с помощью специальной программы для ПК или смартфона, так и при помощи веб-интерфейса, всё зависит от провайдера услуги. Варианты GPS-трекеров для мобильной установки могут использоваться универсально: для контроля перемещения ребенка или для отслеживания движения автомобиля в случае несанкционированных действий посторонних лиц, а также во многих иных случаях. Вариант с комплектным мобильным устройством предполагает то же, но с предустановленным ПО для геолокации и привязкой к конкретному трекеру.

Слежение происходит так же через Интернет, но с использованием предустановленной и настроенной программы [2].

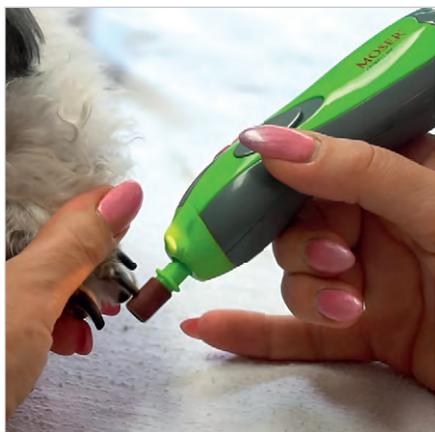


Рис. 19. Электронный гриндер для когтей собак и кошек

Двусторонний трекер позволяет показывать на карте не только местонахождение животного, но и оператора в случае, если он потерял питомца в незнакомом месте и когда есть риск заблудиться самому. Есть современные устройства с дисплеем, по которому можно легко найти животное (рис. 15).

При выходе питомца за границы контроля он получает электрический разряд, а владелец – звуковой сигнал на ПДУ. Обладателям даже не новой модели смартфона сказанное покажется довольно архаичным, но против фактов не устоять: такие электронные устройства существуют и востребованы благодаря сравнительно скромной цене. Частным случаем GPS-трекера является поисковая система, состоящая из передатчика и приемника. Первым экипируется животное, вторым – владелец. Радиус действия электронного устройства достигает нескольких километров. Если питомец пропал, владелец приемника получает сигнал, по силе звука и высоте тона соответствующий условному расстоянию до животного. Чем ближе друг к другу, тем выше тон. Режим настраивается в зависимости от устройства.

В крайнем случае можно привязать к ошейнику старый смартфон, запустить в качестве приложения «трекер» с возможностью отслеживать местоположение через Интер-

нет. Есть полноценные бесплатные приложения, позволяющие отслеживать перемещения смартфона с запущенной программой при помощи веб-интерфейса. Специальные электронные ресиверы выпускают с антеннами, со светодиодной подсветкой и ЖК-дисплеем.

Преимуществом рассматриваемых электронных устройств по сравнению с GPS-трекерами является меньшая стоимость, а также возможность контролировать десятки и даже сотни животных одновременно с помощью одного приемника и большого количества передатчиков. Частным случаем поисковых устройств является РЭА для норных собак – позволяет обнаруживать питомца даже под землей на удалении до нескольких метров [1].

Владельцы мелких и крупных домашних животных используют специальные электронные ошейники для защиты себя и людей вокруг от внезапной агрессии со стороны животного. Альтернативные названия устройства – электрошоковый или дрессировочный ошейник. Устройство служит для того, чтобы своевременно подсказать животному «ошибочность его поведения» в текущей ситуации. Словесное внушение подкрепляется электростатическим импульсом, регулируемым по уровню воздействия и длительности. Тот же электронный ошейник применяют для дрессировки животных. Устройство создаёт

животному дискомфортные и неприятные ощущения во время совершения питомцем нежелательного действия или невыполнения команды. Если разбирать конкретно собачий пример, то на животном надет ошейник, а в руках хозяина или дрессировщика ПДУ с дальностью действия до 1 км (есть разные варианты и модели, а также способ связи). Устройство представлено на рис. 16.

Электронный ошейник сконструирован так, что предполагает несколько (5–20) ступеней регулировки электростатического воздействия. Устройство снабжено ПДУ и имеет функционал с четырьмя режимами воздействия. Может иметь разный форм-фактор, с антенной или без, с ЖК-дисплеем, с подсветкой экрана или другими возможностями. Передача голосовой команды хозяина беспроводным способом связи в динамический излучатель в ошейнике также весьма полезная для дрессировки функция. Вариант устройства представлен на рис. 17.

Электронный забор

Частным случаем электронного ошейника является электронный забор: это невидимый забор, который контролируется с помощью РЭА. Базовая идея заимствована из животноводства, где много лет электрические изгороди практикуются под названием «электронный пастух», но в случае с домашними питомцами система может быть усовершенствована, ибо нелетальный электрический разряд поступает не от изгороди, а от ошейника. Границы, дозволенные для прогулок, устанавливаются с помощью провода-антенны длиной несколько десятков метров. Теперь, если собака приближается к запрещённой для перемещений зоне, идёт первое предупреждение звуковым сигналом. Если животное не поняло намёка и продолжает двигаться в направлении выхода из разрешённой зоны, следует электростатический импульс, нарастающий по силе, но ограниченный во времени определёнными рамками. Собаке не нравится, когда её бьёт током, и в запрещённую зону она постарается больше не ходить, поскольку это означает постоянные неприятные ощущения в области шеи. Расстояние зоны приближения к условной границе контролируют с помощью ПДУ (рис. 17, 18).



Рис. 20. Умная электронная кость с индикацией и даже функцией вибромассажёра

Звуковой бипер предназначен для определения местонахождения собаки на слух. С помощью ПДУ подаётся звуковой сигнал-команда с целью вынудить собаку принять определённую стойку или положение. Звуковой тон можно регулировать, а сигнал подавать через равные временные промежутки с разной последовательностью разных частот. Устройство похоже на обычный ошейник и не использует электростатический импульс «шоковой терапии». Кроме того, хозяин получает звуковое уведомление о том, что собака пошла «куда не надо», а это позволяет среагировать оперативно. «Бипы» могут идти как от пульта управления, так и от самого ошейника, что создаёт питомцу неприятный звуковой фон.

Некоторые особенно одарённые псы могут лаять до изнеможения на всё подряд по своим собачьим соображениям. Помимо контроля активности животного, было бы актуально контролировать собачий лай. Если в отсутствие владельца животное проконтролировать сложно (можно использовать системы домашнего слежения и видеомониторинга), то при контролируемой прогулке неред-

ко применяют именно такой ошейник для регулирования голосовой активности собак. Упрощённо говоря, в устройстве реализован диктофон с виброэлементом и используется комбинация голоса хозяина и вибросигнала. То есть возбуждённое состояние собаки прерывается подачей вибросигнала и/или предварительно записанной голосовой командой.

Необычные электронные устройства для животных

Благодаря инновационным разработкам технологии развиваются. Появляются усовершенствованные модели электронных устройств. Прогресс дошёл до того, что появились специальные устройства и для домашних любимцев. Одним из популярных гаджетов считается умная кормушка, отличающаяся тем, что кроме функции диктофона самостоятельно и дозированно отмеряет порции корма для питомца. Имеет режим настройки исходя из потребностей и рациона животного. Современными моделями электронных кормушек управляют с помощью смартфона и IoT. Диктофон нужен для записи хозяйского голоса и его усиленно-

го воспроизведения как приглашение животного к трапезе при выдаче корма.

Электронные дозаторы для воды с функцией фильтрации и очистки, автопоилки с разным функционалом, электронные поилки, автокормушки с дозированием корма и функцией взвешивания с цифровым дисплеем, миниатюрные лапомойки из мягкого силикона (отличное средство в непогоду), домики с автоподогревом и климат-контролем – далеко не полный перечень современных электронных устройств-помощников для животных.

К примеру, на рис. 19 представлен электронный гриндер для когтей собак и кошек («электрическая когтеточка»).

Когда питомец боится когтерезки, есть электронная смарт-альтернатива: автоматическая пилочка для когтей аккуратно и бережно отпиливает нужное количество когтя питомца, не издаёт громких звуков и не травмирует лапки домашнего любимца.

Интерактивная игрушка, или «смарт-кость», легка в управлении, освоении и хорошо развлекает озорных «малышей» и даже подростки животных. Электронное устройство (рис. 20) изготовлено из пищевого поликарбоната, безопасного для зубов, когтей и в целом здоровья домашнего питомца.

Функциональность различных моделей варьируется в зависимости от дальности действия (управления) звукового устройства и может достигать 300 метров [1]. По аналогии с устройствами «радио- и видеоняня» современные электронные системы для животных имеют двустороннюю беспроводную связь, чтобы видеть и слышать своего питомца, и устойчивы к влаге и загрязнению. Так можно изучить свою собаку лучше и подавать команды, играть с ней, находясь на расстоянии. Устройства для животных разнообразны. То, что подходит для собаки, не всегда работает с кошкой или слоном. Однако в статье мы показали не универсальность рассмотренных устройств, а те перспективы, которые РЭА даёт разработчикам в ветеринарии.

Необычные разработки и тенденции

В ветеринарном деле разработаны методологии реабилитации на основе

новых электронных разработок. Для реабилитации животных практикуют беговые дорожки, погружённые в воду: к примеру, собака бежит под нагрузкой, но в воде это делать животному организму легче, он будто плывет. Этот эффект давно доказан, в том числе в Финляндии, где изобретён такой способ реабилитации и релаксации, как гидроспиннинг. Подробнее об этом можно уточнить в [3]. За такими методиками будущее и в ветеринарии.

В будущем прежде всего видится наиболее развитой система ветеринарной диагностики с помощью электронного медицинского оборудования. По устоявшейся тенденции чем раньше проводится диагностика, тем проще предотвратить болезни и назначать терапию. Почти всегда чем хуже состояние животного организма, тем сложнее лечение. Если бы люди или животные сдавали биохимический анализ крови каждый день, можно было бы предотвращать половину болезней, описанных в Международной классификации болезней. Услуга «check-up» как плановый и регулярный анализ крови и УЗИ основных органов продлевает президентам долголетие и давно известна и практикуется в клиниках, где наблюдаются высшие должностные лица и истеблишмент. То же помогает в подборе и коррекции рациона питания: по биохимическому составу крови определяют, какой корм животному необходим, а какой может плохо отразиться на пищеварении и здоровье почек.

Медицинскую диагностику вполне возможно автоматизировать с помощью РЭА. Это не только успешно апробированный автоматический анализатор рентгеновского снимка и КТ, действующий на основе искусственного интеллекта (ИИ). В Японии и Финляндии (возможно, и в других странах) около зоомагазина и ветеринарных клиник установлены «столбики» с электронным оборудованием со вполне оправданной целью. Когда собака мочит столбик, РЭА осуществляет экспресс-анализ мочи и выдаёт результат на дисплее и в распечатке, а также рекомендации по коррекции питания. К примеру, компанией «Роял Канин» принято интересное решение по диагностике: компания выпускает наполнители для туалета, меняющие свой цвет. Есть целая

система определения диагнозов по естественным отходам. Если наполнитель окрасился в зелёный колер, пора делать питомцу анализ. Смарт-шейки измеряют давление, пульс, активность животного, даже несмотря на шерстяной покров, иногда значительный [5].

В прикладной ветеринарной практике наибольшее значение приобретает знание специалистом анатомии животного с позиции 3D-графики и регулярное наблюдение. Если раньше медицинские специалисты ориентировались на анатомические атласы (по типу справочника Вилли – известного биолога и исследователя середины XX века), то в наши дни основой диагностики становится компьютерное моделирование, потому что двухмерные иллюстрации не дают необходимой информации для детализации конкретной области, патологии или терапии животного. Изучение животного (организма) в отечественной ветеринарной практике продолжается анализом в процессе препарирования трупов (останков). Вместе с тем для эффективного исследования внутренних органов животного в других странах используются цифровые технологии. К ним относят 3D-модели внутренних органов. Препарированное тело сканируется через специальный 3D-сканер, происходит размещение созданных материалов в сети с приложением к каждому объекту дополнительных материалов (анамнез, данные исследований по конкретному объекту), в результате специалист, используя компьютер и соответствующее ПО, изучает органы животного. Это существенно снижает затраты при подготовке специалистов, способствует самостоятельному их обучению.

Нормативных основ изучения внутренних органов животных в российском законодательстве не содержится. Препарирование тел умерших животных осуществляют только в узком круге исследовательских научных лабораторий, но оформление трупного материала в инстанциях практически невозможно: ежегодно мясокостные заводы передают аграрным вузам только несколько трупов коров, что не позволяет произвести полноценную подготовку посредством препарирования для большинства настоящих и будущих ветеринаров [4]. Результат диагностических

(при отсутствии диагностики) ошибок понятен: ветеринарные врачи и зоотехники, обладая определённой узостью в изучении представленного предмета, совершают ошибки при сборе анамнеза, назначении лечения животному. Последствия бывают трагичными.

Выводы

Электронное медицинское оборудование становится всё более технически сложным, особенно предназначенное для диагностики. Иностранцы разработчики «изобретают» новые электронные устройства для ветеринаров уже много десятилетий, а для отечественных специалистов новые разработки – новые устройства на рынке отрасли.

Технический подход к диагностике разный. Перед прививкой у животного берут анализ-тест и определяют необходимость того или иного медицинского вмешательства. В нашей стране до сих пор (не без исключений, разумеется) ориентируются на «календарь прививок» – обязательную вакцинацию. Причём если ещё пару лет назад ветеринар объезжал

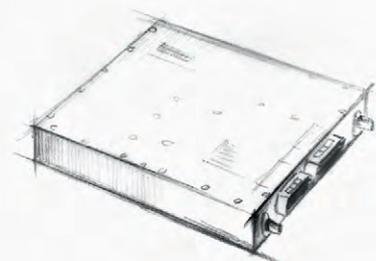
хозяйства и вакцинировал животных бесплатно (за счёт госбюджета), сегодня условие обязательности сохранилось, но оплачивает работу медицинского специалиста хозяин животного, и это немалые средства. Насколько быстро в нашей стране будет перенят более качественный, избирательный и дифференцированный подход в этой области, покажет время. А пока в федеральном законе «О племенном животноводстве» отсутствует перечень организаций, ответственных за осуществление всего спектра племенных мероприятий. Это не позволяет применять современные методы оценки племенных качеств животных, эффективно формировать селекционные группы и оптимизировать системы подборов с целью получения потомства с ценным генотипом в рамках породы. Пока разработка и внедрение селекционных программ для совершенствования пород животных на базе новейших научных достижений оказываются затруднены даже в случае, когда имеется сообщество заинтересованных хозяйств.

Литература

1. Будущее уже наступило: 8 умных гаджетов для домашних животных. URL: <https://dzen.ru/a/ZBcorblwJlC17ssR>.
2. Исследуем электронику для животных. URL: <https://3dnews.ru/811911>.
3. *Кашикаров А.* Чтение и спорт: как совместить досуг и здоровый образ жизни. URL: <https://emSPORT.ru/sportivnyu-trenazher-i-chtenie-plyusy-i-minusy/>.
4. *Корнеев С.М.* Цифровые технологии в работе ветеринарного врача // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2020. № 2.
5. *Петрова А.* Как технологии и IT-решения помогают ветеринарным клиникам. URL: <https://hightech.plus/2021/02/26/kak-tehnologii-i-it-resheniya-pomogayut-veterinarnim-klinikam>.
6. Сборка электропастуха. URL: <https://youtu.be/d0IIw0nLeYU>.
7. Электропастух. URL: <https://electropastyx.ru/blog/kak-rabotaet-elektropastukh/>.
8. Электроника в коровнике. URL: <http://www.mobilecomm.ru/elektronika-v-korovnike>.

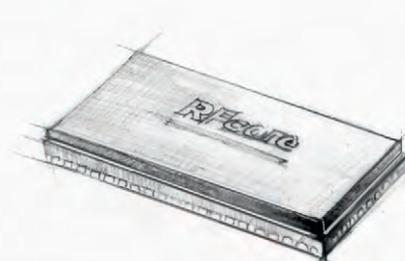


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



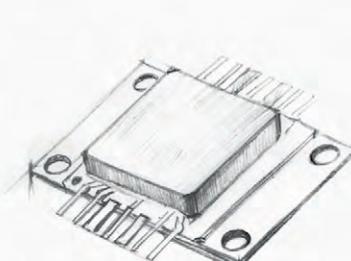
СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU



powered

Зарубежные коаксиальные высоковольтные соединители

Кива Джуринский

В статье рассмотрены области применения высоковольтных соединителей: в приборах для атомной энергетики, медицинских систем визуализации, телекоммуникаций, испытательной и измерительной техники, а также основные требования, предъявляемые к высоковольтным соединителям. Приведены основные параметры соединителей HN, BNC NT/MHV, SHV, THT 20 с напряжением до 20 кВ. Рассмотрены конструктивные особенности этих соединителей. Статья написана на основе открытой доступной информации из зарубежных источников.

Введение

Прежде всего следует определиться, какое напряжение можно считать высоким. Ответ на этот вопрос даёт Международная электротехническая комиссия (IEC) (табл. 1) [1].

Однако то, что представляет собой высокое напряжение, зависит от области применения. На низком уровне напряжение более 50 В, приложенное к сухой неповреждённой коже человека, может вызвать фибрилляцию сердца, если оно создаёт электрические токи в тканях тела, которые проходят через область грудной клетки. С другой стороны, в технике передачи электроэнергии высоким напряжением обычно считается любое напряжение свыше ~35 000 В [1].

Высоковольтные коаксиальные соединители и кабели для совместной работы с соединителями являются специализированными компонентами, незаменимыми для приложений, в которых важна безопасная и эффективная передача энергии при высоком действующем значении напряжения выше 1 кВ [1–4]. Для эффективной передачи энергии (без отражения и потерь) применяемые радиочастотные соединители и кабели должны иметь близкие волновые сопротивления. Для работы с высоковольтными соединителями

применяют гибкие кабели RG58, RG141, RG142, RG214, RG400 и многие другие, а также полужёсткий кабель RG401.

В ряде случаев высоковольтные соединители и кабели должны быть устойчивыми к экстремальным условиям работы: температура от -55°C до 150°C и давление окружающей среды, соответствующее высоте 21,3 км (70 000 футов) [4].

Кроме того, к высоковольтным соединителям предъявляют следующие требования [3–4]:

- минимальные потери при передаче;
- безопасность;
- прочная механическая конструкция, надёжность и долговечность;
- высокая радиационная стойкость (для специальных применений);
- приемлемые стоимость и доступность.

Высоковольтные коаксиальные соединители применяют в различных аэрокосмических, оборонных системах, в системах телекоммуникации, в испытательном и измерительном оборудовании, высоковольтных источниках питания, масс-спектрометрах, плазменных и рентгеновских установках, атомной энергетике и др. [5–14].

Данная статья посвящена рассмотрению следующих высоковольтных коаксиальных соединителей: HN, BNC NT/

MHV, SHV, THT 20 с напряжением до 20 кВ [2].

Соединители HN

Соединитель HN, разработанный в конце 1950-х годов и стандартизированный в соответствии с IEC 60169–2, является высоковольтной версией соединителя N. По размерам он приблизительно на 50% больше соединителя N (рис. 1) [13].

Соединитель HN имеет волновое сопротивление 50 Ом, коаксиальную линию размерами $11 \times 3,35$ мм и резьбовой механизм соединения вилки и розетки (резьба 0,750-20UNEF). Резьбовое соединение обеспечивает надёжное сопряжение вилки и розетки, предотвращая их случайное отсоединение из-за натяжения кабеля и вибрации. Для обеспечения высокой диэлектрической прочности и предотвращения пробоев в конструкции соединителя предусмотрено перекрытие диэлектриков вилки и розетки при их сочленении. На рис. 1 видно, что в соединителе HN фторопластовый изолятор расположен на уровне наружного проводника и даже несколько выступает из него. Предусмотрено также закрепление центрального проводника с целью устранения его перемещения при изменении температуры и при механических воздействиях.

Внешний вид кабельных (кабель марки RG58, RG142 и RG400) соединителей HN вилка и розетка приведён на рис. 2 [10]. Усреднённые значения параметров соединителей HN и других высоковольтных соединителей приведены в табл. 2 [1, 3–20].

Корпус соединителя изготавливают из латуни с покрытием никелем или серебром, реже из пассивированной нержавеющей стали, внутренний гнездовой проводник – из упрочнённой бериллиевой бронзы с серебряным или золотым покрытием. Серебряное покрытие уже давно стало стандартом для радиочастотных соединителей с латунными корпусами, но его высокая стоимость и низкая коррозионная стойкость не позволяют использовать его в соединителях высокой надёжности с длительным сроком хранения.

Таблица 1. Классификация уровней напряжения

Уровни напряжения по классификации IEC	Переменный ток	Постоянный ток	Факторы риска
Высокое напряжение	$> 1000 \text{ Vrms}$	$> 1500 \text{ V}$	Образование электрической дуги
Низкое напряжение	$50\text{--}100 \text{ Vrms}$	$120\text{--}1000 \text{ V}$	Поражение электрическим током
Сверхнизкое напряжение	50 Vrms	$< 120 \text{ V}$	Низкий риск

Примечание: Vrms – среднеквадратичное (действующее) значение напряжения.

Таблица 2. Параметры высоковольтных соединителей

№ п.п.	Тип соединителя	HN	BNC HT/ MHV	SHV	THT 20
Электрические параметры					
1	Волновое сопротивление, Ом	50	Непостоянное значение		50
2	Диапазон рабочих частот, ГГц	0–4	0–0,3	0–0,35	0–1
3	КСВН, ГГц	1,30 (прямые) 1,35 (угловые)	1,35 max	–	–
4	Потери, дБ на частоте f, ГГц	0,1 max	0,3√f (прямые) 0,5√f (угловые)	0,5 max	–
5	Испытательное напряжение постоянного тока, В: вилка, розетка, соединённая пара вилка-розетка	5000 (на уровне моря)	6000 8000 10 000	5000	10 000 10 000 20 000
6	Номинальное напряжение, В	1500	1500	3500	–
7	Номинальная сила тока, А	5	3	10	20
Механические параметры и параметры испытаний					
8	Допустимое количество соединений вилки и розетки	500	500	500	500
9	Вибрация	20g	20g, 2000 Гц	10g, 500 Гц	–
10	Время испытаний в солевом тумане	48 часов	48 часов	48 часов	48 часов
11	Диапазон рабочих температур соединителей с фторопластовым изолятором, °С	–55...+155	–55...+155	–65...+165	–55...+125
12	Механизм соединения вилки и розетки	Резьбовой	Байонетный	Байонетный	Резьбовой
13	Максимальный габаритный размер, мм	51,7	41	57	80,4
<p>Примечание: Указанное в табл. 2 испытательное напряжение соответствует напряжению, полученному при нормальных атмосферных условиях в течение одноминутного испытательного периода [1]. Рабочее напряжение соединителей выбирается пользователем в зависимости от условий их применения. Марки кабелей рекомендуются, исходя из их совместимости с соединителями по габаритным и установочным размерам. Электрические характеристики кабеля необходимо выбирать на основании спецификации его производителя.</p>					

Никелевое покрытие является менее дорогостоящим и более долговечным, чем серебряное покрытие. Однако покрытие соединителя магнитным гальваническим никелем может стать источником нежелательных интермодуляционных искажений. Для замены никеля и серебра применяют покрытие корпусов высоковольтных соединителей сплавом «белая бронза» (сплав медь–олово–цинк). В качестве диэлектрика коаксиальной линии используют фторопласт.

Соединители HN выпускают многие компании: Radiall (Франция), Amphenol, Delta Electronics, Fairview Microwave, Carlisle Interconnect Technologies, Nema Electronics (все США), Huber + Suhner (Швейцария), To-Conne (Япония) и др. В номенклатуре продукции этих компаний следующие соединители: кабельные прямые и угловые розетка и вилка, панельные кабельные розетки, выводы энергии и адаптеры.

Компания Nema Electronics рекламирует 13 модификаций приборно-кабельных фланцевых соединителей HN. Хотя эти соединители рассчитаны на частоту до 10 ГГц, оптимальные параметры гарантируют лишь в диапазоне

частот 0–4 ГГц. Соединители соответствуют стандарту MIL-DTL-3643B, многие версии совместимы со стандартом MIL-C-39012.

Компания Delta Electronics выпускает 18 прямых и 5 угловых кабельных соединителей для разных марок гибких кабелей и 4 вывода энергии [7].

Японская компания To-Conne рекламирует прямые кабельные соединители (кабель марок RG-8/U и RG-17/U), фланцевые выводы энергии и адаптеры [11].

Благодаря высокой надёжности, жёсткой конструкции, способности выдерживать большие механические нагрузки и пропускать мощные радиочастотные сигналы, соединители HN широко применяются [6–14]:

- для передачи сигналов данных от датчиков безопасности в средах, подверженных воздействию ядерной радиации;
- в качестве компонентов базовых станций, систем микроволновой связи, обеспечивая надёжную передачу данных;
- для подключения антенн и передатчиков в системах радио- и телевизионного вещания;
- в различных медицинских устройствах, таких как аппараты МРТ и ди-



Рис. 1. Соединители N и HN



Рис. 2. Кабельные соединители HN: угловая вилка и прямая розетка

агностическое оборудование, для точного сбора и анализа данных;

- для надёжной связи и передачи данных в военных и аэрокосмических приложениях, включая системы связи, радиолокационное оборудование и системы управления полётом;
- в высокочастотных системах тестирования и измерений для точной и надёжной передачи сигналов.

Соединители BNC – HT/MHV

Соединители BNC-HT представляют собой байонетные коаксиальные высоковольтные соединители в диапазоне частот 0–2 ГГц с испытательным напряжением 10 кВ. Конструктивно они похожи на соединители BNC, но имеют выступающие фторопластовые изоляторы, которые должны обеспечивать защиту от контакта с проводниками под напряжением. В связи с этим соединители BNC-HT несовместимы с соединителями BNC.

Компания Radiall расширила ассортимент высоковольтных соединителей, включив в него соединители BNC-HT/MHV. Эти высоковольтные байонетные соединители совместимы с соединителями MHV и соответствуют действующим международным стандартам.

Соединители MHV (Miniature High Voltage – миниатюрные высоковольтные соединители) были разработаны в конце 50-х – начале 60-х годов прошлого века. Точная дата их создания оста-



Рис. 3. Соединители BNC (а), MHV (б) и SHV (в)



Рис. 5. Кабельные соединители BNC HT/ MHV вилка и розетка

ётся неясной, но есть основания предполагать, что разработка соединителей BNC и MHV происходила одновременно в американской компании Bell Labs [15].

Конструктивно соединители MHV похожи на соединители BNC. Они так же, как и соединители BNC, имеют два выступа на корпусе розетки. Полное соединение вилки и розетки достигается поворотом накидной гайки вилки на четверть оборота. Отличие состоит в том, что в соединителях MHV изоляторы вилки и розетки в сочленённом положении перекрывают друг друга, а центральные контакты смещены внутрь изоляторов для уменьшения возможности высоковольтного пробоя. Соединители MHV можно распознать по слегка выступающей изоляции на вилке и немного другой длине на розетке – рис. 3 (а, б). Интерфейс соединителей MHV показан на рис. 4.

Соединители MHV соответствуют международному стандарту MIL-STD-348B, их основные параметры приведены в табл. 2.

Кабельные соединители MHV предназначены для работы с кабелями марки RG-58, RG-141, RG-142, RG-59/U, RG-62/U, RG-62A. Для повышения прочности диэлектрической изоляции и снижения уровня пробоев некоторые коаксиальные кабели изготавливают с более толстой изоляцией. На рис. 5 показан внешний вид кабельных соединителей BNC HT/MHV [3].

Соединители MHV выпускают многие компании: Radiall (Франция), Amphenol, Pasternack, RF Industries, Kings Electronics (все США), Huber + Suhner (Швейцария) и др. В номен-

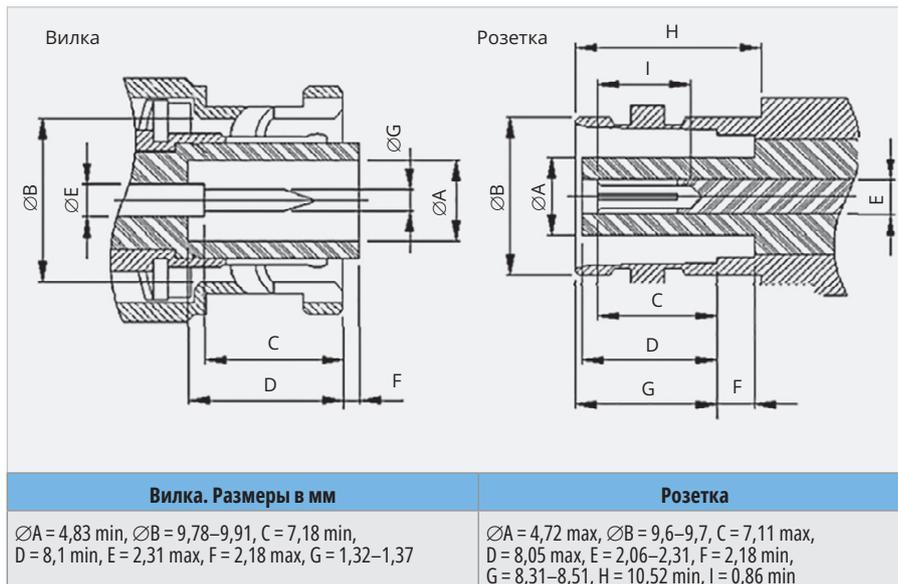


Рис. 4. Интерфейс соединителей MHV

клатуре продукции этих компаний следующие соединители: кабельные прямые и угловые, розетка и вилка, панельные кабельные розетки, выводы энергии и адаптеры.

Компания Radiall выпускает 10 модификаций кабельных соединителей MHV вилка и розетка для разных марок кабелей и способов их встраивания в соединитель, а также 3 вывода энергии и внутрисерийные адаптеры [2].

Компания Amphenol производит 11 типов кабельных соединителей MHV: розетки – 7, вилки – 4, прямые соединители – 10, угловые – 1. Соединители предназначены для установки прижимом гибких кабелей RG-58, RG-59, RG-62 – 6 и пайкой полужёсткого кабеля RG-141. Кроме того, разработаны 2 фланцевых вывода энергии, фланцевая кабельная розетка, 2 проходные розетки, 2 прямые вилки и 2 угловые кабельные вилки.

Соединители MHV применяют для высоковольтных лабораторных исследований, в военной, атомной и медицинской электронике (счётчики Гейгера, рентгеновская аппаратура, аппаратура для ядерно-физических исследований), в испытательной и измерительной технике.

Однако следует отметить, что соединитель MHV представляет потенциальную угрозу безопасности оператора при нарушении им условий эксплуатации соединителя в связи с двумя факторами [15]:

- 1) когда вилка и розетка ещё не соединены, существует вероятность наличия высокого напряжения на открытом центральном контакте розетки.

Это создаёт риск для безопасности в случае случайного прикосновения к этому контакту;

- 2) при рассоединении вилки и розетки соединителей MHV сначала отсоединяются наружные проводники (заземление), прежде чем разрывается соединение по высокому напряжению. Это создаёт риск безопасности при случайном прикосновении.

Несмотря на конструктивные различия, были случаи, когда вилку и розетку соединителей BNC и MHV сочленяли с применением грубой силы. Это создавало угрозу безопасности, поскольку пользователь мог случайно (или намеренно) подключить кабель низкого напряжения к соединителю высокого напряжения [15].

Для повышения безопасности работы с высоким напряжением были разработаны соединители SHV.

Соединители SHV

Соединители SHV (Safe High Voltage – безопасные высоковольтные) внешне похожи на соединители BNC и MHV: во всех трёх соединителях используется байонетное соединение вилки и розетки. Однако соединители SHV отличаются благодаря сильно выступающему фторопластовому изолятору меньших размеров (рис. 3в). Центральные контакты достаточно глубоко утоплены в изоляторах, что предотвращает опасность поражения электрическим током в несоединённом состоянии вилки и розетки. При соединении вилки и розетки контакт наружных проводников осуществля-

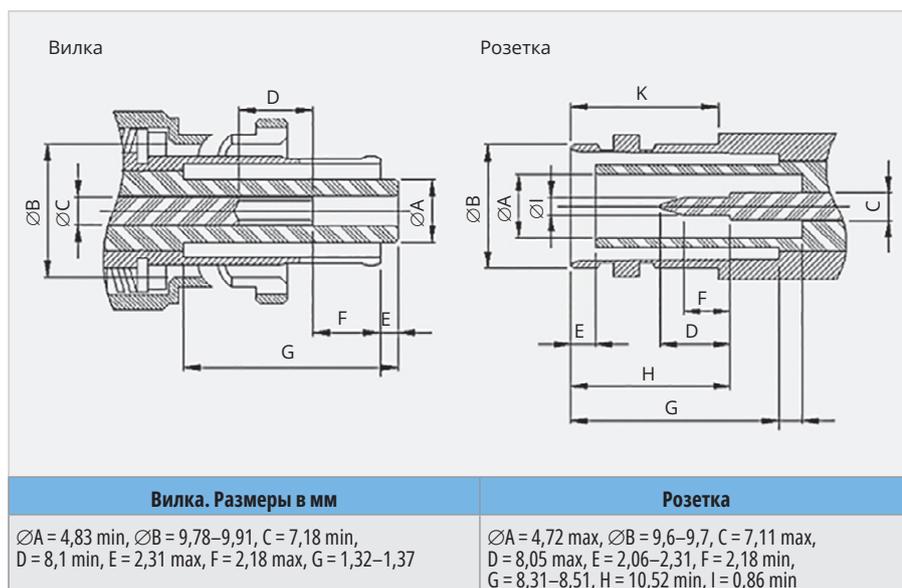


Рис. 6. Интерфейс соединителей SHV обратной полярности вилки и розетки



Рис. 7. Кабельные соединители SHV вилка и розетка



Рис. 8. Соединитель THT 20 розетка

ется раньше, чем контакт внутренних проводников [15–17]. Кроме того, соединители SHV являются соединителями обратной полярности [16]. Благодаря этому соединители SHV более безопасны для работы с высоким напряжением, чем соединители MHV. Соединители SHV несовместимы с соединителями BNC и MHV.

Интерфейс вилки и розетки соединителей SHV обратной полярности показан на рис. 6 [15].

Кабельные соединители SHV вилка и розетка показаны на рис. 7.

Соединители SHV выпускают многие компании: Radiall (Франция), Amphenol, Pasternack, Isotech, Fairview Microwave (все США), Huber + Suhner (Швейцария), hivolt.de (Германия) и др. В номенклатуре продукции этих компаний кабельные прямые розетка и вилки для гибкого кабеля разных марок, панельные кабельные розетки, выводы энергии и адаптеры. Компания Radiall выпускает кабельные вилки – 3, розетки – 2, выводы энергии – 2 и один внутрисерийный адаптер [2]. Компания Isotech предлагает кабельные вилки – 6, кабельные розетки – 4, фланцевый вывод энергии – 1 [17].

Соединители SHV используют в приборах для ядерных исследований, испытательном и измерительном оборудовании, высоковольтных источниках питания и усилителях.

Соединители THT 20

Соединители THT 20 были разработаны компанией Radiall [2, 20]. Это самые большие соединители из всех рассмотренных ранее с резьбовым

механизмом соединения вилки и розетки. Наружный диаметр внутреннего гнездового проводника этого соединителя – 4 мм. Корпус соединителя изготовлен из латуни и покрыт никелем, гнездовой проводник – из термостойкой бериллиевой бронзы с серебряным покрытием, изолятор – из фторопласта. Внешний вид соединителя THT 20 розетка показан на рис. 8 [20]. Основные параметры соединителей THT 20 приведены в табл. 2.

Компания Radiall выпускает следующие соединители THT 20: прямая и угловая кабельные вилки для соединения прижимом гибкого кабеля марок RG11, RG12, RG144 и др. и два вывода энергии: фланцевый и проходной (рис. 8). Эти соединители применяют в электронных устройствах высокой мощности, испытательной и измерительной аппаратуре.

Об опасности работы с высоковольтными соединителями

При создании и эксплуатации высоковольтных соединителей с напряжением до 20 000 В безопасность всегда является главной заботой. При повышенных уровнях напряжения и мощности распространёнными нежелательными эффектами, с которыми приходится иметь дело, являются скачкообразное возрастание тока, искрение, корона, плазма и газообразный озон [1]. Вокруг высоковольтного проводника образуется корона, за которой следует пробой диэлектрика, что приводит к образованию дуги и катастрофическому повреждению.

Коронный разряд

Коронный разряд – это электрический разряд, вызываемый ионизацией воздуха, окружающего электрически заряженный проводник. Корона возникает, когда напряжённость электрического поля вокруг проводника достаточно высока, чтобы образовать проводящую область, но ещё недостаточна, чтобы вызвать электрический пробой или образование дуги. Коронный разряд также может возникать из-за ионизации воздуха в диэлектрике или на границе раздела внутри соединителя [1].

Образование дуги и пробой диэлектрика

Электрическая дуга (дуговой разряд) – это электрический пробой газа, который приводит к непрерывному плазменному разряду, возникающему в результате прохождения тока через обычно непроводящие среды, такие как воздух, пробой которого происходит при напряжённости поля $\approx 3 \text{ кВ/мм}$. В случае твёрдой среды, такой как фторопласт с высокой диэлектрической прочностью (23,6 кВ/мм при толщине 1,5 мм) [1], пробой происходит, когда напряжённость поля достаточно велика, чтобы вызвать дугу через диэлектрик между проводником и землёй. Этот отказ является катастрофическим, поскольку при протекании тока через диэлектрик образуются пустоты, заполненные углеродом, и диэлектрик не выдерживает высокого напряжения.

Таким образом, применение высоковольтных соединителей требует особой осторожности и соблюдения правил безопасной работы.

Заключение

При изучении спецификаций разных компаний следует отметить существенное расхождение параметров соединителей одного и того же типа. Так, например, в работе [9] верхняя частота применения соединителей HN – всего 0,5 ГГц, в работе [8] – 10 ГГц. Но в большинстве работ верхняя частота применения – 4 ГГц. Есть путаница с величиной волнового сопротивления соединителей MHV и SHV. Некоторые компании (Amphenol и др.) отмечают, что волновое сопротивление имеет непостоянное значение, а не 50 Ом. Есть расхождения и с величиной рабочего напряжения соединителей одного типа. Поэтому в табл. 2 приведены типичные параметры высоковольтных соединителей.

Высоковольтные соединители необходимы для многих применений. Медицинские устройства, такие как рентгеновские аппараты и МРТ-сканеры, нуждаются в них для подачи высокого напряжения для получения детализированных изображений. Аэрокосмическим инженерам нужны надёжные высоковольтные соединители для питания спутников и радио-

локационных систем. В телекоммуникациях специалисты используют эти соединители для передачи сигнала в оборудовании сетевой инфраструктуре [21].

Литература

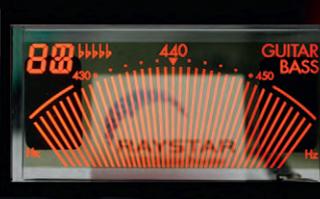
1. *Philavanh V.* High-Voltage Connector Types & Design Issues. 13 авр. 2015 г. URL: www.arrow.com/en.
2. High Voltage Connectors – Radiall – PDF Catalogs. URL: pdf.medicalexpo.com.
3. Understanding High Voltage Connectors: Usage and Safety Considerations Posted: February 26, 2024.
4. What are High Voltage Connectors? URL: www.radiall.com.
5. Type HN Series Connectors Nema Electronics. URL: <https://nema.com>.
6. ECS HN Connectors - Amphenol CIT. Carlisle Interconnect Technologies. URL: <https://www.amphenol-cit.com>.
7. HN for pdf with links. URL: marchelectronics.com/pdf/delta.
8. HN series RF coaxial connectors. Automatic Connector. URL: <https://www.automaticconnector.com>.
9. HN-Type Connectors. URL: www.antenna-connector.com.
10. HN Connectors: Reliable Choice for High-Frequency. RFAC Solutions. URL: <https://rfacdepot.com>.
11. To-Conne Co., Ltd. URL: www.to-conne.co.jp.
12. What Is HN RF Connector - LenoRF Industry co., Ltd. URL: www.rfcnn.com.
13. *Clarke B.* Connectors for Military Electronics. URL: <https://www.prc68.com>.
14. High voltage connector types. RBD Instruments. May 8, 2016. URL: <https://www.rbdinstruments.com>.
15. What Is MHV RF Connector – LenoRF Industry co., Ltd. URL: <https://www.rfcnn.com>. 19.09.23 г.
16. *Джуринский К.* Радиочастотные соединители обратной полярности. Справочные материалы // Современная электроника. 2020. № 8. С. 2–6.
17. SHV Coaxial Connectors by Isotec. URL: <http://isoconnector.com>.
18. High Voltage Connector 57 SHV Series. URL: <https://www.hivolt.de>.
19. Coaxial Connector SHV, 50 Ohm. URL: <https://www.hubersuhner.com>.
20. THT 20 / Female Straight Plug. Radiall. URL: <https://www.radiall.com>.
21. 3 Things To Know About High-Voltage Connectors. URL: www.hvmtech.com. ©



OLED-дисплеи Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика



Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 10 000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки

- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светоэмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIPRU ▪ WWW.PROCHIPRU



Автомат световых эффектов «бегущая волна»

Александр Одинец

Светодинамические устройства (СДУ) с программируемыми алгоритмами позволяют создавать большое многообразие светодинамических эффектов и управлять по программе большим числом световых элементов. СДУ с линейным (плавным) управлением яркостью, в отличие от СДУ с дискретным управлением яркостью, требуют применения отдельного аппаратного ШИМ-контроллера на каждый канал. Поэтому сложность такого устройства возрастает пропорционально числу световых элементов. В данной статье рассматривается 16-канальный вариант СДУ с плавным управлением яркостью, сочетающий в себе простоту схемотехнических решений и программно реализованную эмуляцию 16 аппаратных ШИМ-контроллеров.

Общие сведения

Одновременное синхронное управление яркостью большого числа световых элементов по линейному закону требует не только применения отдельного аппаратного ШИМ-контроллера на каждый канал, но и синхронизации работы таких контроллеров с определённым фазовым сдвигом между каналами. Предлагаемое устройство базируется на архитектуре программируемого 16-канального контроллера с последовательным интерфейсом, рассмотренной в [1]. Отличия заключаются в алгоритме чтения и прошивке ИМС ЭСППЗУ, а также применении более сложных выходных регистров типа 74АС595. Данный регистр состоит из 16 триггерных ячеек, первые

восемь из которых входят в состав буферного регистра, а остальные восемь – в состав выходного. Применение последовательного интерфейса позволяет наращивать число световых элементов с минимальными аппаратными затратами без существенного усложнения схемотехнической части основного контроллера, а также управлять одновременно и синхронно несколькими наборами световых элементов по линиям последовательного интерфейса, длина которых может достигать 100 м. В простейшем случае СДУ реализует два световых эффекта типа «бегущая волна» с длиной слова ШИМ-последовательности, равной 16 бит. Эффекты сменяются в автоматическом режиме после четырёхкратного повторения или выбираются вручную нажатием кнопки. С увеличением объёма памяти используемой ИМС ЭСППЗУ возможно увеличение числа каналов, количества эффектов, а также длины слова ШИМ-последовательности.

Для плавного управления яркостью в данном устройстве использован принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ШИМ – это способ кодирования цифрового сигнала путём изменения длительности (ширины) прямоугольных импульсов несущей частоты. На рис. 1 представлены типичные графики ШИМ сигнала. Поскольку при широтно-импульсной модуляции частота импульсов, а значит, и период (T), остаются неизменными, то при уменьшении длительности импульса (t) увеличивает-

ся пауза между импульсами (эпюра «Б» на рис. 1) и, наоборот, при увеличении длительности импульса пауза уменьшается (эпюра «В» на рис. 1). В нашем случае включению светодиода соответствует появление на выходе регистра уровня логического нуля, поэтому яркость возрастает с увеличением скважности импульсов (эпюра «Б» на рис. 1), и, наоборот, яркость уменьшается с уменьшением скважности (эпюра «В» на рис. 1). Напомним, что скважностью импульсов называется отношение периода следования импульсов к их длительности. Скважность – безразмерная величина и не имеет единиц измерения, но может быть выражена в процентах.

В данном устройстве используется 16-битная длина слова ШИМ-последовательности, что соответствует 16 градациям яркости световых элементов. Такого числа градаций яркости вполне достаточно для визуального плавного изменения яркости при периоде нарастания и спада «бегущей волны», не превышающем одной секунды. С увеличением периода изменения яркости до двух-трёх секунд переходы между уровнями яркости (градации) становятся визуально заметными, что потребует увеличения длины слова ШИМ-последовательности. Но для большинства применений, если не требуется очень медленного воспроизведения эффекта, вполне достаточно и 16 градаций яркости.

Для управления удалённым набором световых элементов используются три сигнальные линии последовательного интерфейса: «Data», «Clk1» и «Clk2». Первая линия «Data» – это информационный сигнал, а две другие линии – «Clk1» и «Clk2» – это сигналы стробирования буферных и выходных регистров, соответственно, входящих в состав ИМС 74АС595.

При работе на длинных несогласованных линиях связи возникают проблемы передачи данных, связанные с хорошо известными отражениями сигналов и перекрёстными помехами, наводимыми смежными проводника-

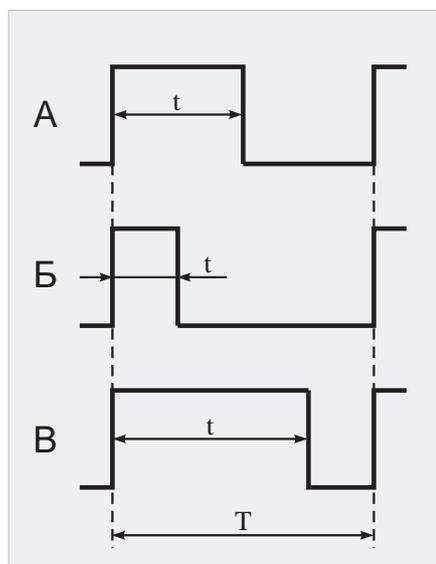


Рис. 1. Типовые ШИМ-последовательности

ми, входящими в один жгут. Подобные отражения и помехи, возникающие в светодинамической системе, означают нарушение эстетического эффекта. Это накладывает ограничения на длину соединительной линии и предъявляет жёсткие требования к помехоустойчивости системы, использующей последовательный интерфейс.

Помехоустойчивость такой системы зависит от многих факторов: частоты и формы импульсов транслируемого сигнала, времени между изменениями уровней (скважности) импульсов, удельной ёмкости проводников линии, входящих в жгут, эквивалентного сопротивления линии, а также входного сопротивления приёмников сигнала и выходного сопротивления драйверов.

Эффекты влияния длинных несогласованных линий начинают проявляться, когда времена задержек распространения сигнала вдоль линии и обратно начинают превосходить длительность фронтов нарастания и спада сигнала. Любые несоответствия между эквивалентным сопротивлением линии и входным сопротивлением логического элемента на приёмной стороне линии или выходного сопротивления драйвера на передающей стороне приводят к многократному отражению сигнала. Типовое значение времён нарастания и спада фронтов сигнала для микросхем серии KP1554 составляет менее 5 нс, поэтому эффекты влияния длинных несогласованных линий начинают проявляться при её длине всего пятьдесят-шестьдесят сантиметров.

Зная характеристики линии передачи, такие как полная входная ёмкость и удельная ёмкость на единицу длины, можно вычислить время задержки распространения сигнала по всей длине линии. Типовое значение времени задержки распространения сигнала обычно составляет 5–10 нс/м. Если длина соединительной линии достаточно велика и длительность фронтов нарастания и спада сигнала достаточно мала, несоответствие эквивалентного сопротивления линии и входного сопротивления логического КМОП элемента на приёмной стороне создаёт отражение сигнала, амплитуда которого зависит от мгновенного значения напряжения, приложенного ко входу элемента, и коэффициента отражения, который, в свою очередь, зависит от эквивалентного сопротив-

ления линии и входного сопротивления входного логического элемента.

Поскольку входное сопротивление элементов ИМС серии KP1554 многократно превосходит эквивалентное сопротивление линии, выполненной витой парой или экранированным проводником, отражённое напряжение на входе приёмника удваивается. Этот отражённый сигнал распространяется вдоль линии обратно к передатчику, где он вновь отражается, и процесс повторяется до полного затухания сигнала.

Особо подчеркнём, что отражения никак не связаны с частотой импульсов транслируемого сигнала, а вызваны только большой крутизной фронтов транслируемых синхроимпульсов. Для борьбы с отражениями в профессиональной схемотехнике, при работе на линии большой длины (100 м и более), используют специальные драйверы, уменьшающие крутизну фронтов транслируемых синхроимпульсов и тем самым исключающие ошибки передачи данных.

Для работы на линии относительно небольшой длины (от 10 до 100 м) вполне подходят ИМС стандартной логики серии KP1554 (74АСхх). Благодаря их высокой нагрузочной способности возможно непосредственное управление нагрузкой, имеющей ёмкостный характер. Сбалансированные (симметричные) вольтамперные выходные (передаточные) характеристики элементов этих микросхем позволяют получить практически одинаковые времена фронтов нарастания и спада сигнала. Кроме того, для трансляции сигналов в линию и приёма можно использовать мощные буферные элементы на основе триггеров Шмитта, обладающие гистерезисом, минимальное значение которого составляет около 0,9 В при напряжении питания 4,5 В, что создаёт дополнительный запас помехоустойчивости.

Для компенсации отражённого сигнала в данном устройстве используются так называемые интеграторы или интегрирующие RC-цепочки. Необходимость в них возникает только при работе на линии длиной более 10 м в условиях повышенного уровня помех. В авторском варианте устройства на линиях длиной до 10 м конденсаторы, показанные на схемах выходных регистров штриховыми линиями, не использовались. Линия связи при дли-

не до 10 м выполняется жгутом из 5 проводников, включая <<Питание +12 В>> и <<Общий провод>>. При этом никаких сбоев не наблюдается даже без интегрирующих конденсаторов. При длине сигнальной линии от 10 до 100 м возрастают перекрёстные помехи, наводимые смежными проводниками. В таком случае каждую сигнальную линию: «Data», «Clk1» и «Clk2» необходимо выполнить отдельной витой парой, а на платах выходных регистров установить конденсаторы, показанные на схеме штриховыми линиями. В таком случае удалённые регистры и гирлянды запитываются от отдельного источника питания напряжением «+12 В».

Схема электрическая принципиальная

Светодинамическое устройство (рис. 2) состоит из основной платы контроллера и двух плат удалённых регистров, которые подключаются к основной плате с помощью трёх линий последовательного интерфейса. Общий проводник (на схеме не показан) также входит в состав соединительной линии и выполняется многожильным проводом сечением не менее 1 мм². Соединительная линия заканчивается 9-контактной вилкой типа DB-9. На печатной плате установлен ответный разъём XN1 (на схеме также не показан).

Основная плата контроллера содержит: схему сброса в исходное состояние на триггере Шмитта DD1.4 и элементах C3-R6-R7; задающий генератор на элементах DD1.1...DD1.3; схему формирования импульсов синхронизации DD6.1, DD4.2...DD4.4, DD7.1, DD7.2; адресный счётчик DD6.2 выборки мультиплексора DD9 и счётчики DD2.2, DD3.2, DD5.1, DD5.2 адресации ИМС ЭСППЗУ DD8; светодиодную линейку индикации номера страницы памяти (HL1...HL4, зелёного цвета), индикатор возрастания-убывания яркости (HL5, жёлтого цвета), а также индикатор номера светодинамического эффекта (HL6, красного цвета). Для контроля работоспособности устройства на основной плате установлены регистры DD11, DD12 и светодиодная линейка HL7...HL22. Для трансляции сигналов в качестве драйверов использованы мощные буферные элементы на основе триггеров Шмитта типа KP1554ТЛ2 (74АС14). В качестве ИМС памяти можно использовать не толь-

ко ЭСПЗУ типа AT28C16, но и РПЗУ типа КР573РФ2(РФ5).

Для разработки управляющей программы использован контроллер с интегрированным программатором, рассмотренный в [2]. Возможен и альтернативный вариант написания управляющей прошивки с помощью Виртуального программатора (Light Effects Dumper), но в таком случае необходимо переназначение адресных линий ИМС ЭСПЗУ (РПЗУ) при её программировании средствами стандартного программатора. Такую функцию поддерживают все промышленные программаторы профессионального уровня и большинство программаторов среднего уровня. Необходимость переназначения адресных линий при программировании ЭСПЗУ связана с тем, что при разработке программатора, рассмотренного в [2], изначально был выбран другой (обратный) порядок адресных линий для удобства трассировки печатной платы. Для конкретного контроллера [2] переназначение адресных линий на работе никак не отражается, поскольку данные считываются в той же последовательности, в которой и были записаны. При разработке СДУ «бегущая волна» порядок нумерации адресных линий был сохранён, чтобы обеспечить совместимость данного устройства с программатором [2]. Но в таблице приведён вариант прошивки светодиодных эффектов, сформированный с помощью программы Виртуального программатора (Light Effects Dumper), чтобы читатели смогли просмотреть прошивку с помощью программы Виртуального симулятора (Light Effects Reader), доступной по ссылке [3], и лучше ознакомиться с принципами работы устройства и разработки управляющей программы.

Принцип работы

При включении питания интегрирующая цепочка С3-Р6 совместно с триггером Шмитта DD1.4 формирует короткий положительный импульс, который обнуляет счётчики DD2.1...DD6.2 (кроме DD3.1, который не используется), и тем самым переводит контроллер в исходное состояние. Импульсы задающего генератора DD1.1...DD1.3 с частотой около 130 КГц (точнее, 131 072 Гц) синхронизируют счётчик DD6.1, а вслед за ним и DD6.2 и остальные адресные счётчики. Забегая вперёд, скажем, что одному пол-

ному циклу нарастания-спада яркости «бегущей волны», по длительности равному две секунды, соответствует частота задающего генератора именно 131 072 Гц. Это значение получается исходя из частоты обновления данных в выходных регистрах равной 128 Гц, что намного превосходит эргономичное значение 85 Гц. Такая частота обновления данных необходима, чтобы исключить мерцание световых элементов и создать иллюзию плавного изменения яркости.

Временная диаграмма формирования импульсов синхронизации показана на рис. 3. Из неё видно, что на каждый импульс синхронизации выходных регистров («Clk2»), формирующийся на выходе элемента DD7.2 (вывод 6), приходится 16 импульсов синхронизации буферных регистров («Clk1»), входящих в состав ИМС 74АС595. Причём положительный перепад синхроимпульса («Clk1»), формирующийся на выходе элемента DD4.3 (вывод 6), приходится на середину знакоместа передачи бита данных. Синхронизация буферного регистра в моменты, приходящиеся на середину знакоместа, как установлено опытным путём по результатам испытаний базовой версии контроллера [1], соответствует максимальной помехоустойчивости при работе на несогласованные линии большой длины. При этом в применении интеграторов на входах удалённых регистров нет необходимости.

Первый же отрицательный импульс, считая с момента включения питания, формирующийся на выходе элемента DD4.3 (вывод 6), своим задним фронтом (положительным перепадом) производит запись бита данных, считанного из первой ячейки ЭСПЗУ по нулевому (0000h) адресу, в первые триггеры буферных регистров, входящие в состав ИМС DD11 и DD14 с одновременным сдвигом информации в направлении возрастания разрядов. Содержимое выходных регистров, входящих в состав ИМС DD11, DD12, DD14, DD16, при этом не изменяется, и светодиодные линейки отображают текущую светодиодную комбинацию. Как отмечено выше, длина слова ШИМ-последовательности составляет 16 бит, поэтому для отображения одного уровня (градации) яркости на линейке из шестнадцати светодиодов необходимо передать в регистры пакет данных из $16 \times 16 = 256$ бит

информации, что условно соответствует одной странице адресного пространства ЭСПЗУ. Таким образом, полный цикл возрастания-убывания яркости занимает 32 страницы адресного пространства, или 8К, из которых первые 16 страниц (4К) – это полуцикл возрастания яркости, а вторая половина, также 16 страниц (также объёмом 4К) – это полуцикл убывания яркости, считая относительно первого канала.

Отрицательный перепад каждого положительного импульса с выхода 2 (вывод 4) счётчика DD6.1 увеличивает состояние счётчика DD6.2 на единицу и, следовательно, подключает к выходу мультиплексора DD9 его десятичный вход, соответствующий двоичному эквиваленту кода, который, в свою очередь, подключён к выходу соответствующего разряда данных ИМС ЭСПЗУ DD8. После записи 16 бит данных в буферные регистры ИМС DD11, DD12, DD14, DD16 задним фронтом (положительным перепадом) отрицательного импульса, формирующегося на выходе элемента DD7.2, производится перезапись содержимого буферных регистров ИМС DD11, DD12, DD14, DD16 в их соответствующие выходные регистры. На светодиодных линейках HL7...HL22 и HL23...HL38 при этом фиксируется новая комбинация. Но суммарному (интегральному) значению яркости соответствует именно шестнадцать 16-битных пакетов, т.е. $16 \times 16 = 256$ бит данных, переданных в регистры по линиям последовательного интерфейса, как отмечено выше.

Изменение уровней (градаций) яркости индицирует линейка светодиодов HL1...HL4, отображающая в двоичном коде состояния счётчика DD3.2. Как видно из схемы электрической (рис. 2), счётные импульсы на вход DD3.2 приходят с выхода DD2.2 после деления на восемь с помощью счётчика DD2.1. Такое деление частоты выходных импульсов DD2.2 необходимо для более медленного нарастания яркости, чем можно было бы получить без деления частоты с помощью счётчика DD2.1.

Счётчики DD3.2 и DD5.1 адресуют первую половину пространства ИМС ЭСПЗУ DD8 в нулевом состоянии счётчика DD5.2 и вторую половину адресного пространства ИМС ЭСПЗУ DD8 в единичном состоянии данного счётчика. Режим выбора световых эффектов – ручной или автоматический –

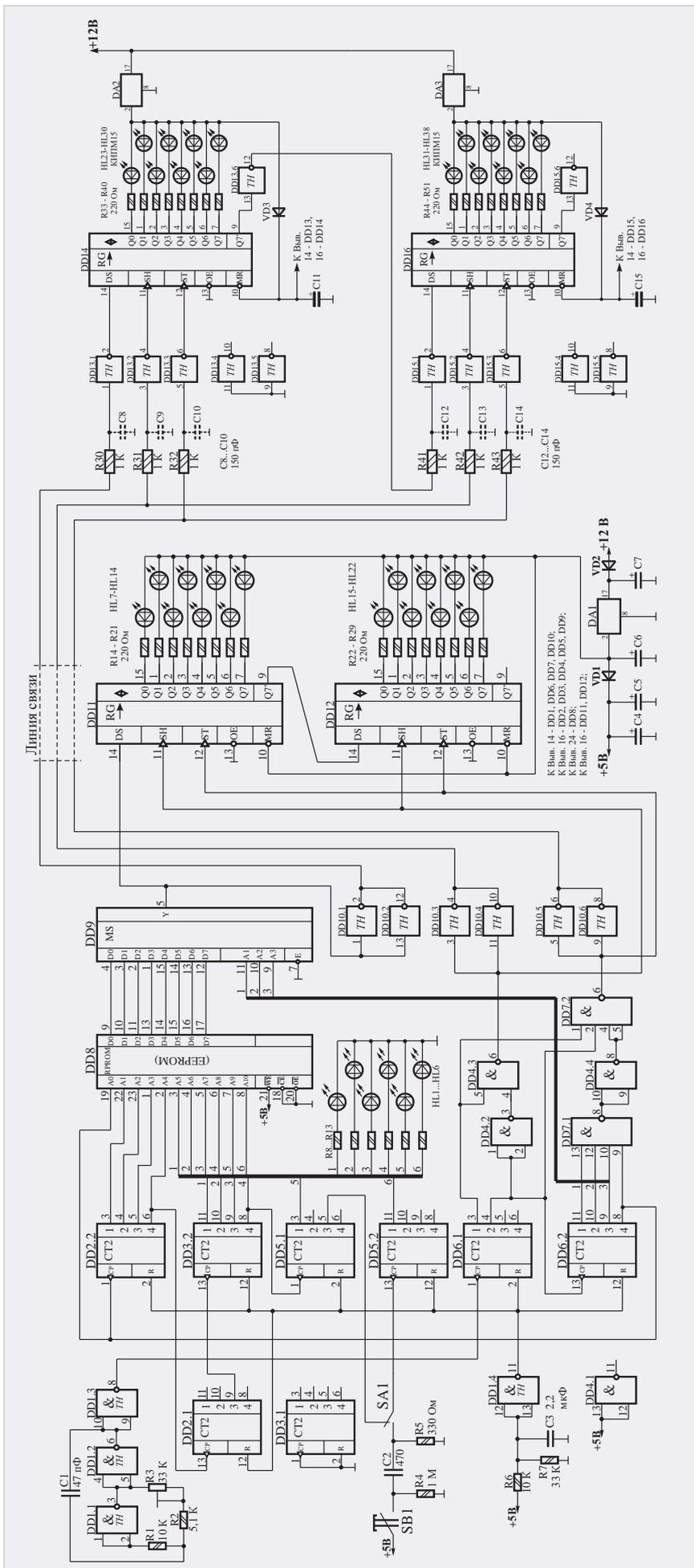


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная

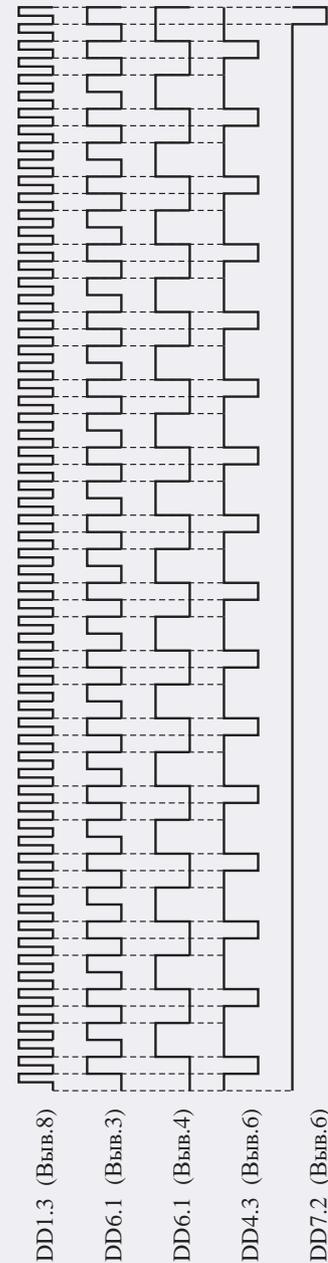


Рис. 3. Временная диаграмма работы устройства

- DD1 - КР1564 ТЛЗ (74НС 132N)
- DD2 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD3 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD4 - КР1564 ТЛЗ (74НС 00N)
- DD5 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD6 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD7 - КР1564 ТЛЗ (74НС 20N)
- DD8 - КР1564 ТЛЗ (74НС 151N)
- DD9 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD10 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD11 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD12 - КР1564 ИЕ19 (74НС 393N)
- DD13 - КР1564 ТЛЗ (74НС 14N)
- DD14 - 74АС595N (нет аналога)
- DD15 - КР1564 ТЛЗ (74НС 14N)
- DD16 - 74АС595N (нет аналога)
- DA1...DA3 - КР142 ИЕ5А
- HL1...HL14 - АЛ307АМ (БМ)
- VD1, VD3, VD4 - КД1522Б
- VD2 - КД208А
- R8...R13 - 1 КОМ
- C4...C6 - 100 мкФ x 10 В
- C7 - 100 мкФ x 16 В
- C11, C15 - 1000 мкФ x 10 В

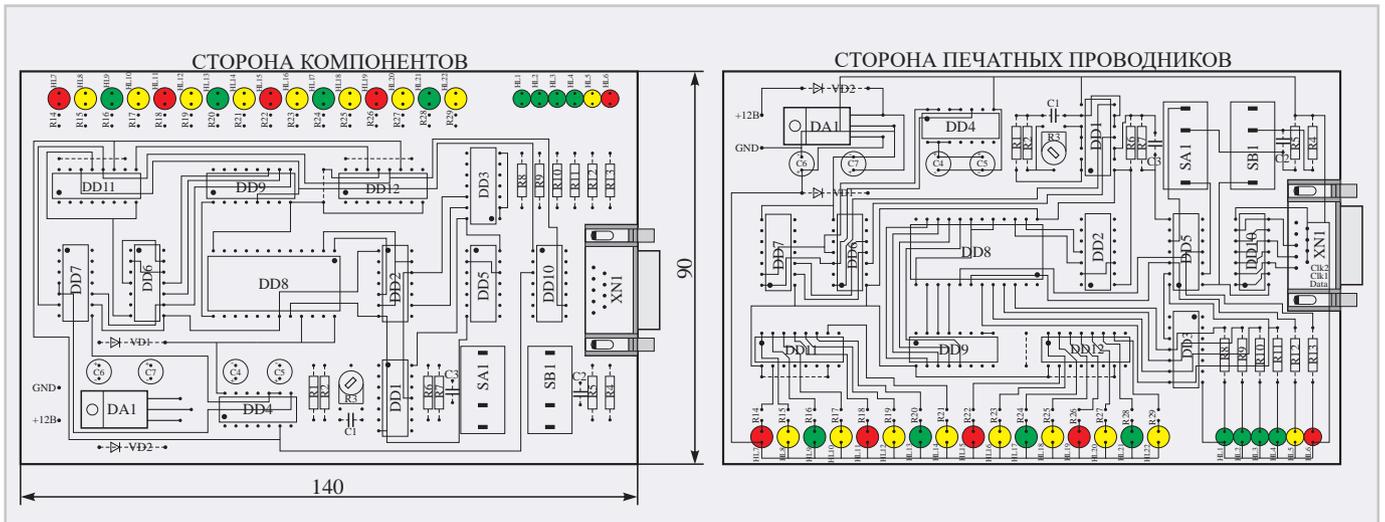


Рис. 4. Рисунок печатной платы

Таблица

0000	BB	02A0	FF FF FF FF FF FF 77 77 77 77 66 66 66 66 66 66	0550	F0 F0 F0 F0 60 60 60 60 60 60 60 00 00 00 00
0010	11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	02B0	66 66 66 66 66 66 22 22 22 22 00 00 00 00 00 00	0560	FF FF FD FD FD F9 F9 F9 F8 F8 F8 F0 F0
0020	FF FF BB 99 99	02C0	FF FF FF FF 77 77 77 77 77 77 77 66 66 66 66	0570	F0 F0 70 70 70 70 60 60 60 20 20 20 20 00 00
0030	99 99 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 00 00	02D0	66 66 66 66 22 22 22 22 22 22 00 00 00 00	0580	FD FD FD FD FD FD F8 F8 F8 F8 F8 F8 F8
0040	FF FF FF FF BB BB BB BB BB BB BB BB 99 99 99 99	02E0	FF FF 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 66 66	0590	70 70 70 70 70 70 70 20 20 20 20 20 20 20
0050	99 99 99 99 11 11 11 11 11 11 11 11 11 00 00 00	02F0	66 66 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 00 00	05A0	FF FF FD FD FD FC FC FC FC F8 F8 F8 78 78
0060	FF FF FF FF FF BB BB BB BB 99 99 99 99 99 99	0300	77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77	05B0	78 78 70 70 70 70 30 30 30 30 20 20 20 00 00
0070	99 99 99 99 99 11 11 11 11 11 00 00 00 00 00	0310	22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22	05C0	FF FF FF FC FC FC FC FC FC FC 78 78 78 78
0080	FF FF FF FF FF FF 99 99 99 99 99 99 99 99	0320	FF FF 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 33 33	05D0	78 78 78 30 30 30 30 30 30 30 00 00 00 00
0090	99 99 99 99 99 99 00 00 00 00 00 00 00 00	0330	33 33 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 00 00	05E0	FF FF FE FE FE FC FC FC FC 7C 7C 7C 78 78
00A0	FF FF FF FF DD DD DD DD 99 99 99 99 99 99	0340	FF FF FF 77 77 77 77 77 77 77 33 33 33 33	05F0	78 78 38 38 38 30 30 30 10 10 10 10 00 00
00B0	99 99 99 99 99 88 88 88 88 00 00 00 00 00	0350	33 33 33 33 22 22 22 22 22 22 00 00 00 00	0600	FE FE FE FE FE FE 7C 7C 7C 7C 7C 7C 7C
00C0	FF FF FF DD DD DD DD DD DD DD 99 99 99 99	0360	FF FF FF FF 77 77 77 77 33 33 33 33 33 33	0610	38 38 38 38 38 38 10 10 10 10 10 10 10 10
00D0	99 99 99 88 88 88 88 88 88 88 00 00 00 00	0370	33 33 33 33 33 22 22 22 22 00 00 00 00 00	0620	FF FF FE FE FE 7E 7E 7E 7E 7C 7C 7C 3C 3C
00E0	FF FF DD DD DD DD DD DD DD DD DD 99 99	0380	FF FF FF FF FF FF 33 33 33 33 33 33 33	0630	3C 3C 38 38 38 18 18 18 10 10 10 00 00
00F0	99 99 88 88 88 88 88 88 88 88 88 00 00	0390	33 33 33 33 33 33 00 00 00 00 00 00 00	0640	FF FF FF 7E 7E 7E 7E 7E 7E 3C 3C 3C 3C
0100	DD	03A0	FF FF FF FF BB BB BB BB 33 33 33 33 33	0650	3C 3C 3C 18 18 18 18 18 18 00 00 00 00
0110	88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88	03B0	33 33 33 33 33 11 11 11 11 00 00 00 00 00	0660	FF FF 7F 7F 7F 7E 7E 7E 3E 3E 3E 3E 3C 3C
0120	FF FF DD CC CC	03C0	FF FF FF BB BB BB BB BB BB BB 33 33 33 33	0670	3C 3C 1C 1C 1C 18 18 18 08 08 08 08 00 00
0130	CC CC 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 00 00	03D0	33 33 33 33 11 11 11 11 11 11 00 00 00 00	0680	7F 7F 7F 7F 7F 7F 3E 3E 3E 3E 3E 3E 3E
0140	FF FF FF DD DD DD DD DD DD DD CC CC CC CC	03E0	FF FF BB BB BB BB BB BB BB BB BB 33 33 33	0690	1C 1C 1C 1C 1C 1C 08 08 08 08 08 08 08
0150	CC CC CC 88 88 88 88 88 88 88 88 00 00 00	03F0	33 33 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 00 00	06A0	FF FF 7F 7F 7F 3F 3F 3F 3E 3E 3E 3E 3E 3E
0160	FF FF FF FF DD DD DD DD CC CC CC CC CC CC	0400	EF EF EF EF EF EF EF C7 C7 C7 C7 C7 C7	06B0	3E
0170	CC CC CC CC CC 88 88 88 88 00 00 00 00 00	0410	83 83 83 83 83 83 83 01 01 01 01 01 01 01	06C0	FF FF FF 3F
0180	FF FF FF FF FF FF CC CC CC CC CC CC CC CC	0420	FF FF EF EF EF EF E7 E7 E7 E7 C7 C7 C7 C3 C3	06D0	3F
0190	CC CC CC CC CC CC 00 00 00 00 00 00 00	0430	C3 C3 83 83 83 81 81 81 81 01 01 01 01 00 00	06E0	FF FF BF BF BF BF 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
01A0	FF FF FF FF FF EE EE EE EE CC CC CC CC CC	0440	FF FF FF E7 E7 E7 E7 E7 E7 E7 C3 C3 C3 C3	06F0	3F
01B0	CC CC CC CC CC 44 44 44 44 00 00 00 00 00	0450	C3 C3 C3 C3 81 81 81 81 81 81 81 00 00 00 00	0700	BF BF BF BF BF BF BF 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
01C0	FF FF FF FF EE EE EE EE EE EE CC CC CC CC	0460	FF FF F7 F7 F7 F7 E7 E7 E7 E7 E3 E3 E3 C3 C3	0710	0E 0E 0E 0E 0E 0E 04 04 04 04 04 04 04
01D0	CC CC CC CC 44 44 44 44 44 44 00 00 00 00	0470	C3 C3 C3 C3 81 81 81 81 80 80 80 80 00 00	0720	FF FF BF BF BF BF 9F 9F 9F 9F 9F 9F 9F 9F
01E0	FF FF EE EE EE EE EE EE EE EE EE CC CC	0480	F7 F7 F7 F7 F7 F7 F7 E3 E3 E3 E3 E3 E3	0730	0F 0F 0E 0E 0E 0E 06 06 06 04 04 04 04 00
01F0	CC CC 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 00 00	0490	C3 C3 C3 C3 80 80 80 80 80 80 80 80 80 80	0740	FF FF FF 9F
0200	EE	04A0	FF FF F7 F7 F7 F7 F3 F3 F3 E3 E3 E3 E3 E3	0750	0F 0F 0F 06 06 06 06 06 06 06 00 00 00 00
0210	44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44	04B0	E3 E3 E3 E3 C0 C0 C0 C0 80 80 80 80 00 00	0760	FF FF DF DF DF DF 9F 9F 9F 8F 8F 8F 8F 8F
0220	FF FF EE 66 66	04C0	FF FF FF F3 F3 F3 F3 F3 F3 E3 E3 E3 E3 E3	0770	0F 0F 07 07 07 06 06 06 06 02 02 02 02 00
0230	66 66 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 00	04D0	E3 E3 E3 E3 C0 C0 C0 C0 C0 C0 00 00 00 00	0780	DF DF DF DF DF DF DF 8F 8F 8F 8F 8F 8F 8F
0240	FF FF FF EE EE EE EE EE EE EE 66 66 66 66	04E0	FF FF E0 E0 E0 C0 C0 C0 C0 40 40 40 40 00	0790	07 07 07 07 07 07 02 02 02 02 02 02 02
0250	66 66 66 66 44 44 44 44 44 44 44 00 00 00	04F0	E0 E0 E0 E0 C0 C0 C0 C0 40 40 40 40 40 40	07A0	FF FF DF DF DF DF CF CF CF 8F 8F 8F 8F 87 87
0260	FF FF FF FF FF EE EE EE EE 66 66 66 66 66	0500	FB FB FB FB FB FB FB F3 F3 F3 F3 F3 F3 F3	07B0	87 87 07 07 07 03 03 03 03 02 02 02 00 00
0270	66 66 66 66 66 44 44 44 44 00 00 00 00 00	0510	E0 E0 E0 E0 E0 E0 E0 40 40 40 40 40 40 40	07C0	FF FF FF CF CF CF CF CF CF 87 87 87 87
0280	FF FF FF FF FF FF 66 66 66 66 66 66 66 66	0520	FF FF FB FB FB F9 F9 F9 F9 F9 F9 F9 F9 F9	07D0	87 87 87 03 03 03 03 03 03 03 00 00 00 00
0290	66 66 66 66 66 66 66 66 00 00 00 00 00 00	0530	F0 F0 E0 E0 E0 60 60 60 60 40 40 40 00 00	07E0	FF FF EF EF EF EF CF CF CF C7 C7 C7 87 87
		0540	FF FF FF F9	07F0	87 87 83 83 83 83 03 03 03 01 01 01 00 00

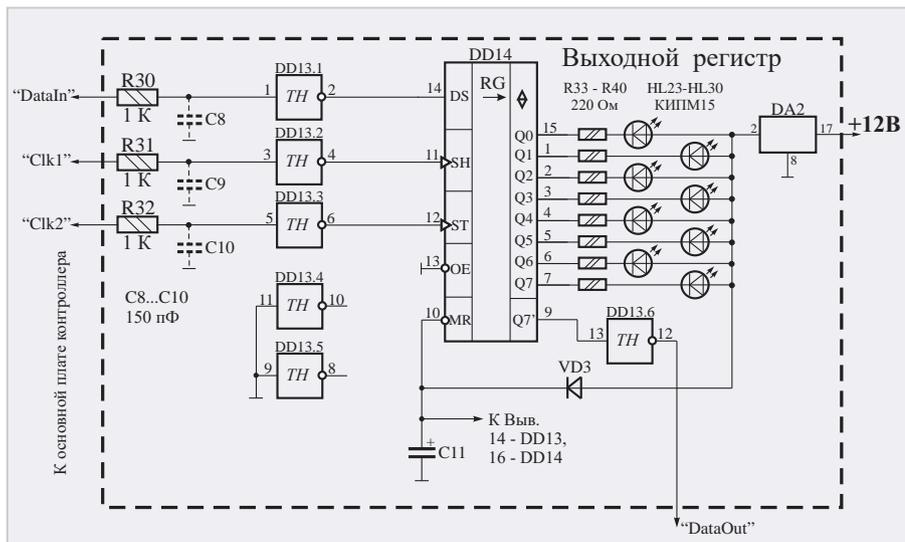


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная выходного регистра

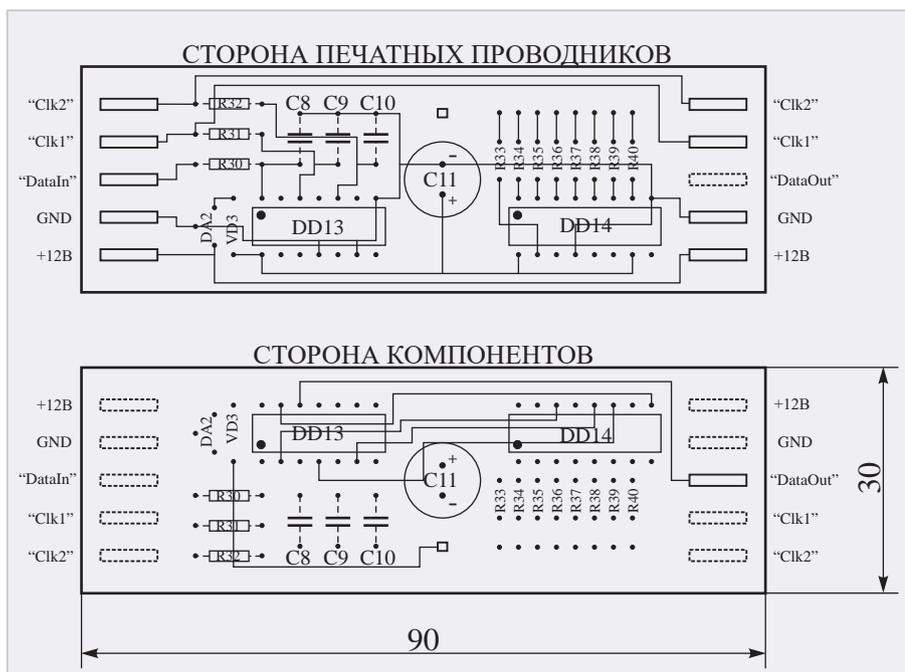


Рис. 6. Рисунок печатной платы выходного регистра

устанавливается переключателем SA1. В показанном на схеме положении происходит автоматическое чередование эффектов после четырёх повторений. Это достигается благодаря подаче счётных импульсов с выхода третьего разряда DD5.1 (вывод 5) на вход счётчика DD5.2. В нижнем, по схеме, положении переключателя SA1 короткие положительные импульсы на вход счётчика DD5.2 поступают при нажатии кнопки SB1. Состояния счётчиков DD5.1 и DD5.2 индицируют, соответственно, жёлтый (HL5) и красный (HL6) светодиоды.

Конструкция и детали

Основной контроллер собран на печатной плате из двустороннего стеклотекстолита размерами 140×90 мм и

толщиной 1,5 мм (рис. 4), а выходные регистры (рис. 5) – 90×30 мм (рис. 6). В устройстве применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, подстроечный – СПЗ-386, конденсаторы неполярные (C1...C3, C8...C10, C12...C14) типа К10-17, электролитические (C4...C7, C11, C15) – К50-35. На основной плате контроллера установлены сверхъяркие светодиоды диаметром 3 мм (HL1...HL6) и диаметром 5 мм (HL7...HL22), а в удалённой гирлянде – сверхъяркие диоды четырёх цветов КИПМ-15 диаметром 10 мм, размещённые в чередующейся последовательности. Учитывая различие в падении напряжения на прямо смещённых светодиодах (для красного и жёлтого это значение составляет 2,1 В, а для синего и зелёного – 3,0 В), необходимо после-

довательно со светодиодами включать соответствующие ограничительные резисторы: 220 и 150 Ом. Для управления мощной нагрузкой выходные регистры нужно дополнить транзисторными ключами. Возможно применение непосредственно на месте ЭСПЗУ типа AT28C16-15PI микросхемы памяти типа РПЗУ типа КР573РФ2 или КР573РФ5 без изменения рисунка печатной платы. Счётчики типа КР1564 ИЕ23 (74НС 4520N) можно заменить на К561 ИЕ10 (CD4520AN), кроме ИМС DD3, DD5, к выходам которых подключены индикаторные светодиоды. Мультиплексор DD9 типа КР1564 КП7 (74НС 151) заменим на КР1564 КП15 (74НС 251). Соединительная линия при длине до 10 м выполняется жгутом из 4 многожильных проводников сечением 0,35 мм² (для сигнальных линий) и 1 мм² («общий» провод) в изоляции, а при длине от 10 до 100 м сигнальные линии необходимо выполнить отдельными витыми парами, а на платах выходных регистров установить интегрирующие конденсаторы, ёмкостью не более 150 пФ.

Подготовка к работе устройства, собранного из исправных деталей и без ошибок, заключается в записи прошивки в ИМС ЭСПЗУ (РПЗУ) средствами стандартного программатора. При этом необходимо программно пере назначить порядок адресных линий ИМС ЭСПЗУ, выбрав в программе соответствующую опцию. Прежде чем запрограммировать микросхему ЭСПЗУ, текстовый файл программы (см. таблицу) необходимо конвертировать в двоичный формат с помощью одной из бесплатно распространяемых программ-конверторов, к примеру, [4]. Выбрать желаемую скорость воспроизведения светодинамических эффектов можно с помощью подстроечного резистора R3 на основной плате контроллера.

Литература

1. Одинец А.Л. Программируемое СДУ и виртуальный симулятор // Современная электроника. 2023. № 8. С. 34–40.
2. Одинец А.Л. Программируемое 32-канальное светодинамическое устройство // Современная электроника. 2024. № 5. С. 24–31.
3. URL: <http://www.art-of-light.narod.ru/LightEffectsReader.rar>.
4. URL: <https://www.x-ways.net/winhex/index-m.html>.



Печатная версия журнала
«СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» 2025 г.

Подписка только для юридических лиц

Выход каждого нового номера будет сопровождаться полным комплектом закрывающих бухгалтерских документов.

Издание	Назначение платежа	Периодичность	Подписная цена, руб.
«СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»	Подписка на 2025 год	9 номеров в год	9 900,00

ООО "СТА-ПРЕСС"

ИНН 7726208996 КПП 772801001

ОГРН 1037739253100

АО "АЛЬФА-БАНК" г. Москва, БИК 044525593

к/сч 30101810200000000593

р/сч 40702810202870017754

Счет на оплату № СЭ-2025 от 21 октября 2024 г.

Поставщик: ООО "СТА-ПРЕСС", ИНН 7726208996, КПП 772801001, 117437, Москва г, Профсоюзная ул,
(Исполнитель): дом № 108, пом/ком I/67, тел.: (495) 2340635

Основание: Счет № СЭ-2025 от 21 октября 2024 г.

№	Товары (работы, услуги)	Кол-во	Ед.	Цена	Сумма
1	Подписка на ПЕЧАТНУЮ версию журнала "Современная Электроника" на 2025г.	9	шт	1 100,00	9 900,00

Итого: 9 900,00
В том числе НДС 10%: 900,00
Всего к оплате: 9 900,00

Всего наименований 1, на сумму 9 900,00 руб.

Девять тысяч девятьсот рублей 00 копеек

Внимание!

При оплате счета укажите в платёжном поручении в графе "Назначение платежа" полный адрес доставки (с почтовым индексом), телефон для связи (с кодом города), контактное лицо, E-mail.

Оплата данного счета означает согласие с условиями поставки товара.

Руководитель

Седов К. В.



Умный дом с приусадебным участком на базе программируемого реле

Сергей Шишкин

В статье представлено построение умного дома с приусадебным участком на базе программируемого реле ОВЕН ПР205. Автор приводит пример построения составной части УД в среде OWEN Logic.

Введение

В настоящее время сложились вполне определённые каноны, которым должна соответствовать автоматизированная система управления «умный дом» (далее – АСУ УД). Попробуем их сформулировать:

- функционально законченный объект автоматизации с обязательной связью с внешним миром. Средства коммуникации предполагают использование проводных и беспроводных технологий. В их состав входят кабельные системы, оптоволоконная сеть, средства мобильной связи и прочее;
- все помещения (или строения на приусадебном участке) охвачены локальной сетью. Каждое помещение (при необходимости) оснащено интеллектуальным устройством с сенсорным экраном, цифровой системой управления и передачи информации;
- инженерные системы, задействованные в АСУ УД, должны в режиме реального времени осуществлять мониторинг, обеспечить адаптацию к изменениям внешних условий функционирования. АСУ УД – это, в первую очередь, приспособляемая система. В простейшем случае она должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в доме, и соответствующим образом на них реагировать;
- главная задача АСУ УД – обеспечение следующих необходимых условий: безопасности, комфорта, рационального энергоснабжения и эффективного энергосбережения, а также обеспечение надёжной, согласованной и бесконфликтной работы всех его инженерных систем.

При разработке алгоритмов управления системы АСУ УД условно можно разбить на следующие группы:

а) критически важные системы безопасности и жизнеобеспечения. Пара-

метры и процессы, контролируемые данными системами:

- ввод сетевого напряжения (контроль защитного заземления);
- контроль давления газа, контроль утечки газа;
- контроль давления воды;
- пожарная сигнализация;
- охранная сигнализация;
- система отопления;
- контроль затопления помещения;

б) вспомогательные инженерные системы. Подобных систем можно установить великое множество:

- системы освещения (внутренняя в доме, на приусадебном участке, подсветка и пр.);
- система управления воротами, жалюзи, фрамугами и пр.;
- системы вентиляции;
- автоматическое выключение света;

в) комфорт и развлечения (здесь вообще для фантазии – непаханое поле).

К данному уровню можно отнести следующие системы: аудио-, видео-, коммуникационные и прочие, аварии которых напрямую не влияют на работоспособность двух других уровней. Состав оборудования уровня систем комфорта и развлечений всегда уникален и зависит от индивидуальных потребностей пользователей АСУ УД, от их вкуса и финансовых возможностей.

Если умный дом с приусадебным участком – что принципиально меняется? Да ничего. Чтобы не тянуть десятки проводов с датчиков и исполнительных устройств к центральному диспетчерскому пункту (центральный узел сети), целесообразно организовать на территории усадьбы несколько локальных узлов сети. Связь между данными узлами сети может быть организована посредством проводных или беспроводных технологий.

Выбор оборудования для АСУ УД

Умный дом – забава для богатых? Отнюдь. Да, конечно, комплектующие для подобных систем, а также установка и монтаж, стоят не копейки. Но людям со средним достатком, и нацеленным на автоматизацию своего жилища, подобная затея вполне по силам.

Рассмотрим случай, когда на этапе проектирования и строительства дома задача по установке АСУ УД не ставилась. Имея в доме уже встроенные инженерные системы, разобравшись в них, большинство потенциальных пользователей АСУ УД задумаются над установкой дополнительных систем или созданием единого диспетчерского пункта управления в доме. Здесь очень уместно применение «цифрового кубика» с графическим цветным экраном. В качестве такого кубика может выступать, например, программируемое реле с цветным дисплеем. Конечно, можно купить готовую систему. На рынке выбор есть, но у всякого решения проблемы есть свои плюсы и минусы. Однако количество «плюсов» перевешивает количество «минусов», если система выполнена на отечественных комплектующих, с учётом тех нюансов, которые, конечно же, имеются в каждом конкретном объекте автоматизации.

Вопрос рентабельности таких вложений, пожалуй, не стоит. Конечно, к большим затратам приводит устранение аварий и их последствий. Снижение вероятности возникновения аварий и минимизация их последствий – одно из главных условий оптимизации затрат на содержание жилья. Но кто скажет, сколько гарантированно нужно вложить в автоматизацию дома, чтобы избежать всех аварий, всех форс-мажоров? 1%, 2%, 5% от его стоимости? Да, будет эффект от установки комплексной автоматизированной системы в виде снижения эксплуатационных затрат и потребления разного рода ресурсов, но не следует его ждать незамедлительно. Глубокая автоматизация дома, коттед-



Рис. 1. Внешний вид программируемого реле ПР205

жа имеет и обратную сторону – это обилие элементов и органов управления, а также аппаратных средств. При функционировании системы появляется много информации, на которую нужно как-то реагировать. Приходится запоминать какие-то функции, методы управления. Нужно разбираться в них – «напрягать мозги». А чем глубже автоматизация, тем она всё больше и больше требует к себе внимания. Создание интерактивных панелей управления тоже не всегда оправданно, так как работа с ними бывает сложна. Вот и выходит: сначала пользователь очень доволен появившейся в его жилище умной системой с множеством функций и «наворотов», но со временем она начинает его раздражать, утомлять. Конечно, идеальный случай – когда все системы работают незаметно для человека, автоматически. Но так не бывает.

Итак, для автоматизации дома очень важно обратить внимание не только на выбор оборудования, которого на рынке присутствует великое множество вариантов, но и на алгоритмы управления и визуализации информации, при разработке которых необходимо учитывать индивидуальные запросы потребителей системы.

Основные требования для разработки АСУ УД (бюджетный вариант):

- унификация. Нет смысла «лепить» составные части УД из комплектующих разных производителей. Будет замечательно, если ядро управления собрано на комплектующих только одной организации (это может быть ПЛК или программируемое реле);
- блочно-модульный принцип построения аппаратной части АСУ с возможностью наращивания функций системы;



Рис. 2. Внешний вид модуля расширения ПРМ-24.1

- построение АСУ на единой программно-аппаратной базе;
- надёжность. Нужны простые доступные надёжные решения, прошедшие проверку временем, доступные для массового пользователя;
- ремонтпригодность, удобство в эксплуатации;
- наличие простого пользовательского интерфейса, обеспечивающего быстрое обучение оператора (пользователя) и дальнейшую комфортную эксплуатацию;
- наличие облачного сервиса для удалённого мониторинга, управления приборами и оперативного оповещения об аварийных ситуациях.

АСУ УД на базе программируемого реле

Конкретизируем объект автоматизации. Пусть это будет добротный каменный дом с жилой площадью в районе 80–120 м² с подвалом, с погребом. Имеются газ, вода, канализация, горячее водоснабжение. На приусадебном участке расположены: гараж (нередко дом и гараж – одно здание, гараж в цокольном этаже), сад, огород, погреб, баня, колодец с насосом, теплица, хозяйственные постройки. Единой системы диспетчерского контроля с выходом на центральный диспетчерский пункт посёлка нет. Границы АСУ УД проходят по периметру приусадебного участка.

Умный дом выполнен на базе программируемого реле OWEN ПР205-24.1211.02.2.0 (далее – ПР205). ПР205 предназначено для построения простых автоматизированных систем управления технологическим оборудованием и программируется в среде Owen Logic на языке FBD. Последние версии среды Owen Logic позволяют реализовывать функции и макросы на языке ST. OWEN LOGIC – вполне «удобоваримая» среда разработки

СПО на языке FBD. И если пользователь знаком с основами программирования, то достаточно быстро её освоит. А это значит, он сам может менять алгоритм работы АСУ УД – добавлять новые функции и убирать или корректировать старые.

Пользовательская программа записывается в энергонезависимую Flash-память прибора.

Прибор поддерживает следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;
- отображение данных и мнемосхем на графическом цветном экране;
- ввод и редактирование данных с помощью кнопок на лицевой панели;
- работа в сети RS-485 по протоколам Modbus RTU / Modbus ASCII в режиме Master или Slave;
- работа в сети Ethernet по протоколу Modbus TCP в режиме Slave;
- работа с удалённым сервисом Owen Cloud (тариф БАЗОВЫЙ – бесплатный) без дополнительного шлюза;
- обработка входных сигналов от датчиков;
- управление подключёнными устройствами с помощью дискретных или аналоговых сигналов.

Для увеличения количества входов и выходов головного устройства ПР205, а значит, и для увеличения его функциональных возможностей необходимо задействовать следующие модули расширения: модуль дискретного ввода/вывода ПРМ-Х.1 (где Х – питающее напряжение, 220 В переменного тока либо 24 В постоянного тока); модуль аналоговых входов и дискретных выходов ПРМ-Х.2; модуль аналогового ввода-вывода ПРМ-Х.3. Каждый модуль имеет независимое питание с усиленной гальванической изоляцией, что позволяет подключать к прибору модули любой модификации с любым питающим напряжением. Допускается подключение модулей с различным напряжением питания к одному головному устройству в различных комбинациях. Более подробно работа ПР205 приведена в [3]. На рис. 1 показан внешний вид ПР205. На рис. 2 показан внешний вид модуля расширения ПРМ-24.1. Структурная схема АСУ УД на базе программируемого реле OWEN ПР205 представлена на рис. 3.

ПР205 с подключёнными модулями расширения аппаратно представляет собой законченный функциональ-

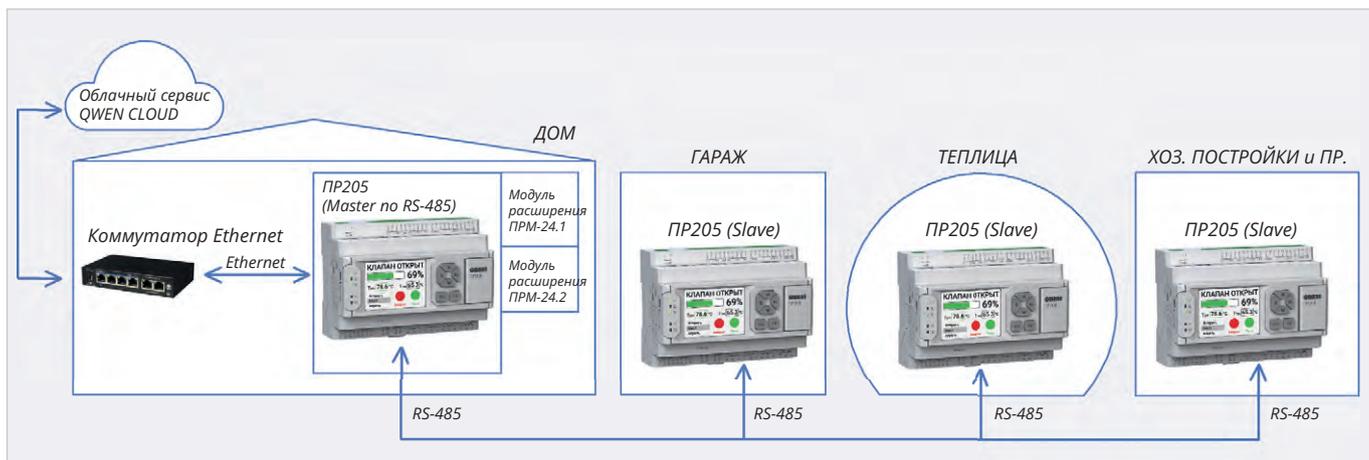


Рис. 3. Структурная схема АСУ УД на базе программируемого реле ОВЕН PR205

ный модуль АСУ УД. Данный модуль, связанный с конкретным объектом автоматизации, образует узел системы сбора и обработки данных. Такой узел может быть установлен в непосредственной близости от объекта автоматизации, что позволяет сократить длину соединительных проводов, упростить монтаж оборудования, а также устраняет необходимость применения кросс-панелей. В PR205 может быть до 3 сетевых интерфейсов: Ethernet, 2×RS-485. На рис. 4 приведена функциональная схема системы управления отоплением и ГВС на базе PR-205. На схеме узел сети № 1 на базе PR205, находящийся в доме, работает в режиме «Slave» по интерфейсу Ethernet и в режиме «Master» по интерфейсу RS-485. Следует отметить, что и сама инженерная система в доме может быть выполнена на базе PR-205.

Инженерные системы, каналы измерений и функциональные узлы в доме, которые можно автоматизировать и встроить в АСУ УД (узел сети для дома):

- контроль температуры в доме;
- контроль температуры на улице;
- контроль температуры в погребе;
- система управления освещением (дома, приусадебной и придомовой территории);
- система обогрева и отопления (в том числе и сезонный обогрев веранды);
- управление автоматическими воротами;
- система охранной сигнализации (охрана дома и внешнего периметра);
- система пожарной сигнализации;
- контроль влажности;
- контроль газа;
- контроль затопления подвала;
- имитация присутствия;
- автоматическое выключение света в помещениях;

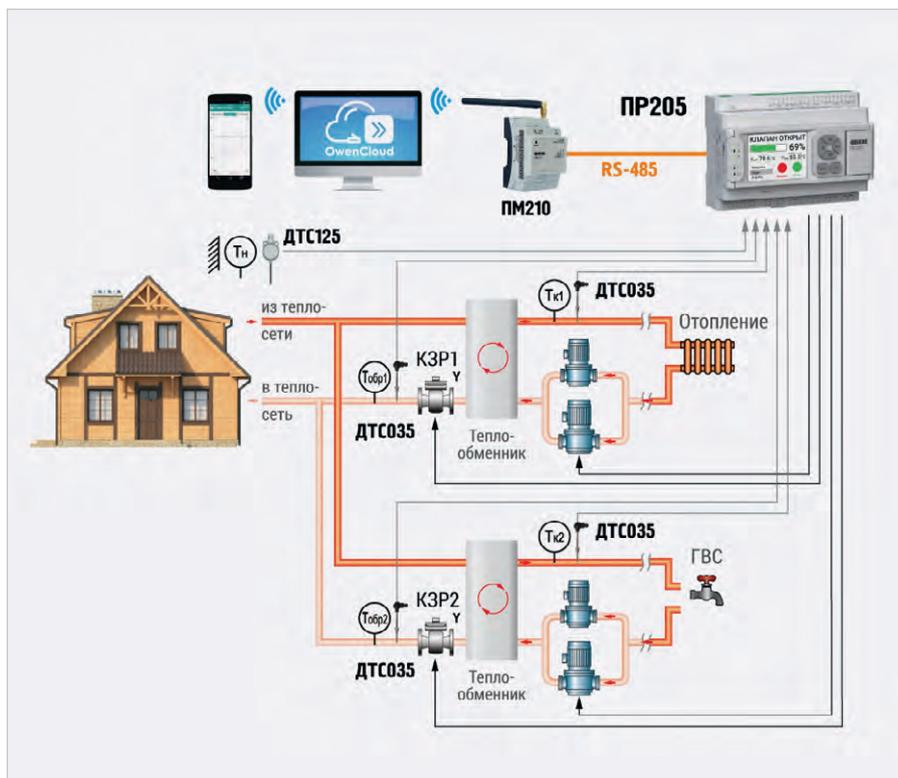


Рис. 4. Функциональная схема системы управления отоплением и ГВС на базе PR205

- приточно-вытяжная вентиляция;
- система резервного электропитания;
- многое другое.

Каналы измерения и контроля температуры условно отнесены к системе контроля температуры, при этом измеренная температура может быть задействована в других системах АСУ УД.

Инженерные системы и оборудование в теплице, которые можно автоматизировать и встроить в АСУ УД (узел сети для теплицы):

- система вентиляции – открывание форточек, фрагуг или приточно-вытяжная;
- система отопления – водяное, воздушное или другое;

- система зашторивания – горизонтального и вертикального. В общем случае можно выделить 5 видов зашторивания: энергосберегающее, затемняющее, комбинированное, затемняющее, световозвращающее;
- СИОД – система испарительного охлаждения и доувлажнения для снижения температуры воздуха на 5–10°C и создания необходимой влажности в теплице;
- искусственное ассимиляционное освещение для увеличения продолжительности светового дня в теплице;
- подача CO₂ для увеличения урожайности до 30% при прочих равных условиях;
- система полива.

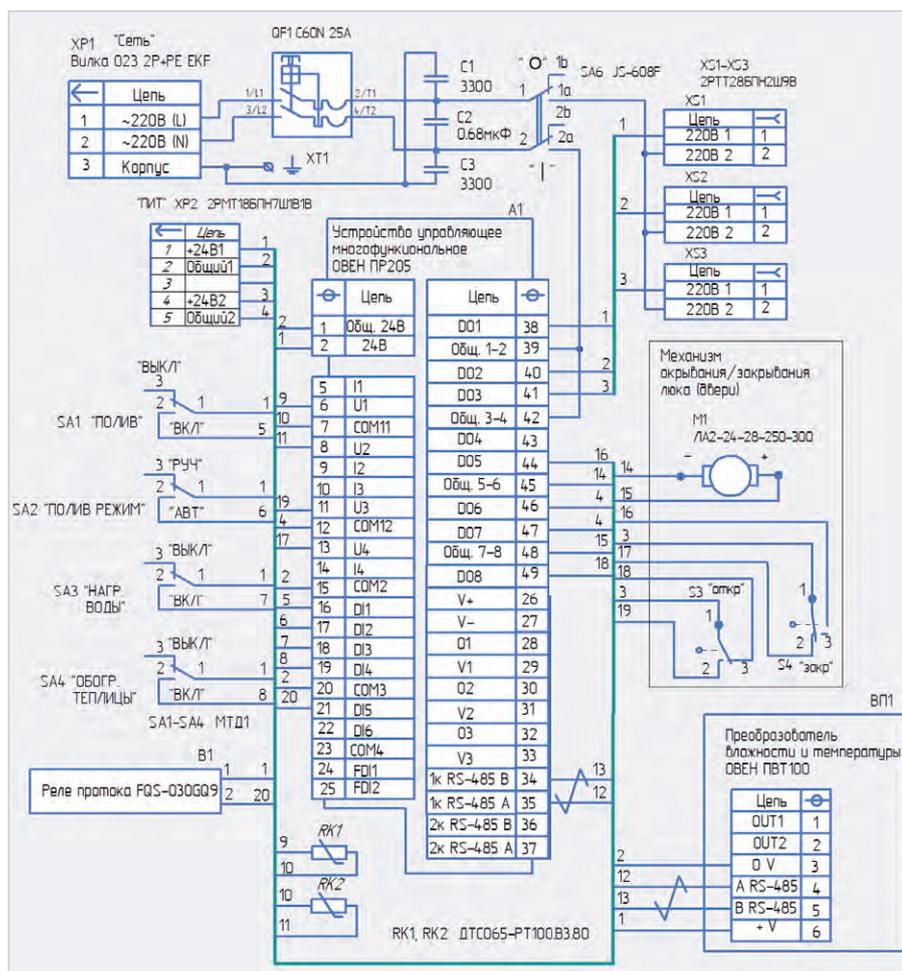


Рис. 5. Принципиальная схема модуля АСУ УД для теплицы

В гараже, в хозяйственных и дворовых постройках могут быть установлены вышеуказанные инженерные системы и оборудование. Один из самых актуальных вопросов после монтажа и проведения пусконаладочных работ АСУ УД – это её правильная эксплуатация и обслуживание. Техника может нормально работать только тогда, когда её эксплуатация согласована с возможностями обслуживающего персонала или обслуживающей организации. Этот вопрос крайне важен в станицах, райцентрах, не говоря уж о сёлах и деревнях на периферии. Сначала рассмотрим идеальный случай. Умный дом (умный коттедж) находится в умной деревне (где-то рядом с мегаполисом). На установленную систему имеется эксплуатационная документация. В умной деревне имеется единый диспетчерский пункт и эксплуатирующая организация. Пользователь после выхода из строя АСУ УД или её составной части ставит в известность эксплуатирующую организацию. Вопрос решён. Другое дело на периферии, в глубинке. Здесь поль-

зователь зачастую может рассчитывать только на себя. Он в одном лице и оператор, и обслуживающий персонал. Нет, конечно, найдутся местные умельцы, в райцентрах есть и обслуживающие организации, но не факт, что они сильно помогут с ремонтом АСУ УД. Пользователь должен приблизительно представлять работу системы на аппаратном и программном уровне, сделать предварительный анализ неисправности, уметь заменить первичный датчик. Неплохо, если для этого имеется ЗИП. Он должен включать в себя: датчики, задействованные в системе; модуль питания; запрограммированный ПР205 для каждого узла сети; модули расширения ПРМ-Х.1 [2, 3].

Умная теплица как составная часть АСУ УД

Рассмотрим пример построения отдельного узла сети АСУ УД для теплицы на базе ПР205-24.1211.03.2.0. Его принципиальная схема приведена на рис. 5. Скриншот управляющей программы для модуля АСУ УД в среде OWEN Logic приведён на рис. 6.

Реализовано управление следующих систем:

- система полива;
- система подогрева воды для полива;
- обогрев теплицы;
- автоматическое открывание люка (форточки, фрамуги) при превышении температуры внутри теплицы относительно заданной уставки.

На принципиальной схеме приведено подключение органов управления, датчиков температуры к входным цепям ПР205. Тумблеры SA1-SA4 МТД1. Термопреобразователи сопротивления (датчики температуры) RK1, RK2 типа ОВЕН ДТС125М-Pt100.0,5.60.И12.

В табл. 1 приведено функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле ПР205 в устройстве. В табл. 2 приведено функциональное назначение дискретных выходов реле ПР200 в устройстве.

В скриншоте управляющей программы для управления аппаратной частью ПР205 можно выделить следующие функциональные блоки и системы:

- система полива А1;
- блок обработки параметров с ПВТ100 А2;
- система нагрева воды для полива в теплице А3;
- система обогрева теплицы А4;
- канал измерения температуры на улице А5;
- функциональный блок управления люком А6 (автоматическое открывание/закрывание люка от заданной температуры внутри теплицы).

Система полива А1 выполнена на базе недельного таймера CLOK_WEEK1 (макрос в OWEN Logic). Она может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Для этого нужно установить в соответствующее положение тумблер S2 «ПОЛИВ РЕЖИМ». При установке данного тумблера в положение «АВТ» насос, подключённый к соединителю XS1, включится в заданный день и на заданный интервал, определяемые недельным таймером CLOK_WEEK1. С клавиатуры ПР205 задаются дни и интервал полива. Контроль включения насоса осуществляется датчиком потока воды В (на рис. 5). На рис. 7 приведён скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic для систем полива и нагрева воды. При работе системы нагрева воды полив запрещён. На рис. 8 приведён скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic для

систем обогрева теплицы и автоматического открывания люка (форточка или двери).

В блоке обработки параметров с преобразователя влажности и температуры ПВТ100 А2 задействованные значения сетевых переменных «температура», «влажность» необходимо разделить на сто. Более подробно работа ПВТ100 приведена в [4]. Системы нагрева воды для полива А3 выполнены на базе макросов 2PosHisReg1 (Pt100)1 и логического элемента 2И. Макрос 2PosHisReg1 представляет собой двухпозиционный регулятор, в котором только нужно задать уставку SP и гистерезис Delta. Макрос (Pt100)1 преобразует значение сопротивления термопреобразователя RK1 в значение температуры. Система нагрева воды для полива А3 начинает функционировать после установки тумблера SA3 в положение «ВКЛ».

Система обогрева теплицы А4 выполнена на базе макроса 2PosHisReg2. Текущая температура в данной системе поступает с ПВТ100. Для её работы необходимо установить тумблер SA4 в положение «ВКЛ». Канал измерения температуры на улице А5 выполнен на макросе Макрос (Pt100)2.

Рассмотрим алгоритм работы блока управления актуатором А6. Основная задача данного блока: автоматическое открывание люка (форточка или двери) в теплице, если текущая температура превысила заданную уставку. Исполнительное устройство – актуатор. Основные элементы данного блока: макрос 2PosHisReg3, генератор BLINK2, универсальный счётчик СТН1. Исходное состояние актуатора в механизме закрывания/открывания люка: люк закрыт, шток у актуатора – втянут, при этом на входе AI3 ПР205 – лог. 0; входе AI4 ПР205 – лог. 1. При этом значение текущей температуры в теплице, на входе PV макроса 2PosHisReg2, меньше, чем значение уставки на входе SP. Соответственно, выход Н макроса 2PosHisReg3 установлен в лог. 1, а выход С в лог. 0. При превышении значения текущей температуры над уставкой выход С макроса 2PosHisReg3 устанавливается в лог. 1. Разрешается работа генератора BLINK2. Импульсы с него через элемент 2И поступают на вход U (прямой счёт) универсального счётчика СТН1. Начинается прямой отсчёт времени. Для открытия люка (выдвижение штока актуатора, который пере-

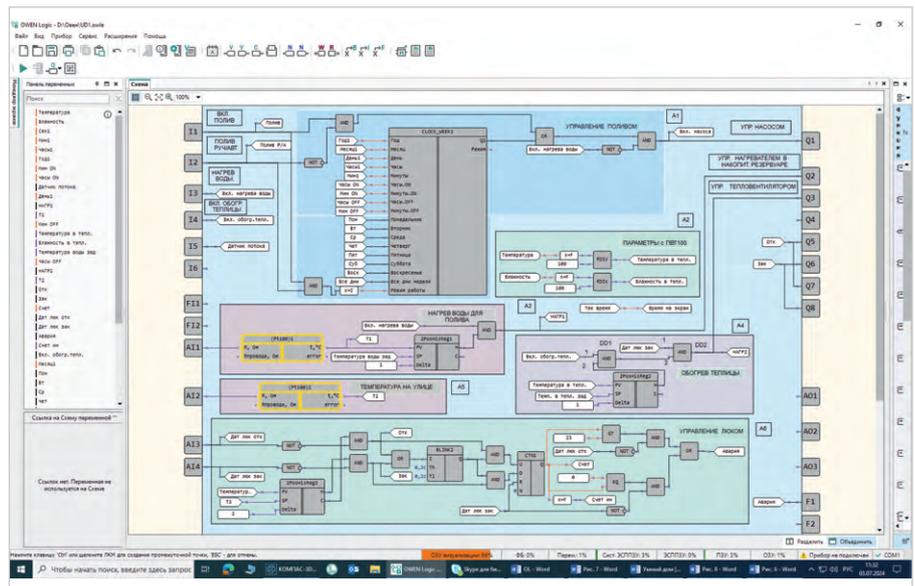


Рис. 6. Скриншот управляющей программы для модуля АСУ УД в среде OWEN Logic

Таблица 1. Функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле ПР205 в устройстве

Дискретный вход в ПР205	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение в устройстве	Примечание
DI1	I1	Подключение тумблера SA1	Тумблер для включения системы полива
DI2	I2	Подключение тумблера SA2	Тумблер выбора режима работы системы полива (РУЧНОЙ/АВТОМАТИЧЕСКИЙ)
DI3	I3	Подключение тумблера SA3	Тумблер включения системы подогрева воды для полива
DI4	I4	Подключение тумблера SA4	Тумблер включения системы обогрева теплицы
DI5	I5	Подключение датчика потока	Включение датчика (лог. 1 на вх. DI5) при работе насоса системы полива
Аналоговый вход в ПР205	Обозначение в среде OWEN Logic		
AI1	A11	Канал измерения и контроля температуры № 1	Контроль температуры в системе полива
AI2	A12	Канал измерения и контроля температуры № 2	Контроль температуры на улице
AI3	A13	Датчик открытого люка	Вход сконфигурирован как дискретный
AI4	A14	Датчик открытого люка	Вход сконфигурирован как дискретный

Таблица 2. Функциональное назначение дискретных выходов реле ПР200 в устройстве

Дискретный выход в ПР205	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение выхода в устройстве
D01	Q1	Управление исполнительным устройством в системе полива
D02	Q2	Управление исполнительным устройством в системе нагрева воды для полива
D03	Q3	Управление исполнительным устройством в системе обогрева теплицы
D04	Q4	Резерв
D05	Q5	Выход, задействованный для открывания актуатора
D06	Q6	Выход, задействованный для закрывания актуатора
D07	Q7	Выход, задействованный для открывания актуатора
D08	Q8	Выход, задействованный для закрывания актуатора
Индикаторы в ПР205		
F1	F1	Световой сигнал «Авария», задействованный в функциональном блоке управления люком

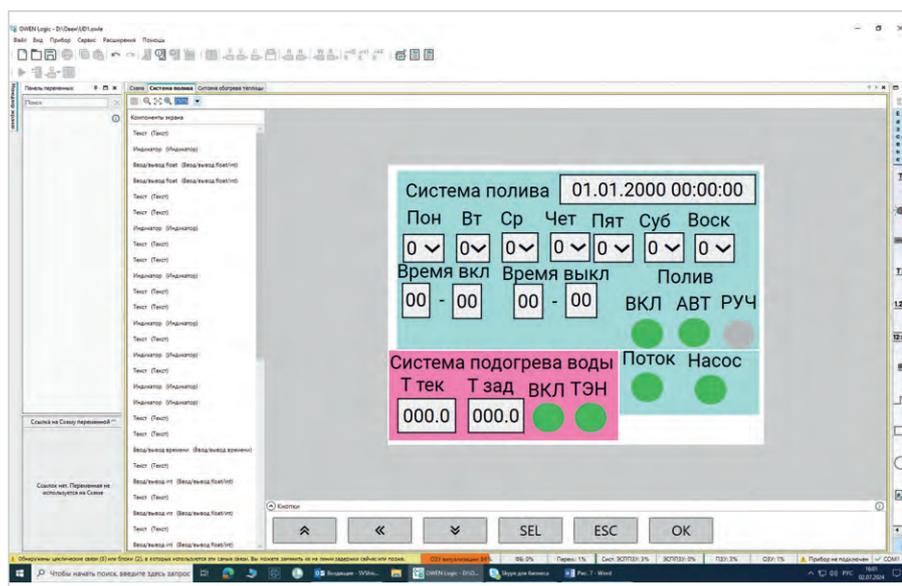


Рис. 7. Скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic для систем полива и подогрева воды

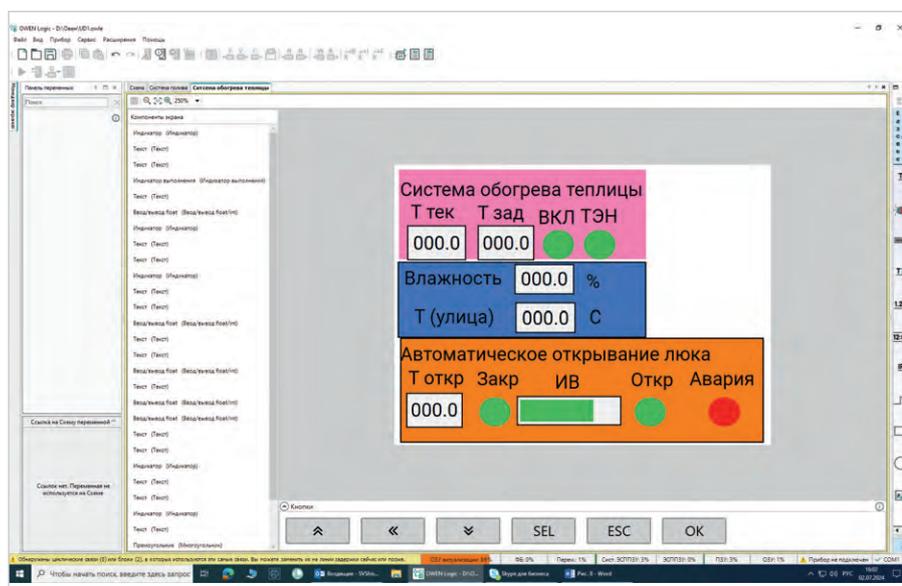


Рис. 8. Скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic для систем обогрева теплицы и автоматического открывания люка (форточки или двери) подогрева воды

водит люк из положения «закрыто» в положение «открыто») задан определённый интервал времени (в управляющей программе 23 с – контрольное время работы актуатора). Если за данный интервал работы дверь не открылась (не закрылась), включается сигнал «Авария». Индикатор выполнения ИВ (полоска индикатора) на экране «Открывание двери» отображает положение открытия двери в процентах хода. При открытом люке: на входе ПР205 AI3 – лог. 1; входе AI4 – лог. 0. Если на входах макроса 2PosHisReg3 текущая температура в теплице стала меньше уставки на величину гистерезиса delta, также запускается гене-

ратор импульсов BLINK3. Импульсы с него через элемент 2И поступают на вход D (обратный счёт). Если реальное время закрывания люка меньше, чем контрольное время работы актуатора, то лог. 0 на вход элемента 2И придёт раньше, чем лог. 1 с элемента операции сравнения на равенство EQ. Поэтому сигнал «Авария» не включится. Контрольное время работы актуатора определяется конкретным механизмом открывания/закрывания люка.

Рассмотрим поподробнее работу системы обогрева теплицы А4. Обогрев теплицы возможен только при закрытом люке. При этом должно произойти два события. При установке тумблера

SA4 в положение «ВКЛ» на входе 1 элемента DD1 в функциональном блоке А4 присутствует лог. 1. При закрытой двери на входе 1 элемента DD2 присутствует лог. 1. Это значит, что лог. 1 с выхода Н макроса 2PosHisReg2 проходит через DD1, DD2 и поступает на выход Q3 – работает обогрев теплицы.

Макрос CLOK_WEEK1 можно задействовать в системах, где необходимо включение исполнительных устройств на заданный интервал времени в течение недели: системы вентиляции, освещения, зашторивания и пр.

Заключение

Применение ПР205 в АСУ УД – это, прежде всего, реализация бюджетного варианта. Это минимум элементов управления и отображения информации. Здесь не нужна большая вычислительная мощность, необходимы простые и надёжные решения. При наличии комплекта ЗИП пользователь может сам эксплуатировать АСУ УД долгие годы. А разобравшись в среде OWEN LOGIC, пользователь сам может вносить изменения в АСУ УД как на аппаратном, так и на программном уровне. АСУ, выполненные на программируемых реле в среде OWEN LOGIC, значительно проще, чем, например, на базе ПЛК в среде CODESYS. На аппаратном уровне для увеличения количества аналоговых или дискретных входов и выходов головного модуля ПР205 допускается подключение к нему модулей расширения ПРМ (до 2 модулей ПРМ к одному ПР205). Кроме разработки программы на графическом языке FBD в последних версиях OWEN LOGIC доступно создание пользовательских функций на языке ST. Это значительно расширяет функциональные возможности узла сети, выполненного на базе ПР205.

Литература:

1. URL: <http://www.owen.ru>.
2. СНиП 31-02-2001 Дома жилые многоквартирные.
3. ПР205 Устройство управляющее многофункциональное. Руководство по эксплуатации.
4. OWEN ПВТ100 Преобразователь влажности и температуры. Руководство по эксплуатации.
5. ПРМ-Х.1 Модуль расширения дискретного ввода/вывода. Руководство по эксплуатации.



Россия налаживает собственный выпуск электронного оборудования

Андрей Кашкаров

Российские разработчики в области РЭА обоснованно полагают: в наше непростое время «дорогу осилит идущий». По всей стране развиваются производства, и даже самые смелые идеи воплощаются в жизнь.

В этой статье предпринята попытка заглянуть в будущее российского производства современной электроники.

В производственную отрасль теперь идут триллионные финансовые вложения, и, разумеется, инвесторы, в том числе государство, субсидирующее из бюджета развитие радиоэлектронной промышленности, хотят видеть результаты, соответствующие бизнес-планам и даже превосходящие ожидания. Теперь недостаточно говорить, что «текстолит российский уже есть», нужны более весомые результаты в области производства электронных чипов и других компонентов. Время не останавливается, а конкуренция в современном мире только возрастает. Россию ждёт бум производства отечественного компьютерного оборудования. Отчасти на это повлиял уход иностранных вендоров, но главная причина – глобальная перестройка отрасли, начавшаяся десять лет назад, и темпы её могли быть выше.

Прежде чем критиковать – похвали

Несмотря на беспрецедентное санкционное давление, цифровая отрасль демонстрирует стабильный и устойчивый рост. Создаются и внедряются собственные программные решения, сервисы и онлайн-платформы, которые достойно конкурируют с зарубежными аналогами, замещают их на отечественном рынке. По предварительным оценкам экспертов, объём российской интернет-экономики в прошлом году вырос на треть. Это не случается само собой, но надо понимать и то, с чем такой рост следует сравнивать.

Можно анализировать достижения совсем небольших компаний и увидеть перспективы их дальнейшего развития. Один из инвестиционных проектов российских заводов полного цикла для выпуска ноутбуков из электронных компонентов собственного производства, а также литий-ионных аккумуляторов предполагает строительство пяти комплексов в разных регионах России, общая производственная площадь которых составит около 9 тыс. м². Стройка движется быстрыми темпами: в Ростове-на-Дону (завод компании «Бештау электроникс» с ёмкостью более 700 рабочих мест строится с 2023 года и по плану до 2025 года), в Эссентуках так-

же завершено возведение цехов; оба предприятия на стадии подключения к инженерным сетям [1]. Также увеличивается объём производства электронных плат. Компания «Бештау электроникс» ориентирована на выпуск импортозамещающей радиоэлектроники и компьютерной техники. Кто-то скажет: «Зачем целый завод для переклейки шильдиков? И мы ещё посмотрим, как завод будет работать». Во все времена были люди действия (создатели продуктов, заводов) и люди-пользователи, в том числе и критики. Последних – больше, потому что такая позиция удобнее и безопаснее. А первых меньше, потому что любая активная инициатива и работа – определённого вида риск. На рис. 1 представлено оборудование завода «Бештау электроникс», выпускающее электронные моноблоки.

Также расширяет производство основанная в 2010 году компания «ИТ-Альянс» из Екатеринбурга, выпускающая изделия под собственной торговой маркой EсоPower, но на основе китайских компонентов [3].

Уральская компания «ИТ-Альянс» 14 лет занимается ИТ-оснащением заказчиков разных форм собственности и масштаба, а также государственных учреждений. Изначально фирма, бизнес которой строился на обслужи-

вании принтеров и заправке картриджей, называлась «АльянсКомплект». К 2015 году годовая выручка компании составляла только 200 млн рублей, затем выросла до мультивендорного системного интегратора, работающего с Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минцифры), который поставляет оборудование в крупнейшие торговые сети и банковские учреждения с 2018 года. Проведён ребрендинг, усилена команда инженерами-разработчиками, состоялся переезд в новый офис и смена названия. С тех пор и началась новая история системного интегратора. Когда в 2020 году мир накрыла пандемия COVID-2019, топ-менеджеры вывели на рынок новые продукты: терминал распознавания лиц и мультимедийные решения для видеоконференций, проведения удалённых собраний. Запустили востребованное временем производство рециркуляторов отечественного производства EсоAir.

Исторически были, но стали более совершенными логистические и партнёрские отношения с китайскими компаниями, а с 2022 г. они окрепли. Особенность работы с КНР состоит в необходимости больших объёмов продукции и оборотов финансовых средств, управления и контроля качества, то есть приходится прилагать усилия в области аналитики, процессов производства и развития, грамотного финансового менеджмента.

Тем временем в Поднебесной

По итогам 2023 года можно констатировать, что малоизвестные китайские бренды смартфонов потеснили в лидерстве LG, Samsung, Apple и другие компании. В объединённой розничной сети МегаФона и Yota рассказали, что лидером продаж среди девайсов стал Realme (20%), следом идут Honor (19,4%) и Xiaomi (19%). Четвёртое место занимает китайский бренд Tecno с показателем 17%. Далее следует Samsung (12%). Доля продаж Apple снизилась до 8%. А в 2022 году

первые места по продажам делили между собой бренды Samsung (24%) и Xiaomi (24%), на третьем месте был Realme (21%), на четвёртом Tecno (11%) и пятым шёл Apple (10%) [2].

Примеры в России

Итогом многопрофильной работы в России стал запуск в 2023 году собственной торговой марки EcoPower, занимающейся производством моноблоков, мини-ПК, полноразмерных компьютеров, мониторов, источников бесперебойного питания, то есть всех сегментов клиентоориентированных решений. К примеру, мониторы EcoPower – сегодня довольно известная марка во многих регионах России. Оборудование и РЭА, выпускаемые EcoPower, частично собраны в России. Чтобы официально признать результаты производства российской импортозамещённой продукции, надо не только построить «серийный конвейер» – завод со сборочной линией и запустить собственное производство из российских комплектующих, но и пройти проверки Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг) с получением сертификата о признании оборудования соответствующим импортозамещённому продукту. Следующий шаг – регистрация собственного российского ПО. Две записи в реестрах Минпромторга и в Минцифры позволяют любому отечественному предприятию стать де-юре производителем импортозамещённой продукции. Зависимость от китайских комплектующих, наоборот, высока. Материнские платы делаются из китайской компонентной базы, но такая материнская плата, собранная на территории России из частично китайских компонентов, считается платой российского производства. Есть реестр российской радиоэлектронной продукции, где перечислены компании-производители, чей продукт считается российским и может поставляться в государственные учреждения. Чтобы попасть в реестр, сборка техники на 100% должна производиться на территории России, компонентная база – по большей части российского производства, причём с каждым годом повышаются требования к процентной составляющей комплектующих внутри устройства. Об этом будем говорить и далее.

Портрет типового клиента – промышленник сегмента B, B+, A-. К при-



Рис. 1. Часть цеха по производству моноблоков завода в Эссентуках

меру, УЗГА, «Турбинный завод», концерн «Уральские локомотивы», торговые сети «Верный», «Монетка», в банковской сфере – «Промсвязьбанк» и многие другие. В целом удалось реализовать более 1500 проектов по всей России.

В успехе таких компаний несколько слагаемых. Во-первых, они быстро переориентировались на отечественных поставщиков и производителей, а также на параллельный импорт. Столкнулись с рядом сложностей, связанных со стрессовыми факторами работы на новом волатильном (неуправляемом, чётко непредсказуемом) рынке, нестабильностью прогнозов. Как вариант выхода из зоны стагнации было принято решение о развитии внешней экономической деятельности.

Тем не менее быстрый рост производства возможен только на заёмном капитале частных инвесторов, банковских займов, субсидировании производства. А пока ведущие компании не столько нацелены на удовлетворение розничного покупателя, сколько вкладывают инвестиции в развитие и узнаваемость отечественного бренда.

Но самая большая проблема – кадры и кадровый голод относительно компетентных сотрудников. Изменения в этой сфере делают чувствительным весь российский рынок производства РЭА и решений ИТ. Выход есть благодаря комплексному подходу с формированием внутреннего (на предприятии) кадрового резерва профессионалов. Помогают комплексные аттестации, личные беседы, направленные на

повышение уровня надпрофессиональных навыков, формирование карты индивидуального карьерного развития сотрудника, восстановление и совершенствование института наставничества на местах, помощь в адаптации, поощрения инициативным и саморазвивающимся специалистам, оплата курсов повышения квалификации. К таким реалистичным идеям подтолкнула сама жизнь, в частности практика привлечения сотрудников для удалённой работы, находящихся в разных регионах большой страны. В свою очередь, к этим решениям для работы формата хум-офис и без существенного изменения образа жизни сотрудников подтолкнула пандемия коронавируса. Чтобы система мотивации сотрудников работала устойчиво и слаженно, предприятие должно обеспечить настроенные бизнес-процессы, чтобы предложить работу таким специалистам, к примеру, через автоматизацию задач и проектов в CRM. Сегодня отделы разработчиков и технологов современного предприятия используют труд сотрудников от Калининграда до Владивостока, причём на взаимовыгодных началах, а электронные средства безопасной передачи и обмена данными способствуют развитию и профессиональной удалённой коммуникации.

Импортозамещение и перепрофилирование компаний

Перепрофилирование, в том числе частичное, – довольно типичный тренд среди российских компаний,



Рис. 2. Электронный браслет в СЭМПЛ

выпускающих РЭА. К примеру, были интегратором ИТ-решений, стали в современных реалиях производителем оборудования, потому что выгодно и рентабельно. Становиться производителем России теперь выгодно уже потому, что открывается огромный рынок с качественной конкуренцией, но не количественной. Спрос превышает предложение, а это почти идеальная для рынка ситуация и условия для развития. Спрос на продукцию будет только расти. Невозможно сразу закрыть потребность во всех продуктах, решениях и сферах, но сегодня уже много растущих компаний, являющихся производителями оборудования. Об этом свидетельствуют не только презентации «одной модели», но и реальные серийные производства, что подтверждают и регулярно проводимые выставки достижений по всей стране.

До 2014 года и несколько позже, когда были введены первые экономические санкции, импортозамещение, в том числе в ИТ-отрасли, в основном касалось оборонного сектора, некоторых государственных закупок и отдельных предприятий. Сегодня учреждения в государственном секторе и критической инфраструктуре работают на ПО и компьютерах отечественного производства. Лишь отдельные некритичные элементы могут быть заимствованы, к примеру, дисплеи. В производстве моноблоков и ПК из заимствованных компонентов также ещё встречаются отдельные элементы вплоть до CPU. Но сборные материнские платы, оперативная

память, SSD – полностью российской сборки. Тем не менее российские производители процессоров «Байкал» и «Эльбрус» пока не могут закрыть весь спрос на рынке, и в целом производительность самих CPU условно и относительно низка.

Другие новации и примеры

Создание новых электронных продуктов для пенитенциарной системы позволит улучшить электронные браслеты, чтобы чаще применять домашний арест вместо изоляции подозреваемого в СИЗО. Это сфера деятельности уголовно-исполнительной инспекции ФСИН России. В июле текущего года пристальное внимание специалистов и экспертов было направлено к системе электронного мониторинга подконтрольных лиц (СЭМПЛ). Прежняя система, разработанная более 12 лет назад, нуждается в обновлении до современного уровня. Внедрение новых разработок и элементов микроэлектронных устройств в системе позиционирования подконтрольного лица для более точного отслеживания местоположения связано с расширением зоны действия браслетов, увеличением автономности работы оборудования и устранением сбоев связи, которые приводят к потере сигнала с устройства слежения на длительное время. На рис. 2 показан внешний вид электронного браслета уголовно-исполнительной системы ФСИН.

По мнению заместителя директора ведомства Сергея Щербакова, тенденции развития ФСИН учитывают «необходимость гуманизации пени-

тенциарной системы, особенно в отношении лиц, совершивших преступления по неосторожности. Если изоляция от общества не требуется, а человек готов соблюдать все требования домашнего ареста или ограничения свободы, следует применять эти меры вместо заключения под стражу» [8]. Модернизация электронных браслетов позволит снизить нагрузку на систему исполнения наказаний и предотвратит вовлечение людей в криминальную среду. При этом ожидается увеличение нагрузки на сотрудников уголовно-исполнительных инспекций, поэтому предполагается, что усовершенствованная техника, в том числе в сочетании с ИИ, обеспечит в будущем существенную часть рутинной работы и автоматизированный контроль тысяч браслетов в обновлённой СЭМПЛ. По статистике к началу 2024 года под контролем СЭМПЛ в России находились 22,5 тыс. осуждённых на ограничение свободы и 32,2 тыс. лиц, которым суд избрал домашний арест или запрет определённых действий. За 2023 год с помощью системы было выявлено более 7 тыс. нарушений порядка и условий отбывания наказания и исполнения мер пресечения [8].

Ещё один из многих примеров лидеров российского рынка электроники – компания «Фортекс», дочернее предприятие Омского завода транспортного машиностроения (Омсктрансмаш – КБТМ, РосТех). В июле 2024 года в индустриальном парке «ТехноОмск» прошла презентация открытия завода по производству оборудования для умного освещения. Новый завод «Фортекс», входящий в холдинг одного из крупнейших производителей светодиодного оборудования, радиоэлектроники и программного обеспечения для умных городов, изготавливает инновационное светотехническое оборудование и автоматизированные системы наружного освещения, включая плоские энергоэффективные уличные фонари и светодиодные светильники. Для пусконаладочных работ за 3 года потрачено 100 млн рублей. Компания стала одним из первых резидентов масштабного проекта развития технопарков региона, и есть планы систематического увеличения объёмов выпуска продукции [4]. Особенно уместно отметить три креативных направления развития: совершенствование технической части с применением новей-

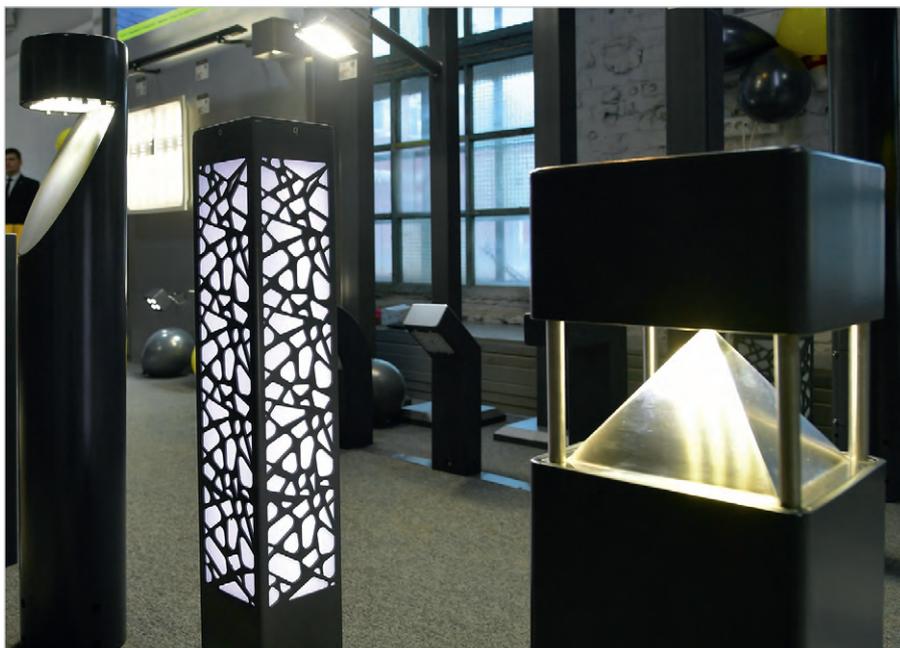


Рис. 3. Завод «Фортис». Кадры с презентации

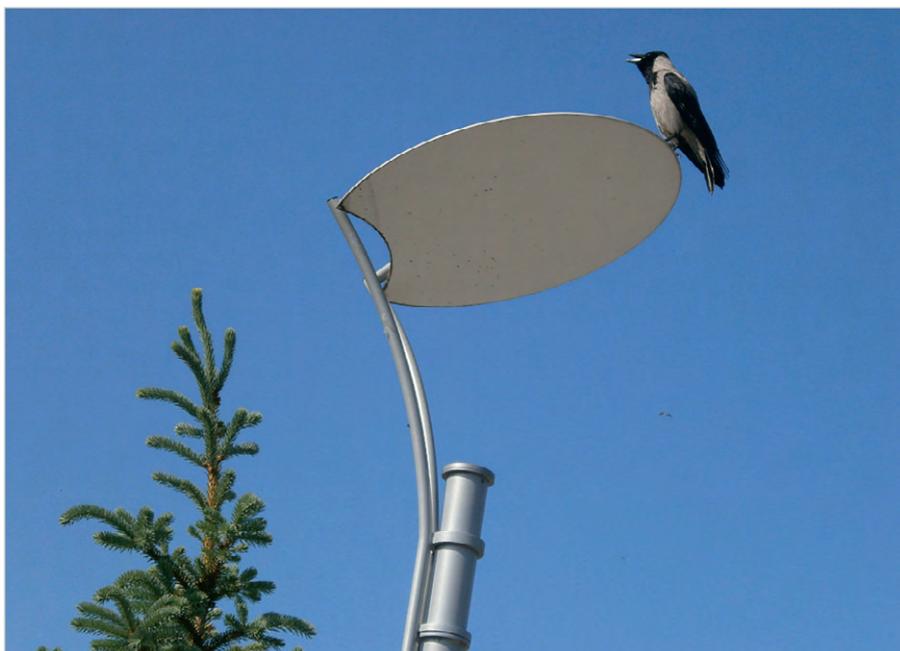


Рис. 4. Инновационные дизайнерские решения для уличных систем освещения

шей элементной базы, применение новейших материалов (а для этого необходимо отслеживать новации в материаловедении) и оригинальные дизайнерские решения. К этому можно добавить систематическое изучение опыта коллег и конкурентов, в том числе зарубежных. На рис. 3 представлены образцы продукции российского производства «Фортис».

На рис. 4 представлены инновационные дизайнерские решения для уличных систем освещения.

В данном случае внутрь столба из лёгкого дюралевого сплава помещён мощный светодиод с коллиматором.

Коллиматор (выпуклая линза) нужен для концентрации пучка освещения. Это решение, с одной стороны, позволяет экономить элементы – светодиоды, вместо линейки или модуля с несколькими устанавливать электронный драйвер с одним LED повышенной мощности и, благодаря концентрированному пучку света, обеспечить достаточный уровень освещения (световой поток). С другой стороны, применение коллиматоров для светового потока хоть и не новая идея, но весьма востребованная в современной электронике. На её основе в КНР, США (и не только) уже созданы

инновационные (2024 года) технологии по увеличению мощности, отдаваемой в нагрузку, солнечных панелей. Естественный солнечный свет усиливается коллиматором (их может быть несколько в цепи), установленным перед рабочей поверхностью солнечной батареи (модуля) и преобразовывается посредством солнечных элементов в электрический ток, усиливается и оказывается достаточным для зарядки небольших (в зависимости от мощности солнечного модуля) АКБ постоянного тока. Новизна и креативность идеи в том, что она позволяет обходиться современным сотовым телефонам, смартфонам, планшетами, КПК (и другому условно маломощному оборудованию РЭА) без зарядки от осветительной сети 230 В (проводной и беспроводной с помощью DOC) или внешних аккумуляторов. То есть делает устройство связи (сотовый телефон) со встроенным соответствующим электронным модулем с солнечным элементом и коллиматором полностью автономным. Об этой технологии и практике мы расскажем в ближайших выпусках «Современной электроники». Согласно рис. 4, световой поток от источника, расположенного внутри столба, направлен чётко вверх и попадает на рефлектор-отражатель со специальным покрытием из современных материалов, а затем рассеивается. Такого инновационного и экономичного уличного освещения достаточно для эффективного освещения территории в радиусе 5-6 метров под опорой освещения. Подобные светильники российской разработки установлены в Тихвине Ленинградской области. Вот почему важны не только инновации, но также материаловедение и дизайн РЭА.

Есть новости в области коммерческой межспутниковой лазерной связи, связанной с созданием новой технологии, протестированной в реальных условиях космоса в мае 2024 года в рамках создания сервиса скоростного Интернета. Технология готова к масштабированию для построения целевой спутниковой группировки. На предварительных испытаниях удалось подтвердить целевые технические параметры терминалов лазерной связи, усовершенствовать обработку системы наведения и передачу информации между спутниками по оптическому каналу связи. Космические аппараты последовательно уста-



Рис. 5. Вид производственного процесса в «Бюро 1440»

новили связь друг с другом для передачи данных на расстояниях от 30 до 1005 км. Скорость передачи данных достигла 10 Гбит/с. Так российские производители успешно осваивают спутники для работы 5G-сетей. Первый для российской космической индустрии случай, когда аппараты используют стандарт 5G NTN для связи с абонентами. От начала работ до первых результатов и моделей прошло всего 14 месяцев. С разработкой спутникового оборудования серии «Рассвет-2» – они в два раза больше по массе и габаритам – удалось увеличить скорость и качество связи по сравнению со спутниками миссии «Рассвет-1», которая стартовала в конце июня 2023 года и признана успешной [7]. После приёмки государственной комиссией оборудование будет запущено в серию.

Работы ведёт «Бюро 1440» (ранее компания называлась «Мегафон 1440»). Технические достижения таковы: при прохождении первой миссии скорость составляла 48 Мбит/с, задержка – 42 мс. При таких показателях уже можно сделать видеозвонок в высоком качестве сразу на несколько человек или смотреть ТВ в разрешении 4K. На рис. 5 представлен вид производственного процесса в «Бюро 1440».

Проект получил одобрение в Министерстве цифрового развития РФ. Создание низкоорбитальной спутниковой группировки для обеспечения быстрого и дешёвого доступа в Интернет – одна из ключевых инициатив. К 2030 году планируется завершить первый этап создания российской большой группировки спутников для 5G сетей

на низких орбитах. Предполагается вывести на орбиту около 700 аппаратов [7]. Запустить быстрый спутниковый Интернет хотят в 2027 году. Кроме того, с 2028 года Wi-Fi на борту российских самолетов станет повсеместным. Таких примеров действительно много. Но что же завтра, и каким тернистым путём пойдут разработчики и производители отечественной современной электроники?

Перспективы иранского сценария или лучший путь

В ближайшее годы в почти безальтернативной ситуации на российском рынке РЭА и ИТ заинтересованные потребители будут активно пользоваться отечественной электроникой и софтом, а уровень конкурентоспособности решений повысится. Однако не стоит забывать о том, что бывшие и будущие партнёры также совершенствуют технологии в области производства РЭА. Речь о том, что надо признать: отставание российского рынка (производства) в области технологии всё ещё существенное, хотя и неравномерное. В каких-то сферах мы опережаем западные компании, но есть и провальные направления. Можно сколько угодно манипулировать цифрами, тем более что статистические данные весьма условны, однако представляется, что в среднем отставание по технологиям составляет примерно 13 лет. Тут могут быть различные мнения, и это нормально. Но авторское мнение подтверждается даже простыми практико-ориентированными наблюдениями, доступными, впрочем, почти каждому.

Кроме того, Россия – великая держава и огромная по географическим меркам страна; не только непросто управлять всеми территориями, но и критически важно быстро, качественно и своевременно решать проблемы. Проблемы в нашем Отечестве в этой области пока ещё связаны с относительно длительным периодом времени от разработки моделей или опытных образцов до серийного производства. Разумеется, эту сферу держат под контролем и пытаются улучшить. Вот почему автор и другие компетентные специалисты против оголтелой критики как российских, так и зарубежных партнёров: нужны взвешенные экономико-политические решения – за ними будущее, а не за изоляцией от мирового сообщества по иранскому или иному сценарию. С появлением российского оборудования и отечественной продукции параллельный импорт будет не нужен по ряду отраслей. Это и есть свойство иранского сценария.

По такому сценарию мы, можно сказать, отстранены от инновационных мировых технологий. Очевидно, что параллельный импорт будет сокращаться. Не только в ИТ, а везде: в автомобильной промышленности, на рынке запчастей и РЭА для быта. Полностью оптимистический прогноз возвращения иностранных производителей с занятием прежней доли российского рынка вряд ли возможен в обозримом будущем, кроме отдельных исключений.

Что касается конкурентоспособности российского оборудования и софта, не всем доступны инвестиции уровня международных компаний Intel или Asus, Acer, HP. Но в этой ситуации вовсе не надо «догонять и перегонять», надо занять свою востребованную нишу прежде всего внутри страны. Российский софт, к примеру ПО «Мой офис», Astra Linux, AlterOS, РОСА и другие, уже славится своим достойным уровнем, перспективными разработками и наличием прогрессивных решений, а в будущем будет ещё более совершенствоваться [5].

Перспективы запрета параллельного импорта

С 2014 года в России особенно стремительно развивается рынок импортозамещённой продукции. Инициативы по запрету параллельного импорта давно и не впервые рассматриваются. Были конкретные предложения произ-

водителей электроники, в частности консорциума АНО «Вычислительная техника», с официальным обращением в Минцифры запретить параллельный импорт смартфонов и ноутбуков в РФ. Консорциум объединяет ряд крупных российских производителей электроники (в том числе Аквариус, Yadro, Dero, RDW и многих других), поставляющих российское оборудование в госучреждения и на оборонные предприятия. О них ещё не широко известно, и мы восполняем этот информационный пробел. По состоянию на 2024 год примерно половина российских компаний, не задействованных в критической инфраструктуре, всё ещё использует ПО и оборудование фирмы HP, Lenovo, Acer, Asus и других. Но ситуация действительно меняется. Только хотелось бы ещё более ускорить этот процесс, ибо для этого есть основания. Российский софт и РЭА, а также специальное оборудование за прошедшие десять лет достигли достойных уровней развития, конкурируют с иностранными аналогами и менее подвержены рискам каких-либо ограничений. Отказоустойчивость РЭА российского производства тоже весьма хорошая.

Правительство ориентируется в пользу российских производителей. Если хотя бы один из поставщиков подаёт заявку на конкурс с оборудованием из единого реестра российской радиоэлектронной продукции, все остальные поставщики отклоняются. По таким правилам уже работают многие отечественные компании. Предполагается, что с 2025 года на российском оборудовании будут работать все бюджетные организации: школы, больницы, налоговая и другие службы, промышленные корпорации, которые наполовину или более принадлежат государству.

«За» и «против» серого импорта электроники

Есть предложения о том, чтобы исключить из перечня товаров, разрешённых для параллельного импорта в Россию, смартфоны, планшеты и ноутбуки любых иностранных брендов в пользу продвижения РЭА российских производителей для внутреннего розничного рынка массового сегмента потребления, а также с тем, чтобы предоставлять российским вендорам и торговым сетям льготные стимулирующие производство кредиты для закупки оборудования и комплектующих.

Причём дополнительным стимулом развития является ведение утилизационного сбора и акцизов на импортируемую технику. С другой стороны, есть обратные обоснованные суждения, ибо меры в поддержку производства для массового сегмента могут ударить по официальным связям с компаниями за рубежом, что может спровоцировать рост цен и серого импорта.

24 июля 2024 года Минпромторг РФ обнародовал проект постановления правительства, ужесточающий режим доступа производителей к рынку госзаказа. В частности, вводится механизм, позволяющий отслеживать страну происхождения комплектующих для электроники. Предполагается, что это решение поможет в предотвращении случаев, когда компания указывает источником товара Россию, но при изготовлении продукции применяет иностранные компоненты. Ассоциация предприятий в сфере радиоэлектроники, информационных технологий, цифровых инноваций и инжиниринга в конце июля 2024 года направила министру промышленности и торговли России Антону Алиханову соответствующий документ, где приводятся основания к решению: механизмы ценовой преференции и минимальной обязательной доли российских товаров «практически не работают». Помочь отечественным производителям «могут только запреты на иностранные закупки» [6]. Введение запрета может усилить технологический суверенитет России благодаря введению обязательной закупки российской продукции. При этом предлагается определить список иностранных изделий, приобретать которые госкорпорации и госкомпании не смогут. Такой перечень «должен учитывать, какие продукты и в каких объёмах реально производятся на рынке» [6]. Новые правила предусматривают расширение объёма сведений, которые производители предоставляют при оформлении заявки на включение в государственную информационную систему промышленности (ГИСП). Компаниям предстоит отчитываться о закупленных для производства продукции комплектующих (товарах, компонентах). Сбор дополнительных сведений будет осуществляться полностью в электронном виде, поэтому механизм, как считают специалисты, не усложнит работу производителей. К слову, с начала марта 2024 года белорусскую микро-

электронику начали приравнять к российской. Это способствует включению продукции в реестр Минпромторга для получения преференции на госзакупках.

Выводы и перспективы

Рынок производителей РЭА в России развивается. Одной из задач видится сокращение сроков ввода в эксплуатацию производственных мощностей – от разработки до запуска производств. Перспективы развития направления в России прежде всего в разработке и выводе на конкурентный рынок новых продуктов, улучшении клиентского сервиса и повышении экспертизы интеграторов, развитии отечественных брендов, в том числе ИТ-решений для бизнеса. К примеру, лазерная межспутниковая связь является ключевой российской технологией для целевой низкоорбитальной спутниковой группировки. Передача данных между космическими аппаратами обеспечит глобальное покрытие спутниковой связью, в том числе в труднодоступных районах. И всё же не будем забывать о том, что зарубежные производители РЭА также не стоят на месте, совершенствуют технологии и модернизируют производство.

Литература

1. В Ростове-на-Дону завершили строительство цеха по производству ноутбуков. URL: <https://tass.ru/ekonomika/21472889>.
2. Производители электроники хотят запретить параллельный импорт смартфонов и ноутбуков в РФ. URL: <https://www.dk.ru/news/237201295>.
3. В России готовится к запуску завод полного цикла по производству ноутбуков. URL: <https://www.dk.ru/news/237207099>.
4. Фортис. URL: <https://www.tadviser.ru/a/819507>.
5. Россию ждёт бум производства отечественного компьютерного оборудования. URL: <https://www.dk.ru/news/237200472>.
6. Импортозамещение вычислительной техники и микроэлектроники. URL: <https://www.tadviser.ru/a/294596>.
7. Рассвет (космические спутники). URL: <https://www.tadviser.ru/a/743830>.
8. Система электронного мониторинга подконтрольных лиц (СЭМПЛ). URL: <https://www.tadviser.ru/a/819595>. ©

Особенности производства РЭА и развития массового радиовещания в Европе и СССР

Андрей Доезжаев

С открытием основ электричества и электромагнитных волн во времена Генриха Рудольфа Герца, деятельность которого приблизила создание беспроводного телеграфа, эра радиосвязи пережила расцвет и цифровизацию. Голубиная почта, фельдъегеря на казённых лошадях и прочие «скачки» канули в Лету. Между тем история производства РЭА остаётся местами непознанной, а изучая её, можно о многом узнать: например, о том, как неодинаково развивалось производство РЭА, или об особенностях массового и частного радиовещания в Европе и СССР. Автор благодарит коллекционера Юрия «ОЕЗUSA» – собирателя ламповых радиоприёмников из Австрии – за консультацию, некоторые предоставленные иллюстрации и экспертное мнение по теме статьи.

О Дне радио

В СССР и России праздник «День радио и связи» установлен в честь 50-летия со дня демонстрации передачи сигнала беспроводным способом русским учёным А.С. Поповым. История эта развивалась так. 7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 года российский физик Попов на заседании Русского физико-химического общества продемонстрировал прибор, предназначенный «для показывания быстрых колебаний в атмосферном электричестве». В 1925 году в СССР прошли торжественные мероприятия по случаю 30-летия изобретения радио. В октябре 1980 года, согласно указу Президиума Верховного Совета СССР, День радио официально стал называться «День радио, праздник работников всех отраслей связи». Однако это ещё не всё. Есть несколько отраслевых праздников, таких как День электронной промышленности, День изобретателя, День электроника, а 18 апреля также празднуется Всемирный день радиолюбителя. Недавно мы рассказали о том, как в советской России была запущена первая радиопередача. Подробно об этом можно прочитать в [1].

Сегодня радио является самым доступным средством связи (рис. 1).

С 2012 года 13 февраля отмечается как «Всемирный день радио». Решение о его проведении было принято организацией ЮНЕСКО в 2011 году. Дата выбрана неслучай-

но: 13 февраля 1946 года впервые в эфире прозвучало «Радио ООН», станция которой располагалась в штаб-квартире Организации Объединённых Наций. Радио признали не только средством связи, но и чем-то большим, имеющим особое символическое значение – для укрепления сотрудничества между специалистами, практикующими радиолюбителями, крупными радиовещательными компаниями, международными СМИ; радио – это средство расширения доступа к информации и содействие реализации свободы слова и выражения мнений.



Рис. 2. Историк радио и коллекционер Ion Von Donn



Рис. 1. Радио как самое доступное средство связи. Инфографика

История немецких и австрийских радиозаводов

Период до 50-х годов XIX века не воспринимается молодыми специалистами как имеющий какое-либо значение в истории развития радиоэлектроники. Однако, по рассказам знатока истории радио из Австрии (рис. 2), именно в ту далекую эпоху в 1859 году произошли важные для будущей радиоэлектронной индустрии события.

В 1835 году часовых дел мастер Йозеф Швер основал свою фирму в немецком городе Триберг, а в 1864 году его сын продолжил начинание отца, перенеяв руководство. В 1905 году Герман Швер, внук



Рис. 3. Приёмник SABA 212WI



Рис. 4. Радиоло завода Hornophon



Рис. 5. Внешний вид одной из последних выпущенных на радиолампах моделей радиолы MINERVA STEREO 655



Рис. 6. Радиоло MINERVA: вид со стороны радиоэлементов

Йозефа, получил в своё распоряжение фабрику с 20 рабочими и через семь лет стал производить переменные конденсаторы и контуры для радиоприёмников. Фирма закрепила название SABA: по-немецки – «Schwarzwealder-Apparate-Bau-Anstalt». Согласно новому названию, с 1927 года SABA производит радиоаппараты. Самой известной стала модель S35. Развитие опережало планы, и в довоенном 1935 году «Саба» занимает уже второе место по объёмам производства, сразу после компании «Телефункен». Вторая мировая война ускорила развитие фирмы. «Саба» позиционировалась как ведущий производитель в области радиоэлектронного оборудования до 19 апреля 1945 года, когда после массированного бомбового удара союзников завод был полностью уничтожен. Возрождение началось с производства детских игрушек, но уже в 1946 году на заводе стали производить телефоны, а в 1947-м снова вернулись к радиоприёмни-

кам [3] (рис. 3). Ровно через 10 лет на рынок вышел знаменитый телевизионный приёмник Schauinsland VII. Его успех предзнаменовал начало второго расцвета радиотехнической фирмы SABA.

Ещё одна именитая компания тех лет – Hornophon, название которой связано с фамилией её основателя, господина Фридриха Хорни. В 1923 году он основал радиозавод, а в 1934 компания Philips купила компанию Horny, поскольку её владелец испытывал в тот момент финансовые трудности. Хорни продолжил руководить своей фабрикой, поэтому большинство клиентов и не ведало о смене владельца. Примерно в 1955 году Philips построила новую фабрику в Реннвеге, где на протяжении десятилетий производила радиоприёмники и телевизоры, в том числе для мирового рынка. На рис. 4 представлена радиоло завода Hornophon.

Известным австрийским производителем радиоприёмников была производственная компа-

ния Minerva из Вены. Её знали как «Wohleber Ges.m.b.H», и основана она была И. Траттнерхофом в 1919 году. В 1924 на её мощностях началось производство радиоприёмников под названием RADIOLA, а с 1925 года – AERIOLA, и это название закрепилось как вторая торговая марка. Окончательное название компании MINERVA было определено только в 1929 году. На рис. 5 и рис. 6 представлены одни из последних выпущенных на радиолампах моделей радиолы MINERVA.

К слову, в послевоенной Австрии было не меньше радиозаводов, чем в СССР: HEA, Ingelen, Minerva, Kapsch Hornophon, Radione, Philips, WSW (Siemens) и другие. В СССР, включая прибалтийские республики, в 1950 году функционировало несколько радиозаводов, выпускавших продукцию серийно, таких как Воронежский, Рижский, Барнаульский, Ленинградский, Бакинский, Александровский (Москва), Бердский заводы. Один из радиоприёмников,



Рис. 7. Радиоприёмник отечественного производства «Звезда-54»



Рис. 8. Радиоприёмник фирмы HEA модели 53



Рис. 9. Реклама магазина по продаже радиоприёмников в Хельсинки из журнала «Kotiliesi»

там производившихся, «Звезда-54», представлен на рис. 7.

Германия и Австрия традиционно считались в Европе странами с развитой радиотехнической промышленностью, и они снабжали весь Старый Свет не только радиолами, но и радиокомпонентами к ним [2]. На рис. 8 представлен радиоприёмник фирмы HEA модели 53.

Появление радио в Финляндии

Любопытные факты свидетельствуют о популярности радиосвязи и, в частности, радиоприёмников в Финляндии. В одном из номеров финского журнала «Kotiliesi» («Домашний очаг») за 1928 год, к примеру, можно обнаружить рекламу магазинов, реализующих радиоприёмники и радиолы фир-



Рис. 10. Радиоприёмник фирмы DUX

мы Phillips и других. Такие магазины с филиалами Ama-Lahti, Ama-Radio были во всех крупных городах Финляндии, начиная с городов Хельсинки и Выборга, ранее второго по величине города Финляндии, до относительно небольших, таких как Рованиemi, Куопио, Иматра и Лахти. Цена среднего радиоприёмника составляла 1500 финских марок, и ещё 500 брали за доставку – в случае её необходимости. Для сведения: в 2001 году 10 финских марок стоили 44 рубля. После реформы 1924 года простой советский радиоприёмник можно было купить за 1 рубль 20 копеек (при цене 1 кг белого хлеба 6 копеек). На рис. 9 и рис. 10 представлены иллюстрации из журнала Kotiliesi (авторский архив). Последняя иллюстрация свидетельствует о том, что финны сами выпускали радиоприёмники на небольшом заводе, но детали получали из Гер-



Рис. 11. Ламповый телерадиоприёмник фирмы Graetz KG

мании. В окрестностях города Лахти в 1927 году открыли передатчик для массового радиовещания на длинных волнах (ДВ). В антенном хозяйстве использовали профиль Т-образного типа: провод, натянутый между двумя отдельно стоящими башнями со стальным каркасом и изоляторами на высоте 150 метров над землей. Это оборудование совершенствовалось и эксплуатировалось вплоть до 1993 года, а теперь является частью местного музея радио и связи. Также в Финляндии по сей день широко развито радиолубительское движение.

«Саба», «Граец» и другие компании середины XX века

В Европе 60-е и 70-е годы XX века запомнили как волну расцвета полупроводниковой технологии, пришедшей на смену радиолампам, а так-



Рис. 12. КВ-радиостанция «РАФ-КВ-3»

же первых микросборок на основе полупроводников. Понятно, что мы говорим о продукции общего назначения, потому что в военной промышленности уже тогда применяли сверхпроводники. Тем не менее прогресс имел место: усилители тогда ещё аналоговых сигналов становились компактными по размерам, а в высших сферах в самом конце 60-х были доступны выпускавшиеся серийно радиотелефоны, базировавшиеся в автомобилях и действовавшие в формате трекинговой радиосвязи. В 1967 году «Саба» выпускает первые в Германии цветные телевизоры. Наряду с ними магнитофоны, радиоприёмники, электронные и аудиоусилители пользуются огромным спросом. Фирма открывает филиалы в Италии и Югославии. В 1981 году в серийное производство запускают видеоманитофоны. В середине 80-х годов XX века «Сабу» покупает французский концерн «Томсон» [2]. На этом история знаменитой торговой марки заканчивается.

В компании «Граец», начинавшей с производства керосиновых ламп, к началу Первой мировой войны работает уже 3000 человек, фирма становится всемирно известной. Завод «Граец» переходит на военные рельсы: изготавливает патроны, запалы и прочее. Число рабочих вырастает до 7000, среди них были и женщины. К концу войны в «Граец» наступает финансовый кризис, в результате чего под увольнение попадают почти 4,5 тысячи сотрудников. Экономические сложности удаётся преодолеть лишь к маю 1922 года. Фирма Ehrich & Graetz меняет название на «Graetz KG». Директорат возглавляет старый Макс Граец, пять его сыновей, а также принятый в компанию зять. Начальный капитал – 18 млн немецких марок. Курс марки стабилизируется. Завод начинает выпуск

радиоприёмников и компонентов для них. На рис. 12 представлен ламповый телерадиоприёмник фирмы Graetz KG.

Развитие отечественного радио

Радиолубительство быстро приняло массовый характер. Вышло постановление СНК РСФСР о развитии радио, названное «Законом о свободе эфира». Регенеративный приёмник «Кристалдин» появился благодаря любительским экспериментам Олега Владимировича Лосева, девятнадцатилетнего студента, которого за рубежом советской России уже тогда называли «профессором». Он обосновал замену угольного стержня металлической иглой, описал рецепты по обработке кристаллов и предложил несколько практических схем радиоприёмников. Олег Лосев считается автором методики быстрого определения активных точек на поверхности цинкита. На все апробированные технические решения (всего 7), начиная с «Детекторного приёмника-гетеродина», заявленного в декабре 1923 года, Лосев получал патенты. Электронных ламп не хватало, они были дороги, для накала и возбуждения требовался специальный источник электропитания с несколькими напряжениями, а простой электрический приёмник по схеме Лосева работал от трёх-четырёх батареек для карманного фонарика. Это ли был не триумф инженерной мысли в молодой советской республике? Показательным является и тот факт, что европейские научные журналы того времени называли кристалдин Лосева «сенсационным изобретением». Слово «кристалдин» впервые образовано в Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) из сочетания «кристалл + гетеродин». Эти исследования и работы открыли путь к совершенствованию передающих узлов и усилителей выходных каскадов ВЧ.

Устройство Лосева позволяло не только принимать радиосигналы на относительно больших расстояниях от передатчика, но и передавать их. Молодому исследователю с помощью «цинкитного детектора» удалось получить пятнадцатикратное усиление сигнала в высокоомных головных телефонах (наушниках) по сравнению с детекторным приёмником. К примеру, в Томске

слышали не только мощные нижегородские и московские радиопередатчики, но и радиостанции из Германии. Согласно брошюре «Кристалдин», с авторством Лосева создавали свои первые приёмники тысячи энтузиастов радиосвязи в СССР. Промышленность развивалась параллельно: кристалдины можно было приобрести в московском магазине по цене 1 руб. 20 коп. за штуку по ценам марта 1924 года после проведения денежной реформы.

Разведка и радиозащита

Золотой век радиовещания в Европе пришёлся на период 1930–1945 гг. Фирмы – производители РЭА в Европе получили огромные инвестиции на развитие и средства за военные заказы. В 1940 году в Германии появились подразделения и службы «функабвера» (нем. Funkabwehr – «радиозащита»), оснащённые радиопеленгаторами по последнему слову техники того времени.

Подразделения Funkabwehr относились к контрразведке. Это была основная организация по мониторингу незаконных трансляций в радиозфире. С развитием и повышением доступности радиовещания появились «руководства к действию», методики по определению источника радиопередачи из трёх точек, шифры для радиопередач, постоянно совершенствовались технические приёмы. В основном применяли метод «ключа», передавая сигналы с помощью азбуки Морзе. Большое значение для качественной радиосвязи имела мощность передатчика и антенное хозяйство. Специалисты были хорошо знакомы с тем, что существует обоснованная законами распространения электромагнитной индукции зависимость. Чем меньше длина волны, тем короче антенна. Современные сотовые телефоны обеспечивают связь в разных точках территории мира только благодаря тому, что повсюду установлены вышки сотовой связи – ретрансляторы сигнала с антеннами. Отсюда и образовалось понятие «сотовая связь»: каждая «сота» – это свой ретранслятор с усилителем сигнала. Если бы их не было, сотовый телефон был бы бесполезен для связи на расстоянии более 0,8–1 км. В предвоенное время использовали средние и короткие волны в разных диапазо-



Рис. 13. Простой приёмник германского производства для УКВ-диапазона

нах: такой выбор давал возможность передачи сообщений на дальние расстояния. Самый простой радиопередатчик, чтобы он мог распространять сигналы в черте городской застройки до следующего квартала, можно было изготовить на одной радиолампе – пентоде. Но кому была нужна такая малая дистанция связи, когда стояла задача передавать сообщения хотя бы на 200–300 км? Поэтому важна была не только мощность передатчика, но и продвинутые антенны. Для антенны выбирали возвышенное место вдали от города. Не только потому, что в городе разведчика можно быстрее поймать, но и по той причине, что в лесу удобнее вести дальнюю радиосвязь: меньше электромагнитных помех и есть возможность оборудования антенного хозяйства. А в городе – на крыше дома – это было бы сразу всем заметно и выдавало бы намерения разведчика.

В диапазоне КВ в качестве антенны использовали «диполь» или провод, натянутый горизонтально, с длиной, соответствующей $\frac{1}{4}$ длине волны. К примеру, для передачи сигнала на КВ на частоте 3800 кГц (1,8 МГц) нужна была антенна длиной примерно 20 метров, исходя из того, что обозначение в КВ-диапазоне 3,5 МГц – это длина полной радиоволны «80 метров». Разумеется, для прохождения радиоволн (особенно на дальних связях с учётом их «отражения» от верхних слоёв атмосферы) влияло и время суток, и солнечная активность, а также – отрицательным образом – осадки. Поэтому работа разведчика – радиооператора была вовсе не такой простой, как показано в фильмах.

На рис. 12 представлен вид КВ-радиостанции «РАФ-КВ-3» с дальностью передачи до 600 км на частоте

тах 2500–4000 кГц и до 1000 км – на 4000–6000 кГц.

Особенности производства РЭА до Второй мировой войны и после

Массовое радиовещание в Германии началось 28 октября 1923 года, когда в эфире прозвучало: «Внимание, говорит Берлин!» В Европе этот момент считается продолжающим революцию в радиовещании. Примерно в то же время первые народные передачи в эфире начались в США и Голландии, а за ними поднялись и другие страны: немецкие и австрийские заводы торговали своим радиотехническим оборудованием по всему миру и могли адаптировать выпускаемые ими устройства под пожелания заказчиков. Однако простые люди – обыватели со средним достатком в Европе и США – могли позволить себе лишь детекторные приёмники, устойчиво принимающие сигнал с длиной 30-метровой антенной типа «диполь». Состоятельные граждане могли позволить себе радиоприёмники с ламповыми усилителями сигнала, снабжёнными батареями электропитания. В те годы преобразователь переменного напряжения в постоянное (силовой электрический выпрямитель) в том виде, как сейчас, ещё не существовал.

Так в Европе появляются первые детекторные приёмники. Отцом немецкого массового радиовещания считают Ганса Бредова, почтового служащего, рискнувшего заняться созданием радиосети массового вещания. Бредов убеждал правящие круги в необходимости снабдить сограждан не только радиоприёмниками, но и передатчиками. Правительство Веймарской республики



Рис. 14. Простой приёмник германского производства для УКВ-диапазона. Вид со стороны задней стенки

не поддерживало столь радикальные идеи развития и ограничилось разрешением на серийный выпуск радиоприёмников на относительно узком участке диапазона СВ. Причём с владельцев радиоприёмников в казну взималась плата – налог. Европейские политики скептически смотрели на радиовещание, а некоторые пытались найти в нём инструмент влияния на массы. Неудивительно, что в Германии 1933–1940 годов, как и ранее при Веймарской республике, радиопередачи были под контролем государства. Между тем в СССР первое время было иначе: увлечение радиолюбителей никто не ограничивал. В период между 1925 и 1940 годами у СССР был хороший шанс развить радиоиндустрию и вывести её на новый уровень, опередив в этом направлении наиболее развитые технические державы континента, однако в полной мере этого прорыва в СССР не случилось.

Позднее министр пропаганды Геббельс активно призывал к производству в Германии народного радио, кухонной радиоточки, которую народ быстро окрестил «Рылом Геббельса». «Рыло» было самым доступным, очень дешёвым приёмником и называлось «VE30.1 – VolksErmfaenger», где «30.1» напоминало в названии модели дату 30 января 1933 года – день, когда к власти в стране пришёл Адольф Гитлер. В соответствии с техническими характеристиками и диапазоном настройки радиоволн радиоприёмник VE30.1 заграничного вещания не принимал, поскольку был ориентирован только на местные частоты, то есть на геббельсовскую пропаганду. В Германии тех лет не только не поощрялось, но было фактически под запретом прослуши-



Рис. 15. Оборудование фирмы Motorola для радиотелефонной связи в легковом автомобиле



Рис. 16. Радиофон Куприяновича ЛК-1

вание иностранных станций, особенно английской BBC. За распространение информации от BBC могли приговорить к казни, и такие случаи в Германии в 1936–1939 годах были.

Последняя радиостанция Третьего рейха «Фленсбург» прекратила вещание 13 мая 1945 года, и союзники взяли немецкое радио под свой контроль. Представители коалиции решили, что германское вещание не будет централизованным, и выбрали систему организации радиовещания по аналогии с действующей в BBC. В Германии появились восемь массовых радиостанций с названиями: NWDR, BR, HR, SDR, RB, SWF, RIAC и SR.

Эти станции в первую очередь старались вернуть немцам то, чего те многие годы были лишены: мировую культуру в отсутствие цензуры. Поэтому в сетке вещания было много развлекательных передач, а о политическом процессе в Нюрнберге в 1946 году вещали лишь несколько раз в день. В 1949 году все эти радиостанции безвозмездно передали Гер-

мании, и Фултонскую речь Черчилля немцы слушали в трансляциях уже своих радиопередающих мощностей.

Разумеется, во время правления Гитлера фирма Граеца перешла на военные заказы. В те годы на заводе работало в среднем около 4000 человек. После поражения Германии во Второй мировой войне значительная часть радиооборудования была вывезена в СССР, и предприятию не оставалось ничего иного, как приступить к производству кастрюль, сковородок и ночных горшков. Так, в 1946 году в компании постоянно трудилось примерно 300 человек.

В феврале 1949 года завод был национализирован и стал называться «VEB Graetz» со штаб-квартирой в Лейпциге. В том же году в ФРГ под именем «Graetz» приступают к выпуску радиоприёмников, а уже в начале 50-х годов уверенно выходят на германский рынок. Приёмники и телевизоры находят своих покупателей. Расцвет фирмы приходится на конец пятидесятых годов XX века. Компания имела примерно 7 тысяч рабочих мест в 13 заводах компании, создающей известные на весь мир радиоприёмники, музыкальные центры и телевизоры. В 1960 году фирму «Граец» покупает фирма SEL (Standart Elektronik Lorenz), принадлежащая американскому концерну ITT (International Telephone and Telegraph Company). Но даже после этого фирменная марка на много лет сохраняется как визитная карточка компании, представляющей продукцию высокого качества, вплоть до поры, когда марка сменяется на «Ингелен» (Ingelen) [3].

Последние аппараты Граеца выпускались на заводе г. Бохум в начале 1980-х. Это высококачественные музыкальные центры Graetz HMC 400, которые обладали отличным звучанием и стали образцом качества и надёжности.

Революция ультракоротких волн в 1950-х

До середины XX века в радиэфире европейских стран радиовещание в основном велось на средних волнах (СВ). По коалиционному соглашению 1948 года в Копенгагене диапазоны вещания европейских станций были пересмотрены, а в 1950 году новые стандарты вступили в силу. Так получилось, что Германии достались не

самые стабильные участки диапазона СВ. Тогда немецкие радиоинженеры стали активно экспериментировать с ультракороткими волнами (УКВ). Этот диапазон по дальности не столь результативен по сравнению с СВ, но по качеству передачи аналогового звука оказался крайне хорош: АЧХ была вне конкуренции. Простой приёмник германского производства для УКВ-диапазона (тогда для массового радиовещания он был расширенным: от 55 до 150 МГц) представлен на рис. 13 и рис. 14 (вид сзади).

УКВ-приёмник имеет только шнур питания, но не имеет гнезда для подключения антенны, поскольку она встроена, в форме петли, проложенной внутри корпуса приёмника по периметру, но с возможностью подключения внешней антенны типа «простой диполь».

Уместно отметить высокое качество облицовки корпуса (внешний вид) и качество исполнения. Материалы для корпуса тогда применялись не только из слоёного (пресованного) дерева, как в 70-х и 80-х годах XX века, но и цельные деревянные заготовки. Их полировке и оригинальным дизайнерским решениям уделяли в 1940-х, 1950-х годах много внимания. Это справедливо как для германско-австрийского рынка радиоприёмников и радиол, так и для советского (рис. 7).

Работа на УКВ радиолобителями велась и ранее, но о массовости никто не задумывался. Скорее это были эксперименты и самодельные проекты энтузиастов, однако, поскольку не было высокого спроса, подобные РЭА не выпускались серийно. Первые УКВ-радиоприёмники появились в Германии в середине 50-х годов. В СССР в серийном исполнении – на 12–15 лет позже. Первые модели были весьма дорогими, но постепенно ценообразование становилось более лояльным, а приёмники – доступными массовому потребителю. Так, начиная с Европы, в мире начался новый бум популярности радиосвязи на ультракоротких волнах.

Интересно, что первые радиотелефоны на УКВ появились в США в 1949 году. На рис. 16 представлена иллюстрация оборудования фирмы Motorola для радиотелефонной связи в легковом автомобиле. В СССР первый радиофон (радиотелефон) ЛК-1 был представлен Леонидом Ивановичем

чем Куприяновичем в 1957 году как «устройство вызова и коммутации каналов радиотелефонной связи». ЛК-1 назван по имени и фамилии автора. Внешний вид представлен на рис. 16.

Перспективы радиовещания в наше время

В Европе – в той же Германии и Австрии нашего времени – абонентская плата за радио- и телепрограммы входит в квитанции аналогично платам за услуги ЖКХ. В России такая практика в крупных городах тоже есть, например, плата за проводную радиоточку и коллективную телевизионную антенну. От этих платежей, если постараться, можно отказаться, в то время как в Германии и Австрии налог на радио- и телеэфир существует для любых домохозяйств в частном секторе, независимо от того, есть ли у них антенное хозяйство и желание им пользоваться.

Во второй половине XX века заводы в Германии и Австрии, специализирующиеся на серийном производстве РЭА, по количеству и качеству оборудования опережали советские. Их продукция была конкурентной

на всех континентах: и в Старом, и в Новом Свете. Однако с переходом на упрощённые технологии единые маркетинговые стандарты ISO и с экспансией – для повышения рентабельности – производств в КНР, качество продукции европейских радиозаводов ухудшилось.

Сегодня, как и прежде, развитие производств с высоким контролем качества предполагает приток инвестиций и внедрение новых технологий. Именно за них идёт конкурентная борьба. С учётом того, что почти повсеместно и в Европе, и в России потребители используют оборудование, произведённое в КНР, зачастую невысокого качества, о былых временах надёжной РЭА во многих случаях остаётся только мечтать. Надёжное оборудование в сегменте РЭА производится, но по специальным программам и в ограниченном количестве. Небольшие европейские заводы и производственные мощности справляются с этим с переменным успехом, но всё же лучше, чем в России, где вся элементная база, кроме небольшой части стратегического значения, так или иначе имеет китайское происхождение.

В последней четверти XX века радио и электроника почти слились в единую производственную сферу. Не зря мы называем современные устройства «радиоэлектронной аппаратурой» – РЭА. Там, где есть электрический сигнал (в любой форме), актуален и вопрос о его передаче на расстояние, в том числе беспроводным способом. Наши журналы регулярно знакомят специалистов с инновациями в этой сфере, вплоть до разработок радиосвязи под землёй и в космосе.

Литература

1. *Кашкаров А.П.* Прообраз Интернета: история средств распространения информации // Современная электроника. 2024. № 2. URL: https://www.cta.ru/articles/soel/2024/2024-2/178210/?sphrase_id=512659.
2. Старинные ламповые радиоприёмники времён СССР. URL: <https://yablor.ru/blogs/starinnie-lampovie-radiopriemniki-v/6581625>.
3. Ion Von Donn. САБА. URL: <https://proza.ru/2012/09/19/1604>.



НОВОСТИ МИРА

Индия становится новой полупроводниковой державой

Индия намерена стать одним из основных игроков на рынке производства полупроводников. Как пишет CNBC, первые микросхемы должны сойти с конвейера в этой стране не позднее 2027 г., то есть в течение ближайших двух лет.

Без участия США в этом плане не обошлось. Новый Свет уже давно разглядел в Индии перспективную страну для ИТ-сферы: например, местные заводы на протяжении последних нескольких лет массово выпускают различную технику Apple. Правда, на них иногда случаются погромы и пожары, но производство продолжает развиваться. Впрочем, качеством работы индусов Apple недовольна: брака на её индийских заводах, как сообщал CNews, предостаточно.

Интерес к выпуску микросхем на территории Индии проявили AMD, Nvidia и Micron – крупнейшие компании в своих отраслях. Как сообщил CNBC министр торговли Индии Пиюш Гоял (Piyush Goyal), Индия уже привлекла инвестиции этих компаний, но их размер не сообщается.

Гоял тоже упомянул Apple, сообщив, что уже до 14% всей её техники собирают ин-

дийские фабрики. По его словам, компания создала в стране около 150 тыс. рабочих мест.

По словам Гояла, Индии бы очень пригодился опыт тайваньской компании TSMC – крупнейшего в мире контрактного производителя полупроводников с более чем 50-процентной долей глобального рынка. Но едва ли она станет делиться знаниями с потенциальным конкурентом.

Гоял подчеркнул, что и без помощи TSMC Индия вполне справится с этой «сложной задачей». Он отметил, что Индия «располагает талантами и навыками». Если точнее, такие навыки есть у индийцев, которые в большом количестве трудятся в американских ИТ-компаниях в Кремниевой долине, отметил министр.

Стоит подчеркнуть, что AMD и Nvidia имеют колоссальный опыт в разработке чипов – AMD с огромным успехом подминает под себя рынок x86-процессоров и попутно конкурирует с Nvidia в сегменте графических ускорителей, где последняя является непревзойдённым лидером. Но ни AMD, ни Nvidia не выпускают свою продукцию – вместо них это делает упомянутая TSMC.

В своём интервью CNBC Гоял отдельно упомянул Китай, подчеркнув, что техноло-

гически Индия никак не зависит от него. По его словам, опыт и знания Индии в ИТ-сфере лучше в сравнении с КНР.

Эти слова с лёгкостью можно подвергнуть сомнению. К моменту выхода материала в мире не существовало ни одного индийского процессора, тогда как Китай на собственных мощностях выпускает чипы на архитектурах ARM и x86. Также КНР активно осваивает RISC-V и даже разрабатывает отдельную версию этой архитектуры под названием RISC-X. Более того, в стране есть компания Loongson, которая создает собственную архитектуру LoongArch и процессоры на её основе.

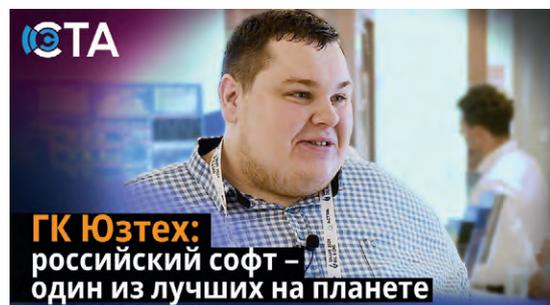
Что касается производства микросхем, то в Китае есть множество мелких компаний и настоящий гигант – SMIC. В его активе есть техпроцессы вплоть до 5 нм, который по меркам 2024 г. является одним из самых совместимых.

Гоял не стал уточнять, на какие техпроцессы рассчитывают Nvidia, Micron и AMD, инвестируя в индийское полупроводниковое производство. Но вероятность того, что Индия моментально догонит SMIC с её 5 нм и тем более TSMC, которая вплотную подошла к 2 нм, высокой пока что не кажется.

industry-hunter.com



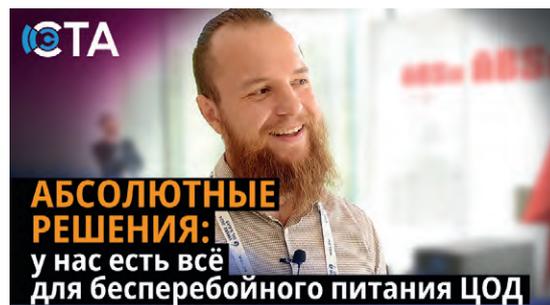
Смотрите новый ролик и его расшифровку – интервью с Андреем Подлесным – исполнительным директором «МПС софт».



Смотрите новый ролик и его расшифровку – интервью с Аркадием Ланцбергом – заместителем коммерческого директора ГК Юзтех



Смотрите новый ролик и его расшифровку – интервью с Константином Замковым – системным архитектором компании OpenYard



Смотрите новый ролик и его расшифровку – интервью с Михаилом Богачуком – коммерческим директором компании «Абсолютные решения»





Медиапортал СЭТА

Современная Электроника и Технологии Автоматизации

ТОВАРИЩ!
БИЗНЕС РОСТ ЗАМЕДЛИЛ?

РАНО ВПАДАТЬ В СТУПОР!

НУЖНО КРИЧАТЬ О СЕБЕ НЕМЕДЛЯ,

А МЫ

ОБЕСПЕЧИМ РУПОР!



Журналы

Два наших журнала уважают в отрасли. Ваши статьи и рекламу в них увидят все наши читатели



Видеоканалы

YouTube, RuTube VK – предоставляют вам возможность интересно рассказать о себе



Медиапортал

Это ваши новости и статьи, оперативно доставленные по адресу



Конференции

На наших конференциях ПТА вы заведёте новые контакты и расскажете о себе специалистам



Дизайн-студия

Дизайнеры и верстальщики сделают для вас эффективную рекламу, баннер, ролик



СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

Издательство «СЭТА-ПРЕСС» +7 (968) 567-30-06 / shop@cta.ru / www.cta.ru

Приглашаем вас к сотрудничеству!