



ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ-2016

**VI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**(микроэлектроника и оплотехника,
информационные технологии и
оборудование в промышленности,
управление инновациями)**

24 – 25 ноября 2016 г. Смоленск

СБОРНИК ТРУДОВ ТОМ 2

СЕКЦИИ 4,5



ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ-2016

***VI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ***

**(микроэлектроника и оплотехника, инновационные технологии и
оборудование в промышленности, управление инновациями)**

24 – 25 ноября 2016 г. Смоленск

СБОРНИК ТРУДОВ

ТОМ 2

СЕКЦИИ 4,5



СМОЛЕНСК 2016

УДК 533.1:536.2:620.9+621.31;
532.5+378.147

Э 65

Р е ц е н з е н т ы :

Доктор технических наук, доцент Якименко И.В.
Кандидат технических наук, доцент Беляков М.В.
Кандидат технических наук, доцент Синявский Ю.В.

ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ-2016 – ЭИИ-2016. В 3 томах –
Смоленск: Универсум, 2016.
ISBN 978-5-91412-320-5
Том 2. Секции 4,5. – 302 с.: ил.

В сборнике публикуются труды участников Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации – 2016», состоявшейся 24-25 ноября 2016 г. в филиале ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, в которых изложены результаты оригинальных научно-технических работ в области микроэлектроники, оптотехники, инновационных технологий и оборудования в промышленности, управления инновациями.

Издание предназначено для научных работников и преподавателей вузов, магистров и аспирантов, осуществляющих исследования в указанных областях.

Сохранена авторская редакция.

ISBN 978-5-91412-320-5

© Авторы
© филиал МЭИ в г. Смоленске, 2016

СЕКЦИЯ 4 МИКРОЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОТЕХНИКА

*И.Э. Алексанян, к.т.н.; А.А. Волков
(ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск)*

ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТКАНЕЙ И КЛЕТОК ОРГАНИЗМА

В условиях всё более широкого применения электрической энергии в быту и на производстве, технического перевооружения всех отраслей промышленности особое значение в системе мероприятий по охране труда приобретают проблемы обеспечения электробезопасности. Теоретически под электробезопасностью понимают отсутствие опасности, условия, при которых опасность поражения электрическим током человеку не угрожает. Реальное понятие электробезопасности весьма относительно.

Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что:

- во-первых, ток не имеет внешних признаков и, как правило, человек без специальных приборов не может заблаговременно обнаружить грозящую ему опасность;
- во-вторых, воздействия тока на человека в большинстве случаев приводит к серьезным нарушениям наиболее важных жизнедеятельных систем, таких как центральная нервная, сердечно-сосудистая и дыхательная, что увеличивает тяжесть поражения;
- в-третьих, переменный ток способен вызвать интенсивные судороги мышц, приводящие к не отпускающему эффекту, при котором человек самостоятельно не может освободиться от воздействия тока;
- в-четвертых, воздействие тока вызывает у человека резкую реакцию отдергивания, а в ряде случаев и потерю сознания, что при работе на высоте может привести к травмированию в результате падения.[1]

Электрический ток, проходя через тело человека, может оказывать биологическое, тепловое, механическое и химическое действия. Биологическое действие заключается в способности электрического тока раздражать и возбуждать живые ткани организма, тепловое – в способности вызывать ожоги тела, механическое – приводить к разрыву тканей, а химическое – к электролизу крови.

Анализ статистики электротравм на производстве показывает, что попадание людей под напряжение происходит по следующим причинам: прикосновение к открытым токоведущим частям, находящимся под напряжением – 56%; прикосновение к металлическим частям оборудования,

оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции – 22%; прикосновение к неметаллическим предметам и частям оборудования, оказавшимся под напряжением (прикосновение к токоведущим частям, покрытым изоляцией, потерявшей свои изоляционные свойства); касание токоведущих частей предметами с низким сопротивлением – 17%; соприкосновение с полом, стенами и конструктивными деталями помещений, оказавшимися под напряжением вследствие повреждения изоляции, поражение напряжением шага – 3% и поражение через электрическую дугу – 2%. [3]

Рассмотрим электрические свойства тканей и клеток организма. Ткани представляют собой сложную суспензию белков в жидкости. Организм существенно отличается от большинства технологических систем. При прохождении слабых токов тело ведёт себя более или менее аналогично цепи, состоящей из пассивных элементов, применяемых в электротехнике – сопротивлений, ёмкостей, а также электролитов. Фактически при нормальной жизнедеятельности организма, представляющего собой электролит особого типа с большим числом разрывов непрерывности в виде различных мембран, между разными участками тела возникают разности потенциалов. Когда же через тело протекают токи заметной величины, то активная реакция тканей оказывается довольно сложной, а когда сила тока достигает достаточно больших значений, может наступить шок или смерть.

Простейшими элементами всех электрических цепей являются сопротивления, ёмкости и индуктивности. Если через ткань проходит постоянный ток, то она ведёт себя подобно сопротивлению. В этом случае подходящей моделью биологического субстрата служит электролит или суспензия электролита одного типа в другом. При этом существуют свои законы электропроводности электролитов.

Пусть между двумя электродами в электролите существует поле с напряжённостью E . На каждый заряд q в растворе действует сила $F=qE$, заставляющая этот заряд двигаться вдоль силовых линий поля. В реальных условиях опыта заряженные частицы ускоряются до некоторой конечной скорости в течение долей микросекунд, а затем перемещаются с постоянной скоростью. Эта постоянная скорость ионов в растворе пропорциональна силе F , т. е. равна произведению F на некоторую величину u , называемую подвижностью ионов и определяемую как значение скорости, приобретаемой ионом в данном растворе под действием единичной силы. [2]

Плотность тока, проходящего через электролит i (т. е. сила тока через единицу поперечного сечения), равна общему заряду ионов в единице объёма Nq , умноженному на их скорость,

$$i = NqEu. \quad (1)$$

В обычных условиях общее число положительных и отрицательных зарядов равно удвоенному числу диссоциированных атомов. Анион и катион характеризуются различными подвижностями — u^- и u^+ соответственно. Обозначив число диссоциированных молекул в растворе концентрации C через $\mathcal{N}$, получим для плотности тока выражение

$$i = q \cdot \delta \cdot CE(u_- + u_+). \quad (2)$$

Электропроводность раствора определяется как отношение средней силы тока к разности потенциалов; разность потенциалов V связана с напряжённостью поля соотношением

$$E = \frac{V}{d},$$

где d —расстояние между электродами. В таком случае электропроводность ячейки с сечением 1 см^2 выражается следующим образом:

$$\frac{1}{R} = \frac{q \cdot \delta \cdot C}{d} (u_- + u_+). \quad (3)$$

Удельная электропроводность χ раствора в ячейке по определению равна электропроводности, рассчитанной на единицу площади поперечного сечения ячейки в направлении, перпендикулярном к току, и на единицу расстояния между электродами. Таким образом:

$$\chi = q \cdot \delta \cdot C(u_- + u_+). \quad (4)$$

Рассмотрим клетки и ткани как проводники. Клеточная мембрана оказывается худшим проводником, чем раствор внутри и вне клетки. Поэтому в случае единичной клетки, взвешенной в электролите и находящейся между двумя электродами, плотность тока в растворе, окружающем клетку, очень велика, а через саму клетку проходит лишь очень слабый ток.

Изучение поведения группы таких клеток, взвешенных в проводящей среде, показывает аналогию с рассмотренным впервые Максвеллом случаем взвеси проводящих сфер в проводящей среде. Уравнение Максвелла для систем такого типа имеет следующий вид:

$$\frac{\frac{\rho_1}{\rho} - 4}{\frac{\rho_1}{\rho} + 2} = \Phi \cdot \frac{\frac{\rho_1}{\rho} - 1}{\frac{\rho_1}{\rho} + 2}, \quad (5)$$

где ρ —удельное сопротивление раствора;

ρ_1 —удельное сопротивление проводящей среды;

ρ_2 —удельное сопротивление суспендированного вещества;

Φ —относительный объем, занятый сферическими частицами.

Уравнение 5 написано для сферических частиц, суспендированных в данной среде; если частицы имеют иную форму, то следует ввести в него фактор формы. Это приводит к обобщённому выражению, которое может быть использовано для выражения удельного сопротивления суспензии проводящих эллипсоидов:

$$\frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho}}{f + \frac{\rho_1}{\rho}} = \Phi \cdot \frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}}{f + \frac{\rho_1}{\rho_2}}, \quad (6)$$

или

$$\rho = \rho_1 \frac{(1 - \Phi)\rho_1 + (f + \Phi)\rho_2}{(1 - f\Phi)\rho_1 + f(1 - \Phi)\rho_2}. \quad (7)$$

Теперь можем сделать следующий шаг, отметив при этом, что живая клетка не гомогенна, а состоит из относительно плохо проводящей оболочки, окружающей некоторый объем раствора электролита с низким сопротивлением. Если удельное сопротивление цитоплазмы обозначить ρ_2^* , сопротивление мембраны на единицу поверхности r_3 ($\text{Ом} \cdot \text{см}^2$) и радиус клетки a , то величину ρ_2 в уравнении можно заменить выражением следующего вида;

$$\rho_2 = \rho_2^* + \frac{r_3}{a}. \quad (8)$$

Таким образом, общее выражение для удельного сопротивления суспензии клеток принимает вид:

$$\rho = \rho_1 \frac{(1 - \Phi)\rho_{1+}(f + \Phi)\left(\rho_2^* + \frac{r_3}{a}\right)}{(1 - f\Phi)\rho_1 + f(1 - \Phi)\left(\rho_1^* + \frac{r_3}{a}\right)}. \quad (9)$$

Используя это уравнение, было показано, что если удельное сопротивление цитоплазмы сферических клеток равно $100 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, поверхностное сопротивление мембраны – $1000 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ и радиус клетки – 10^{-3} см , то удельное сопротивление такой клетки равно $1,0001 \cdot 10^6 \text{ ом} \cdot \text{см}$ (уравнение 8). Суспензия, состоящая из равных объёмов таких клеток и раствора электролита с удельным сопротивлением $100 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, имела бы удельное сопротивление, равное $249,93 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. При помощи уравнения 8 можно также показать, что если бы удельное сопротивление клеток было бесконечно велико (т. е. если бы клетки были непроводящими), то удельное сопротивление суспензии было бы равно $250 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Таким образом, лишь очень небольшая доля тока через суспензию проходит через клетку. Эта теория электрического сопротивления суспензий позволяет с некоторой точностью предсказать удельное сопротивление тканей, так как последние можно рассматривать как суспензии клеток во внеклеточной жидкости. Эту систему легко проанализировать, предположив, что клеточное содержимое представляет собой проводник. Из закона Ома следует, что если V_e – напряжение в некоторой точке наружной поверхности клетки, x – расстояние, отсчитываемое вдоль поверхности клетки, и r_e — сопротивление слоя электролита на наружной поверхности клетки, рассчитанное на единицу длины, то будет:

$$\frac{\partial V_0}{\partial x} = -I_0 \cdot r_0 \quad (10)$$

и аналогично

$$\frac{\partial V_1}{\partial x} = -I_1 \cdot r_1, \quad (11)$$

где V_1 – напряжение на внутренней поверхности;

r_1 – сопротивление цитоплазмы, рассчитанное на единицу длины.

Далее, очевидно, изменение тока, проходящего по внешней цепи, так же как и изменение тока через цитоплазму, обусловлено утечкой через мембрану, т. е. равно прошедшему сквозь неё току. Таким образом, следует:

$$\frac{\partial V_0}{\partial x} = \frac{\partial I_1}{\partial x} = I_m, \quad (12)$$

где I_m – ток через клеточную мембрану, рассчитанный на единицу длины.

Формула (12) была использована для вычисления сопротивления цитоплазмы, наружного слоя электролита и мембраны изолированного нервного волокна. Для того чтобы осуществить это, была использована величина, называемая характеристической длиной волокна λ и определяемой соотношением

$$\lambda = \sqrt{\frac{r_m}{r_1 + r_0}}, \quad (13)$$

где r_m – сопротивление мембраны в радиальном направлении (между внутренней и внешней сторонами), рассчитанное на единицу длины волокна и измеряемое в тех же единицах, что и удельное сопротивление ($\text{Ом} \cdot \text{см}$).

Уравнение для сопротивления R клетки имеет следующий вид:

$$R = \frac{r_0 r_1}{r_0 + r_1} s + \frac{2r_0^2 \lambda}{(r_0 + r_1) \left(K + \text{ctg} \frac{s}{2\lambda} \right)}, \quad (14)$$

где s – расстояние между электродами;

K – постоянная, зависящая от длины применяемых электродов.

Если длина электрода очень мала, то $K = 1$, но для очень длинных электродов $K = \sqrt{(r_0 + r_1)/r_1}$.

Пользуясь этой теорией, можно измерив сопротивление волокна при различных значениях s , определить λ . Затем из уравнения (13) можно найти величины r_m , r_1 и r_0 . Зная r_m , можно вычислить и сопротивление мембраны, рассчитанное на 1 см^2 $R_m = 2\pi a r_m \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$, где a – радиус волокна.

В общем удельное сопротивление цитоплазмы клеток меняется от 30 до 3000 $\text{Ом} \cdot \text{см}$. Сопротивление мембраны, рассчитанное на единицу площади R_m , меняется от 100 до 100000 $\text{Ом} \cdot \text{см}^2$ и для большинства клеток лежит в интервале от 1000 до 10000 $\text{Ом} \cdot \text{см}^2$.

На основании теории объёмных проводников можно ожидать, что картина линий тока в теле подобна аналогичным картинам в любом большом проводнике и наибольшие плотности тока имеют место в точках, близких к месту контакта. Центральная нервная система очень чувствительна к действию электрического тока. Поэтому расстояние от головного и спинного мозга до электродов будет определять тяжесть вызванных током поражений.

Задача повышения эффективности производства требует повышения уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадёжного электрооборудования. Главной задачей в системах электрификации промышленных предприятий в настоящее время и в ближайшем будущем является создание рациональных систем, повышение надёжности устройств, что неразрывно связано с применением эффективных и надёжных средств защиты.

Литература

1. Комбинированное устройство защиты электроустановок сельскохозяйственного назначения: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02 / Алексанян Ирина Эдуардовна; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина], 166 с. ил.
2. Маркарянц Л.М. Теоретический анализ системы человек-электроустановка-среда. Пути снижения травматизма в АПК России. Сб. науч. трудов. - Спб., 1998.-с.174-177.
3. Безик В.А., Л.М. Маркарянц Повышение эффективности защит обслуживающего персонала и электрооборудования путём применения комбинированных устройств защиты. – Брянск, Изд-во Брянской ГСХА, 2012. – 160с.

*И.Э. Алексанян, к.т.н., И.С. Шарыпов
(ВА ВПВО ВС РФ, г.Смоленск)*

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ В РАСПРЕДЕСЕТЯХ 0,4 кВ РОСЛАВЛЬСКОГО РЭС ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СИП

Электрические сети в Смоленской области эксплуатирует филиал ПАО Смоленскэнерго «МРСК Центра» (Межрегиональная Распределительная Сетевая Компания), которой 1 октября 2013 года присвоен статус гарантирующего поставщика электрической энергии на всей территории области.

Рославльские РЭС созданы в сентябре 2010 года путём слияния трёх РЭС – Екимовичского РЭС, Рославльского РЭС городской зоны обслуживания и Рославльского РЭС сельской зоны обслуживания. Объединённый Рославльский РЭС занимается эксплуатацией и обслуживанием электрических сетей напряжением 10-6/0,4 кВ, расположенных в пределах Рославльского административного района.

На воздушных линиях электропередач распределительных сетей в России уже долгое время традиционно применяются неизолированные ("голые") провода марок А и АС. Для этого класса напряжения существуют защищенные провода – СИП (самонесущий изолированный провод), выполненные по современной технологии. Такие линии с защищёнными проводами в процессе эксплуатации становятся практически необслуживаемыми, тем самым, повышается безопасность распределительных сетей [1].

В России в 2006 году нормативно закреплено применение провода СИП в распределительно-сетевом комплексе РФ. В данное время по территории г. Рославля и Рославльского района проводятся капитальные ремонты ВЛ–10-6/0,4 кВ. Наряду с заменами железобетонных опор производится 100%-ная замена проводов ВЛ всех видов напряжений, как на ремонтируемых линиях, так и на вновь строящихся. Уже целые районы города получают электроснабжение по более безопасной и инновационной технологии. Заменяются провода как на высоковольтных линиях от подстанций, так и в распределительной сети 0,4 кВ, что очень важно для таких городов как Рославль, подавляющая часть которого – частный сектор, а, следовательно, требования к безопасности повышенные. На территории города проводами СИП-2 укомплектованы все ВЛ, находящиеся в местах массового скопления

людей: городские парки, рынки, территории детских садов и школ. В данное время, при неблагоприятных погодных условиях, потребители, получающие энергоснабжение по ВЛИ не испытывают проблем с электрообеспечением.

Сети 10-6/0,4 кВ в существенной мере определяют бесперебойность электроснабжения основной массы потребителей. Статистика отказов ВЛ-0,4 кВ получена на основе анализа более 500 линий электропередачи питающих потребителей в г. Рославле.

Таблица 1 – Характеристика отключений ВЛ-0,4 кВ по Рославльскому РЭС (городская зона обслуживания)

Причина аварийного отключения ВЛ-0,4 кВ	Число зарегистрированных отключений по годам			
	2014-ый год		2015-ый год (январь-ноябрь)	
	всего	из них ВЛИ	всего	из них ВЛИ
Пробой и перекрытие изоляторов на ВЛ	-	-	0	0
Движение транспорта под ВЛ	9	0	3	0
Повреждение опор (в т.ч. дорожные происшествия)	7	1	3	0
Земляные работы	-	-	-	-
Отказы кабельных вставок	1	1	1	0
Вандализм			-	-
Обрывы, схлестывание проводов (в т.ч. ветер, падение деревьев, сход снега и тд.)	47	0	34	0
Несанкционированные работы	9	1	4	0
Всего	40	1	27	0

Количество аварийных отключений ВЛ-0,4 кВ в 2015 годы снизилось, по сравнению с 2014 годом. Исходя из официальных данных, можно с уверенностью сказать, что воздушная линия, выполненная неизолированным проводом, значительно уступает в надежности ВЛИ. Как видно из таблицы, аварийных отключений ВЛИ-0,4 кВ, связанных с обрывами, схлестываниями проводов, с неблагоприятными погодными условиями зарегистрировано не было. С учётом того, что далеко не везде в городской черте произведён монтаж проводов СИП, можно сказать, что надёжность электроснабжения потребителей в г. Рославле идёт по восходящей.

Надёжность и эксплуатационная привлекательность СИП складывается из условий, показанных на рисунке 1.

Для "голых" проводов грозовые перенапряжения не так страшны, ведь основание дуги со стороны провода не стоит на месте, постоянно перемещаясь по проводу. При попадании молнии в фазный провод (здесь можно говорить и о попадании молнии в землю рядом с ВЛ с последующим обратным перекрытием на провод, таких случаев большинство, и о попадании разряда в опору, такие

случаи единичны) грозовая волна начинает движение вдоль линии. На ближайшей опоре происходит импульсное перекрытие на заземленную часть опоры. Иная картина наблюдается при прохождении грозового импульса по ВЛ, выполненной СИП. После первого пробоя на заземленную часть опоры дугу, в отличие от случая с неизолированным проводом, не смещает вдоль провода. Она горит из одной точки и при достаточно большой энергии разряда, в конечном счете, пережигает провод. Таким образом, отказавшись от грозозащиты ВЛИ и ВЛЗ, мы сводим к минимуму все те преимущества СИП, о которых говорилось выше. Конечно это требует дополнительных затрат, но они необходимы [3].

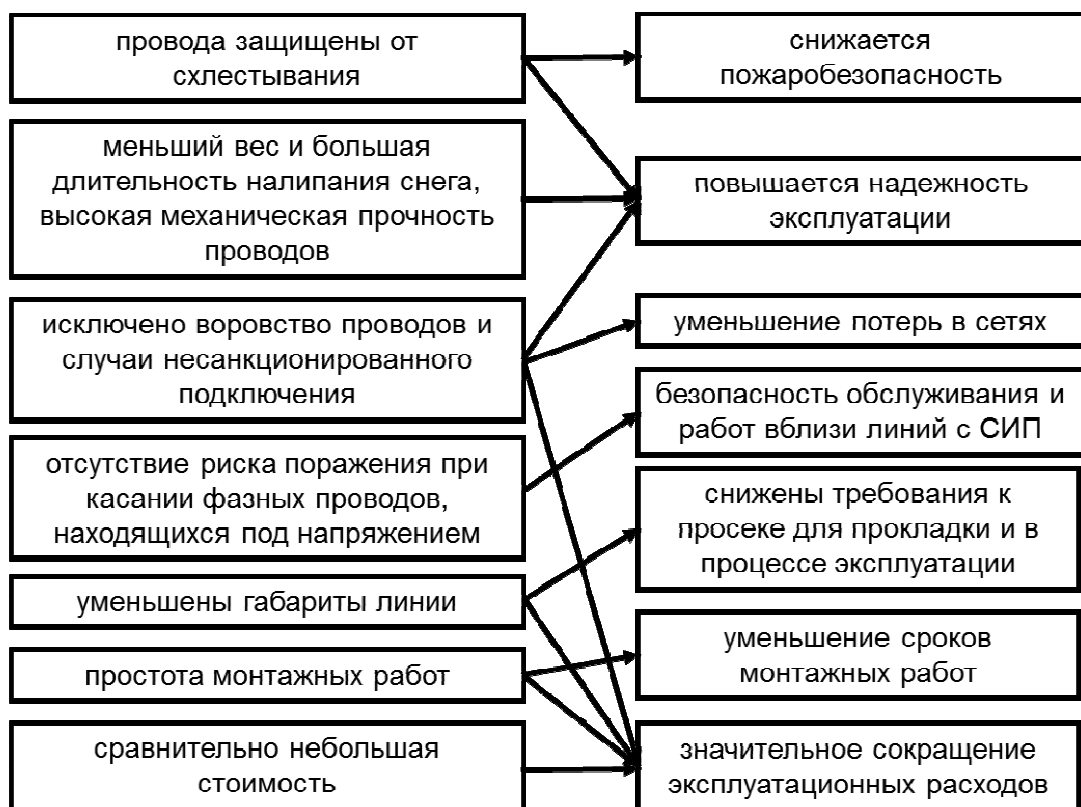


Рисунок 1 – Достоинства СИП

С момента начала эксплуатации разработаны множество различных способов защиты СИП от грозовых перенапряжений.

Существуют различные способы защиты от грозовых перенапряжений. Один из них разработан петербургскими инженерами. Сама идея разработки проста: необходимо заставить пробой протекать по определённой площади поверхности. Тем самым грозовой разряд будет растягиваться, что в свою очередь не позволит ему превратиться в дугу. Систему внедрили пока только в качестве опытного образца. За несколько лет эксплуатации аварийные ситуации не фиксировались.

Ещё одно решение — это установка дуговых зажимов на изолированный провод. В месте крепления провода к изолятору изоляция СИП удаляется в обе стороны от изолятора и на границах удаленной изоляции устанавливается

усиленная арматура — дуговые зажимы. Провод из изолированного становится неизолированным. Волна перенапряжения, дойдя до открытого участка, зажигает дугу на заземленную часть опоры. Дуга перемещается по проводу и гаснет либо на дуговых зажимах, либо не дойдя до них. Простая конструкция, позволяющая решать проблемы грозозащиты на уровне защитных искровых промежутков. Однако, при выборе данного способа защиты возникает противоречие: для чего мы используем СИП, чтобы затем оставить провод без изоляции? Также разработано устройство защиты от грозовых перенапряжений УЗПН [2].

Можно долго перечислять все возможные (разработанные и внедренные, находящиеся в стадии разработки, спорные) решения для защиты ВЛ. Несомненно одно. Сегодня необходимо как можно больше внимания уделять модернизации воздушных линий электропередачи. Все материальные затраты, вложенные в современные технологии, нацелены, прежде всего, на экономию ресурсов, на безопасность, в отношении поражения людей электрическим током, на повышение надежности электроснабжения населения и социально-значимых объектов.

Многолетний опыт строительства и эксплуатации воздушных линий в России, недостаточная надёжность традиционных распределителей с «голыми» проводами, необходимость постоянной разработки мероприятий по повышению надежности и уменьшению количества отключений, высокие трудозатраты и эксплуатационные расходы подчёркивают преимущества линий с изолированными и защищёнными изоляцией проводами.

Литература

1. <http://www.aebc.gov.uk/>, доклад Департамента Технического Надзора по Торговле и Промышленности Великобритании от 9 марта 2004г. "Исследование и анализ возможностей повышения безопасности в сетях 11 кВ/низкое напряжение путем замены на ВЛ голых проводов на изолированные провода".
2. ЗАО НИЦ "СТАРИНФО" 2008 г. «Монтаж воздушной линии с СИП» Иллюстрированное практическое руководство.
3. КАБЕЛЬ—news / № 4 / апрель 2009. Защита ВЛ, выполненных СИП, от грозовых перенапряжений А. В. Виноградов.
4. «Новости Электротехники», №3(45), 2007 ПУЭ и защита от грозовых перенапряжений, М.В.Дмитриев.

*М.А. Амелина, к.т.н., доц.; А.С. Амелин, студ.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)
М.В. Поляков, инженер-программист
(ОАО «НПО АНГСТРЕМ», г. Зеленоград)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

В настоящее время в электронных устройствах с автономным электропитанием всё чаще используется беспроводные системы заряда аккумуляторных батарей. Для устройств массового потребительского рынка такое решение обеспечивает дополнительные удобства для пользователя. В устройствах

промышленного назначения беспроводные, а, следовательно, бесконтактные системы заряда аккумуляторных батарей позволяют обеспечить высокий уровень взрывобезопасности, поскольку принципиально исключена возможность возникновения искры при подключении к устройству внешнего источника питания (зарядного устройства). Технологию беспроводной передачи энергии можно использовать в медицине, для зарядки аккумуляторов автотранспортных средств и т.п.

Беспроводную передачу энергии от источника к приемнику можно реализовать несколькими способами, однако в переносных и мобильных устройствах для этой цели чаще всего используют электромагнитное поле. В этом случае энергия передается на расстояние с помощью так называемого воздушного трансформатора, представляющего собой две близко расположенные катушки без ферромагнитного сердечника [1]. Представляет интерес исследование такой электромагнитной системы, а именно, получение зависимости взаимной индуктивности и коэффициента связи между катушками от расстояния между ними и от смещения центров катушек. Следует отметить, что подобные измерения в натурном эксперименте произвести достаточно сложно, особенно это относится к коэффициенту взаимной индукции и коэффициенту связи. Поэтому оптимальным представляется использование для этой цели пакета 3D-моделирования электромагнитных устройств ANSYS Maxwell [2], который позволяет при использовании магнитостатического анализа рассчитывать индуктивные параметры магнитосвязанной системы: собственные и взаимные индуктивности катушек, а также коэффициент связи между ними.

Исследовалась система из двух спиральных планарных катушек с квадратным сечением проводников (рис. 1, а). В каждой из катушек задан постоянный ток величиной 5 А. Направления токов выбраны такими, чтобы магнитные потоки, создаваемые катушками, были бы сонаправлены. На рис. 2 представлены вектора и распределение амплитуды магнитной индукции в плоскости YZ (среднее сечение цилиндра, ограничивающего катушки), а также распределение амплитуды магнитной индукции в объеме ограничивающего магнитную систему магнитного куба при среднем для исследования расстоянии между катушками (15 мм) и при отсутствии смещения центров. По результатам моделирования можно сделать вывод, что магнитное поле сосредоточено в близлежащей к катушкам зоне и быстро убывает по мере удаления от них.

Учитывая приведенные выше результаты, особый интерес представляет исследование зависимости коэффициента связи катушек от их взаимного положения в пространстве (т.е. от расстояния между ними и смещения их центров). Кроме того, для дальнейшей оценки эффективности работы резонансных систем передачи электроэнергии, необходимо выяснить, как при этом будет меняться индуктивность вторичной (приемной) катушки. Было проведено моделирование в среде ANSYS Maxwell V 16.0.0 с использованием магнитостатического (Magnetostatic) параметрического анализа, в котором в двух вложенных циклах менялось расстояние между катушками *dist* (внешний цикл) и величина смещения центров катушек *offset* (внутренний цикл). В результате получено семейство зависимостей коэффициента связи между катушками *k*

(coupling coefficient) от смещения центров катушек при различных расстояниях между катушками (рис. 3). Наклон плоскостей катушек друг относительно друга не исследовался, считалось, что катушки находятся в параллельных плоскостях (см. рис. 1, б).

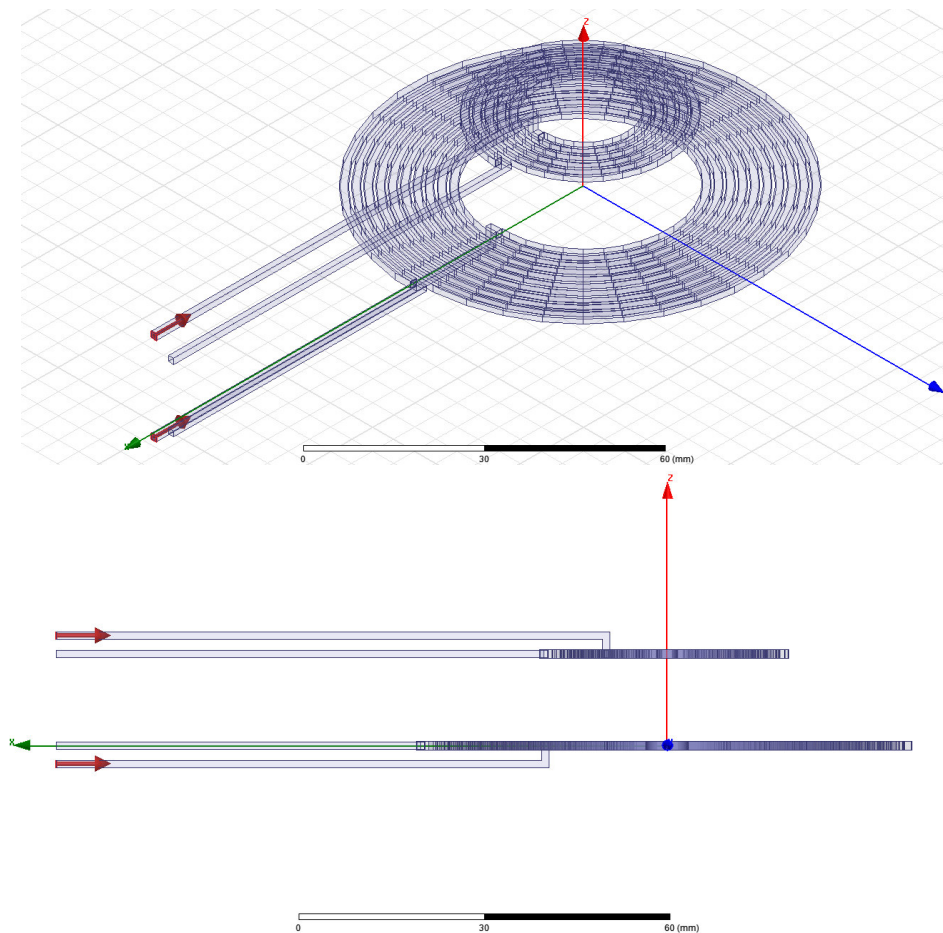


Рисунок 1 — Система из двух спиральных планарных катушек

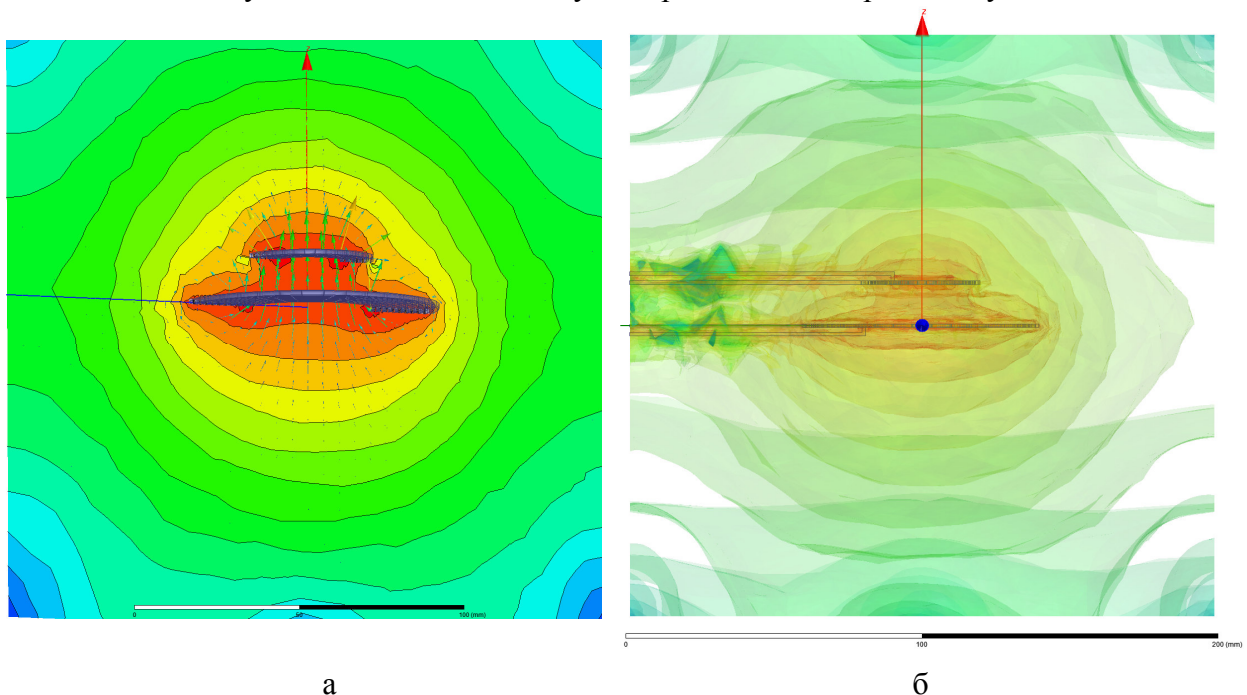


Рисунок 2 – Распределение магнитной индукции: а – в сечении YZ; б – в объеме ограничивающего куба

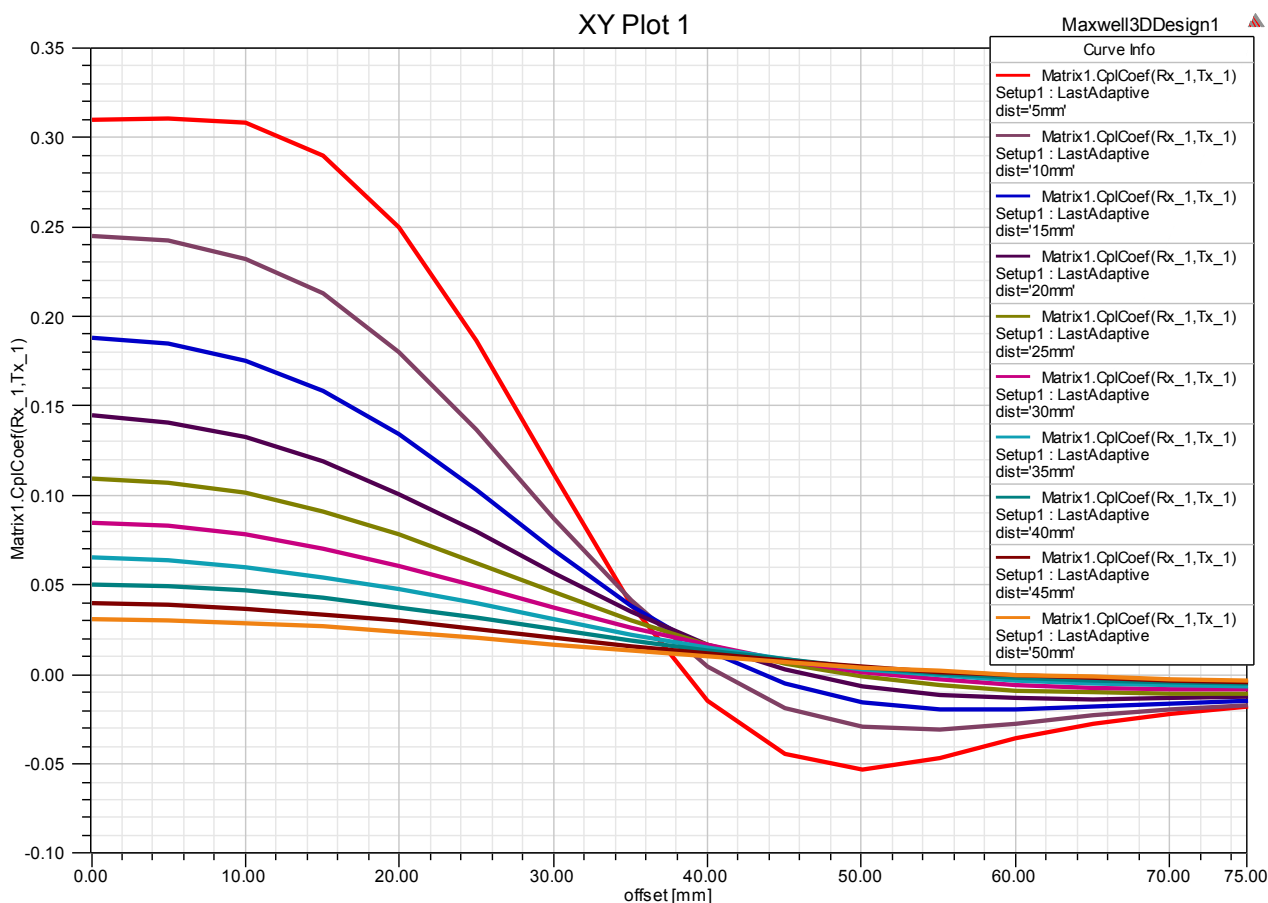


Рисунок 3 – Семейство зависимостей коэффициента связи от смещения центров катушек при различном расстоянии между ними

Согласно результатам моделирования даже при весьма близком расстоянии между катушками (5–10% диаметра катушки) коэффициент связи не превосходит значения 0,31 и начинает резко убывать при увеличении смещения (offset) свыше половины внутреннего диаметра приемной катушки. Таким образом, требуется достаточно точное позиционирование центров катушек. При расстоянии между катушками, равному внутреннему диаметру приемной катушки, коэффициент связи уменьшается более чем в 2 раза, становясь равным 0,15. Дальнейшее увеличение расстояния приводит к столь сильному уменьшению коэффициента связи, что становится сомнительной эффективная передача энергии переменного тока через воздушный трансформатор (см. рис. 3).

Проведено моделирование зависимости резонансной частоты приемного колебательного контура от смещения катушек и расстояния между ними (рис. 4). Очевидно, что при неизменном значении емкости контура и приемной катушки эта частота будет строго постоянной. Однако при изменении положения катушек в пространстве индуктивность приемной катушки меняется и эти изменения отражаются на резонансной частоте соответствующего колебательного контура. Из результатов приведенных экспериментов при изменении взаимного расположения катушек в среде ANSYS Maxwell (рис. 4) видно, что изменения резонансной частоты приемного контура находятся в

пределах $\pm 1\%$. Таким образом, при изменении взаимного расположения катушек резонансная частота меняется незначительно, что не должно сильно сказываться на эффективности передачи энергии в резонансной беспроводной системе.

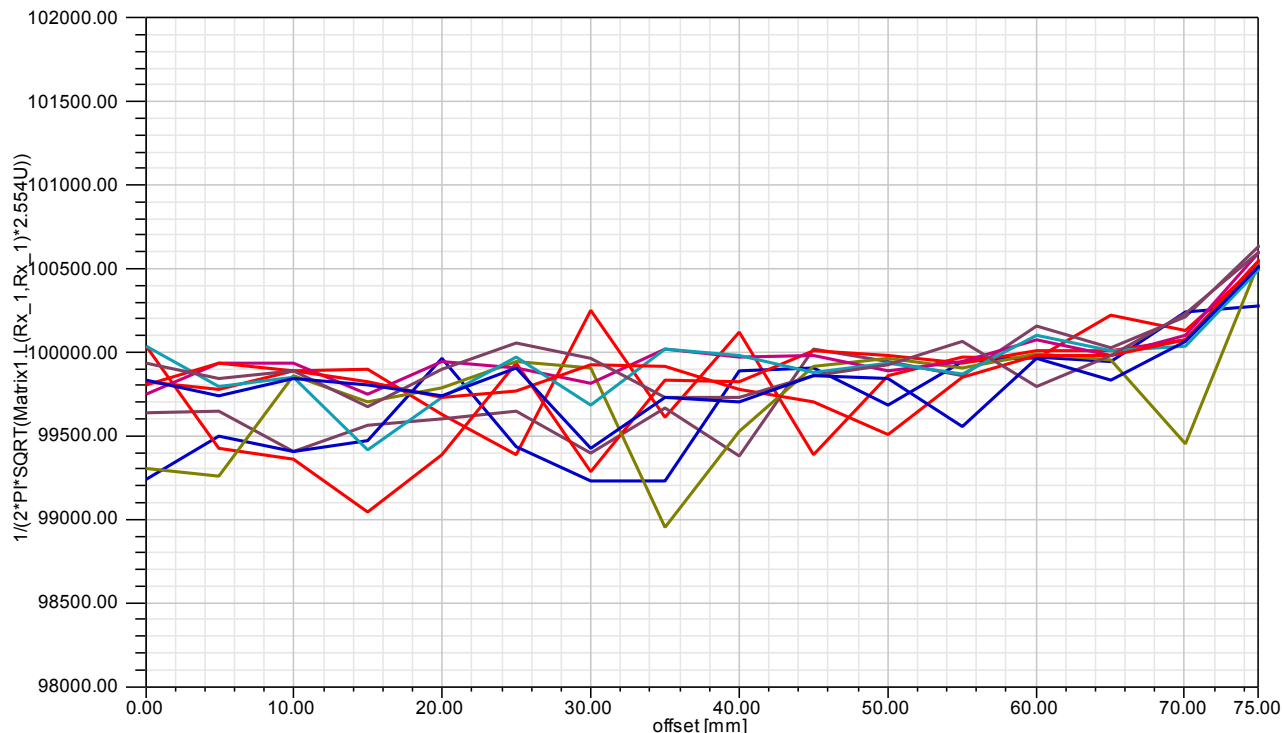


Рисунок 4 – Зависимость резонансной частоты приемного контура от взаимного расположения катушек

При высокой частоте переменного тока, циркулирующего в приемном и передающем контурах беспроводной системы, начинают сказываться эффекты вытеснения тока близлежащими магнитными полями (skin и proximity эффекты). Это приводит к росту активных потерь в контурах системы, что снижает их добротность. В исследуемой системе катушек, состоящей из медных проводников квадратного сечения площадью 2 мм^2 в среде ANSYS Maxwell проводился анализ влияния вихревых токов Eddy Currents, который позволил получить зависимость активного сопротивления передающей и приемной катушек от частоты, протекающего в них тока (рис. 5).

Активное сопротивление передающей катушки при увеличении частоты возрастает примерно в 2 раза по сравнению со значением на постоянном токе, активное же сопротивление приемной катушки возрастает лишь в 1,5 раза. Это объясняется, по-видимому, более сильным влиянием эффекта близости в передающей катушке, т.к. она имеет в 2 раза большее количество витков (слоев) по сравнению с приемной катушкой. Однако в целом для медных проводников с выбранным сечением активное сопротивление остается достаточно малым, чтобы не сказываться сильно на добротности контуров.

Полученные результаты исследования параметров воздушного трансформатора могут быть использованы для анализа эффективности резонансных беспроводных систем передачи энергии с помощью как

программы ANSYS Simplorer [3] в интеграции с ANSYS Maxwell, так и с помощью программы схемотехнического анализа Micro-Cap [4].

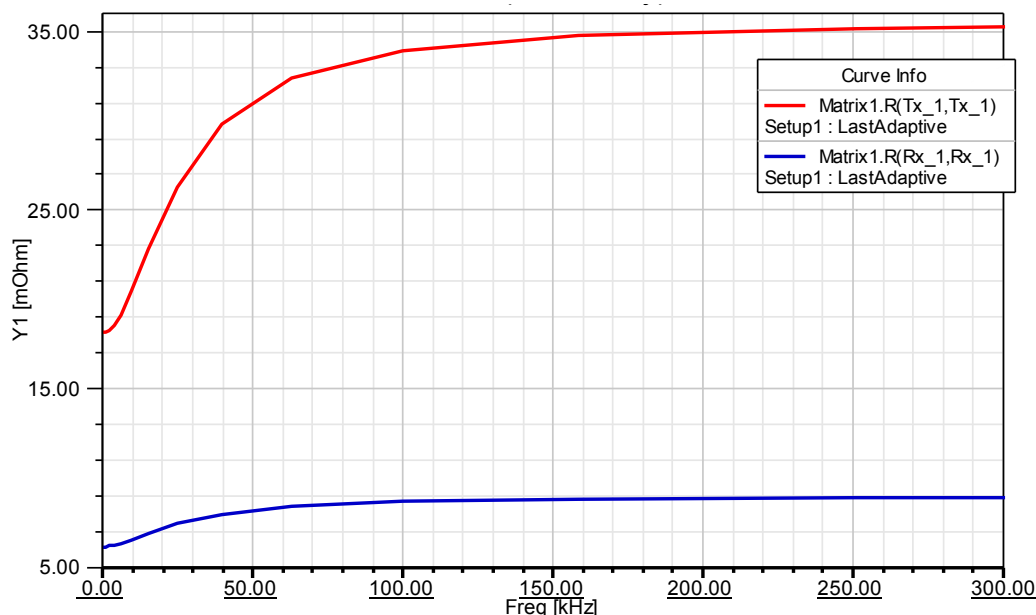


Рисунок 5 – Зависимость активного сопротивления катушек от частоты протекающего тока

Литература

1. Амелин А.С., Амелина М.А. Исследование путей повышения эффективности беспроводных технологий передачи электроэнергии // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/3503/3503.pdf>, своб.
2. Maxwell 3D ® 14.0 User's Guide // © ANSYS Inc. 2010 / ANSYS Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA15317 Edition: REV5.0
3. Simplorer ® 10.0 User's Guide // © ANSYS Inc. Electromagnetic Products
4. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Амелина М.А., Амелин С.А. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2014. – 632 с. Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665

*М.А. Амелина, к.т.н., доц.; А.С. Амелин, студ.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)
М.В. Поляков, инженер-программист
(ОАО «НПО АНГСТРЕМ», г. Зеленоград)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Одной из главных характеристик любой системы передачи энергии является коэффициент полезного действия (КПД). Поэтому представляет практический интерес исследование КПД различных систем беспроводной передачи электроэнергии.

Экспериментами установлено, что для двух магнитно-связанных планарных катушек разных диаметров даже при близком расстоянии между ними коэффициент связи не превышает значения 0,4 [1]. Эффективность передачи энергии в такой системе можно оценить, используя средства программы

схемотехнического моделирования Micro-Cap [2]. Исходными данными для моделирования являются результаты интегрированного анализа матрицы индуктивностей катушек, проведенного в среде ANSYS Maxwell (рис. 1), полученные для наиболее благоприятных условий: расстояние между катушками минимально возможное (4 мм), смещение центров и наклон катушек отсутствуют.

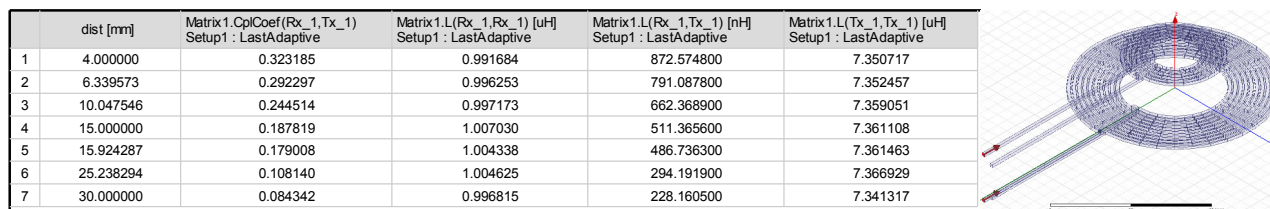


Рисунок 1 — Результаты анализа матрицы индуктивностей (а) воздушного трансформатора (б)

Результаты моделирования (рис. 2, б) представляют собой семейство графиков зависимостей от частоты отношения отдаваемой в нагрузку мощности к мощности, генерируемой источником $P_d(RL1)/P_g(V1)$. Семейство построено для разных сопротивлений нагрузки (нагрузка активная, меняется от 1 до 1000 Ом).

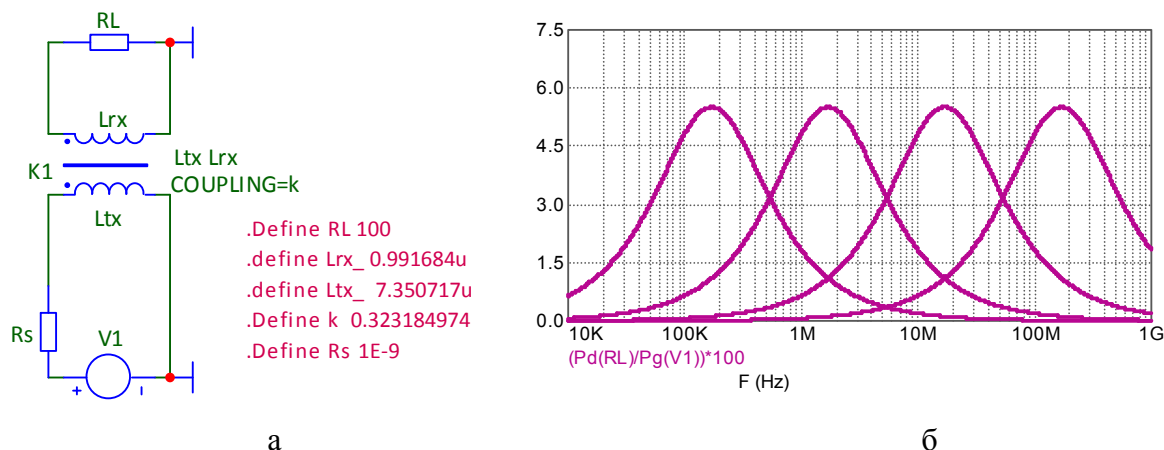


Рисунок 2 – Исследование КПД воздушного трансформатора в безрезонансной системе:
а – схема для анализа; б – ЧХ КПД при $RL=1, 10, 100, 1000$ Ом

Согласно полученным результатам, КПД передачи энергии переменного тока в таких условиях не превышает 6% во всем частотном диапазоне. Следовательно, подобные слабосвязанные магнитные системы непосредственно не могут быть использованы для сколь-нибудь эффективной беспроводной передачи энергии. Повысить эффективность передачи энергии можно используя явление резонанса. Для этого следует дополнить схему конденсаторами, образующими с приемной и передающей катушкой колебательные контуры (последовательные либо параллельные). Эти контуры должны быть настроены на одну и ту же частоту. Очевидно, что при изменении взаимного расположения катушек будут меняться величины их интегральных индуктивностей, а, следовательно, и резонансная частота каждого из контуров. Несовпадение резонансных частот контуров будет влиять на КПД (уменьшать его).

Оценку влияния на КПД изменения взаимного положения передающих и приемных катушек можно провести с помощью программного модуля схемотехнического анализа ANSYS Simplorer [3], имеющего возможность интеграции с ANSYS Maxwell [4]. При проведении такого анализа интегральные

данные матрицы индуктивностей системы катушек при их различном взаимном расположении, полученные при анализе в среде ANSYS Maxwell, будут автоматически передаваться в программу схемотехнического анализа ANSYS Simplorer, в которой и будет выполняться окончательный расчет.

Для достижения максимального КПД передающий (последовательный) и приемный (параллельный) колебательные контура настраиваются на частоту резонанса (100 кГц) выбором значений емкостей соответствующих конденсаторов (Ctx1, Crx1) для наиболее благоприятного расположения катушек — при минимальном расстоянии между ними и отсутствии смещения (рис. 3, а).

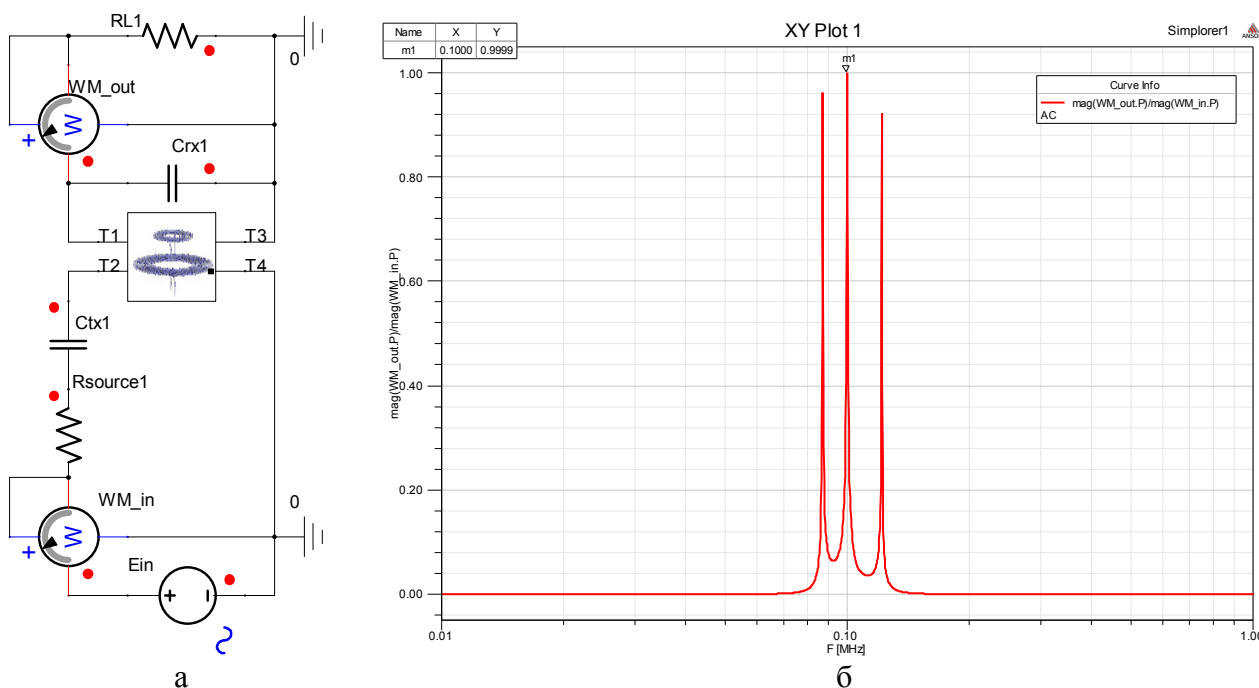


Рисунок 3 – Исследование эффективности резонансной системы беспроводной передачи энергии: а – схема для анализа в среде ANSYS Simplorer; б – ЧХ КПД при наиболее благоприятном расположении катушек (distance=4мм, offset=0)

Результаты моделирования (рис. 3, б) показывают, что при таких условиях, на частоте резонанса можно достичь очень высоких значений КПД (стремящихся к 100%). Т.е. такой способ передачи энергии намного эффективнее безрезонансного, в котором максимальный КПД не превышает единиц процентов.

При изменении взаимного положения катушек (расстояния между ними и смещении центров) наблюдается незначительное изменение резонансной частоты контуров (в пределах 1 %). Столь малые изменения резонансной частоты хоть незначительно, но все-таки влияют на максимальное значение КПД, снижая его до 96–98% (рис. 4).

Поэтому для обеспечения максимального значения КПД при изменении взаимного положения катушек необходимо использовать автоматическую подстройку резонансной частоты приемного контура. Функция автоматической настройки приемного контура на резонансную частоту имеется в некоторых промышленно выпускаемых контроллерах приемников для беспроводных зарядных устройств, например, в LTC4120 фирмы Linear Technology.

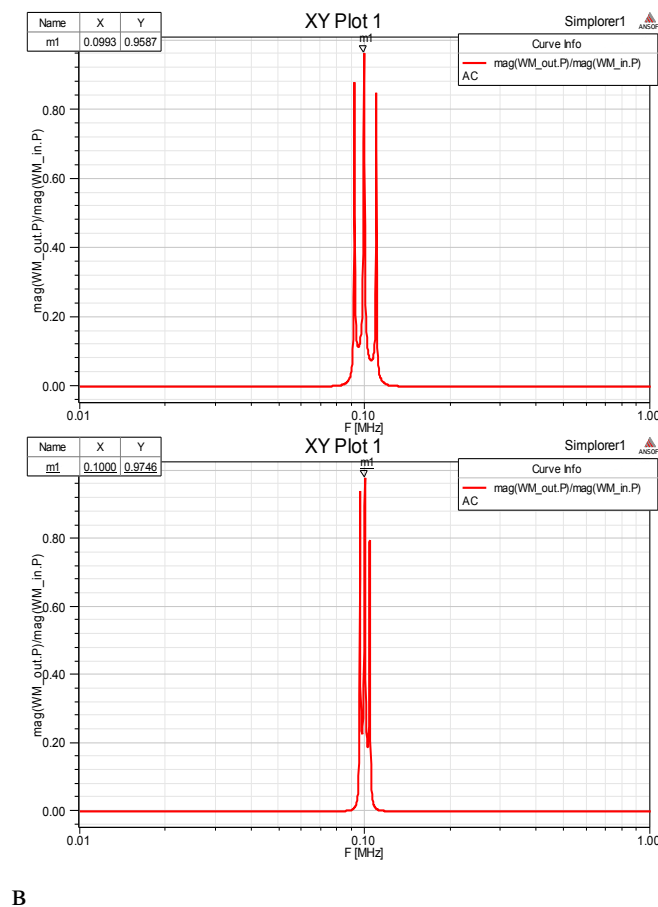
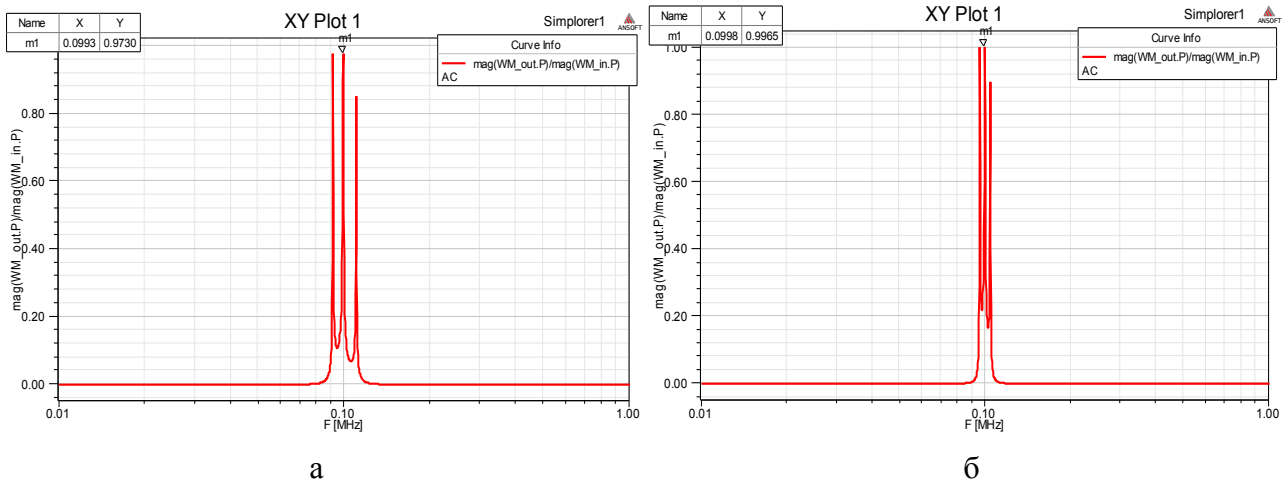


Рисунок 4 – Частотные характеристики КПД при различном взаимном положении катушек:
а – distance=15 мм, offset=0; б – distance=30 мм, offset=0;
в – distance=15 мм, offset=10 мм; г – distance=30 мм, offset=10мм

Таким образом, проведенные вычислительные эксперименты показали, что слабосвязанная магнитная система в резонансном режиме может обеспечивать достаточно высокий коэффициент полезного действия и имеет несомненные перспективы использования в системах беспроводной передачи электроэнергии.

Литература

1. Амелин А.С., Амелина М.А. Исследование путей повышения эффективности беспроводных технологий передачи электроэнергии // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/3503/3503.pdf>, своб.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Амелина М.А., Амелин С.А. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2014. – 632 с. Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665
3. Simplorer® 10.0 User's Guide // © ANSYS Inc. Electromagnetic Products
4. Maxwell 3D® 14.0 User's Guide // © ANSYS Inc. 2010 / ANSYS Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA15317 Edition: REV5.0

*К.И. Базылев, студ.; рук. Н.Н. Строев, ктн, доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЛЯ РАЗВОРОТА РАДИОЛУЧА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА

Проблемы конструирования оптических систем с отражающей поверхностью состоят прежде всего в том, что не существует чёткого математического описания решаемых ими функциональных задач. По этой причине, большинство разрабатываемых математических моделей, способных описать поведение реального технического объекта, сложны в реализации. Решение проблем моделирования и проектирования следует разделить на несколько этапов, в каждом из которых использовать соответствующие инструменты математического моделирования на всех стадиях разработки технических систем.

Первым этапом является создание имитационной математической модели технической системы: осветитель + цель + детектор, используя среду схемотехнических САПР или систем компьютерной математики. Примером реализации данного этапа может быть разработка модели технической системы в среде САПР Zemax. Zemax – программа, которая позволяет проводить математическое моделирование, выполнять анализ результатов и содержит набор дополнительных функциональных инструментов, достаточных для описания поведения оптических систем. В ходе работы была смоделирована система, параметры которой представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры системы осветитель + цель + детектор

	Осветитель	Детектор	Цель
Размеры	60х60 мм	60х60 мм	40х80 мм
Расстояние от ист.		120 мм	1000 мм
Диапазон наклона			$\pm 1,2^0$ град

Общая картина данной модели представлена на рисунке 1. Здесь из точечного источника 1 радиолуч падает на цель 2, после чего происходит отражение радиолуча на матричный детектор миллиметрового диапазона 3.

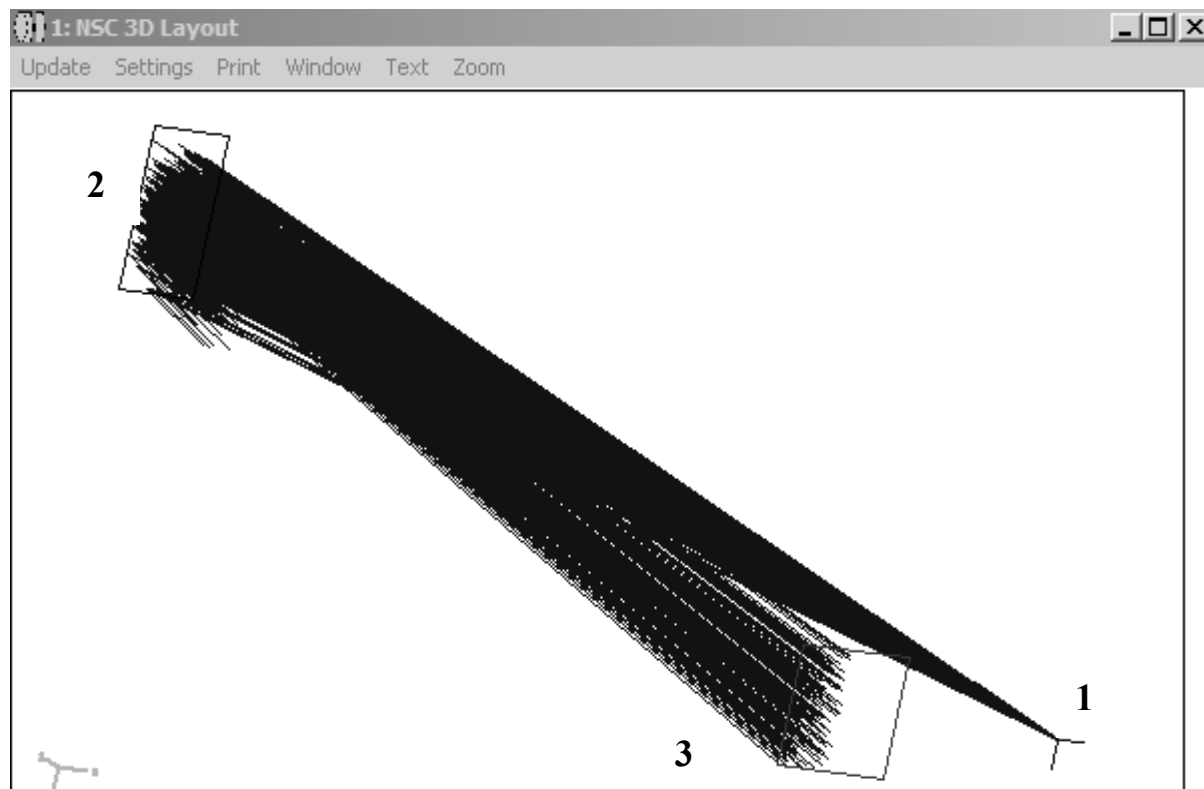


Рисунок 1 – Система Осветитель + цель + детектор,

На втором этапе идет создание геометрической модели отражателей с помощью среды САПР SolidWorks. Отличительными особенностями базового модуля SolidWorks являются:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта/экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;
- специальные средства по работе с большими сборками;

В ходе работы были найдены решения для создания геометрических моделей отражающих поверхностей. Они были взяты цилиндрической формы.

Геометрическая модель отражателей представлена на рисунке 2.

На третьем этапе работы идет объединение системы осветитель + цель + детектор и геометрических моделей отражающих поверхностей посредством САПР Zemax. В итоге мы получаем полную смоделированную оптическую систему с отражающей поверхностью и возможностью разворота луча при отклонении поверхности объекта на ± 5 град.

Оптическая система с отражающей поверхностью представлена на рисунке 3.

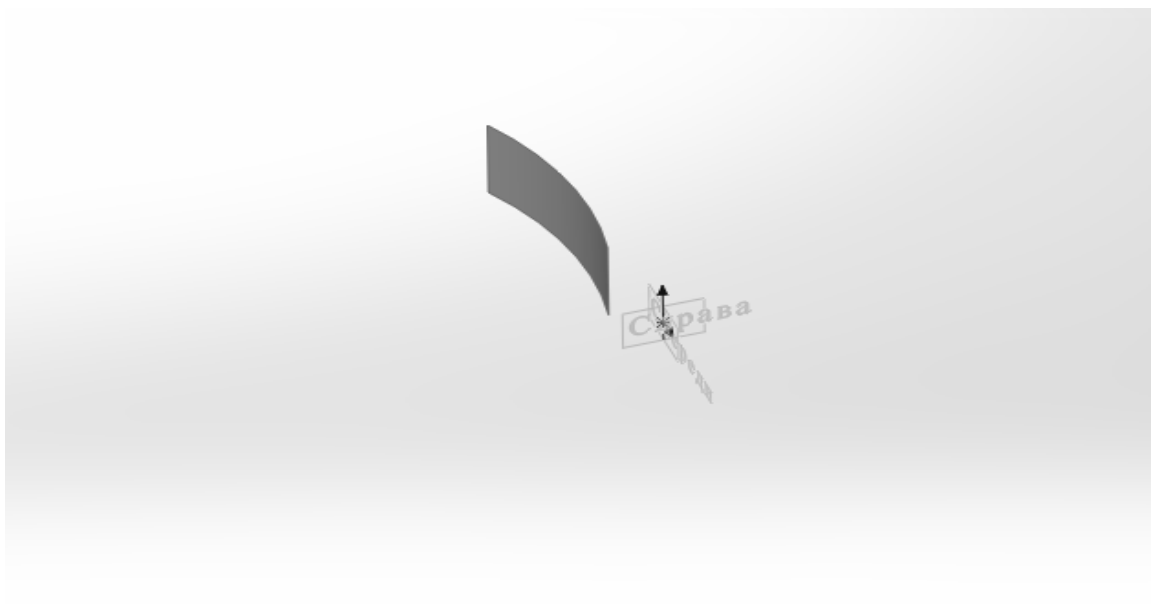


Рисунок 2 – Геометрическая модель отражающей поверхности.

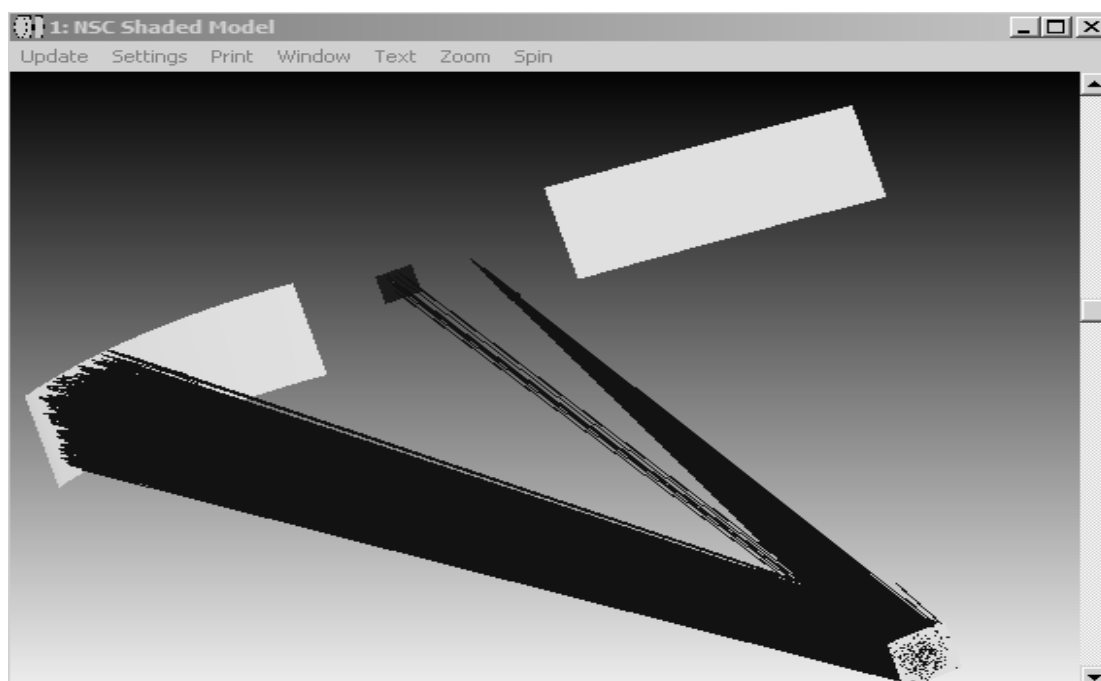


Рисунок 3 – Оптическая система с отражающей поверхностью для разворота луча при отклонении поверхности объекта.

В итоге, была проведена комплексная работа по подбору инструментов для исследования оптической системы с отражающей поверхностью для разворота радио луча при отклонении поверхности объекта. Таким образом была наработана база, которая позволит перейти, непосредственно, к исследованиям данной оптической модели. Соответственно, следующим этапом работы будут являться эксперименты, позволяющие проанализировать данную оптическую систему для различных технических требований и установленных параметров.

Литература

1. Бегунов Б.Н., Казаков Н.П. Теория оптических систем, 1984 г.
2. Zemax manual, Version 6, http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ep208/zemax/ZemaxUserGuide_v6.pdf

**М.В. Беляков к.т.н., доцент; В.О. Булатикова, студ., В.В. Дымкова, студ.,
А.Г. Дымникова, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»» в г. Смоленске, г. Смоленск)**

ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ

В целях получения высококачественных семян необходим их объективный контроль в процессе выращивания. Существуют различные методы отбора, которые требуют значительных затрат времени и труда.

Перспективным является применение оптических методов, в том числе методов фотолюминесценции. Они являются высокоточными, бесконтактными и экспрессными. Для их разработки необходимо знать оптические люминесцентные свойства семян.

Разработка методики исследования фотолюминесценции проводилась на основе аппаратно-программного комплекса, состоящего из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «PanoramaPro» и внешней камеры для исследуемых образцов. [<http://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-02-panorama.php#..> Дата обращения: 6.10.2016]

Была разработана методика, которая включала в себя следующие этапы:

1. Подготовка установки к работе.
2. Визуальный анализ и отбор образцов семян.
3. Измерение спектра (спектров) люминесценции.
4. Измерение спектра возбуждения.
5. Построение спектров возбуждения и люминесценции и их общий анализ.
6. Математические операции с графиками.

Для экспериментов были отобраны партии семян пшеницы сорта скипетр с различной степенью спелости. На первом этапе были отобраны семена с молочной, молочно-восковой и восковой спелостями. В каждой из них были выделены семена с различной степенью созревания: зеленые, серые, коричневые. На рис. 1 представлены семена различной степени созревания.



Рис.1. Семена молочной спелости с различной степенью созревания.

На втором этапе с помощью синхронного сканирования установили диапазоны длин волн спектров возбуждения и люминесценции.

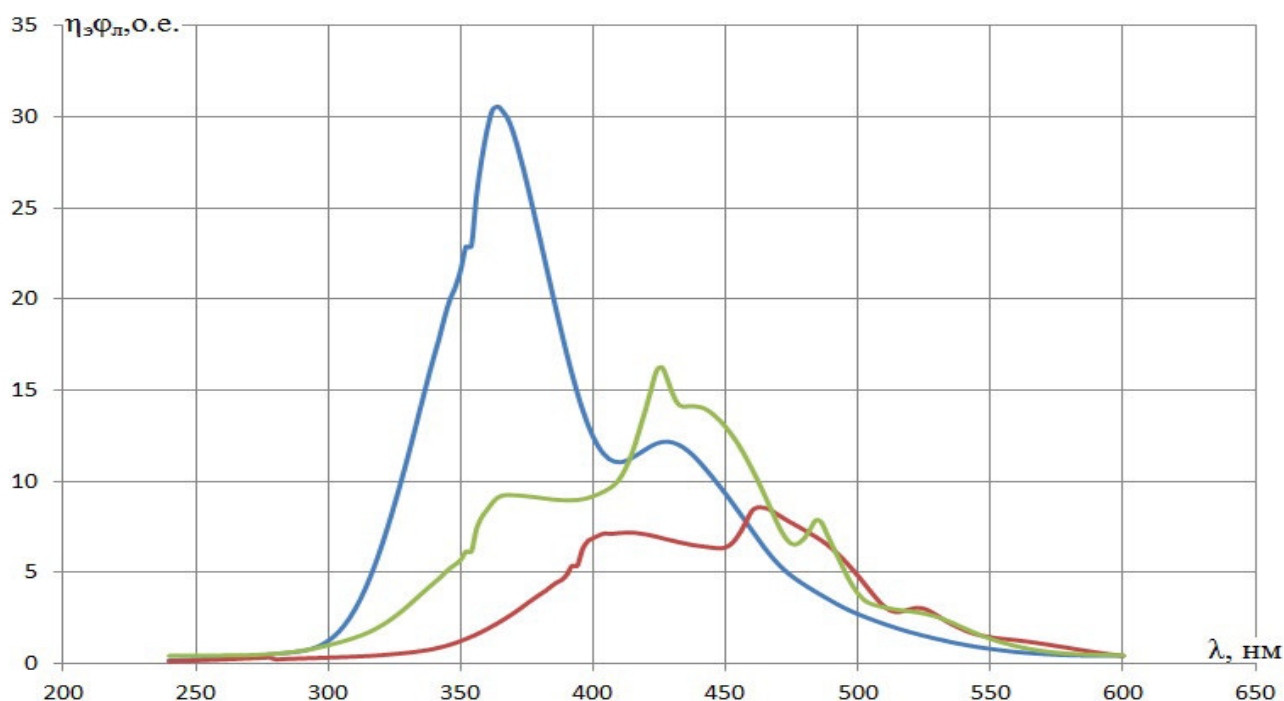


Рис. 4. Результаты синхронного сканирования. 1-молочная спелость, 2-молочно-восковая спелость, 3-восковая спелость.

Из рис. 4 очевидно, что у молочной и молочно-восковой спелостей ярко выражены два пика, а у восковой наблюдается только один.

Измеряли спектры возбуждения и люминесценции отобранных семян каждой спелости. По результатам измерений проводили статистическую обработку, где проводили усреднение по 20 спектрам. Полученные результаты представлены на рис. 5, рис. 6, рис. 7.

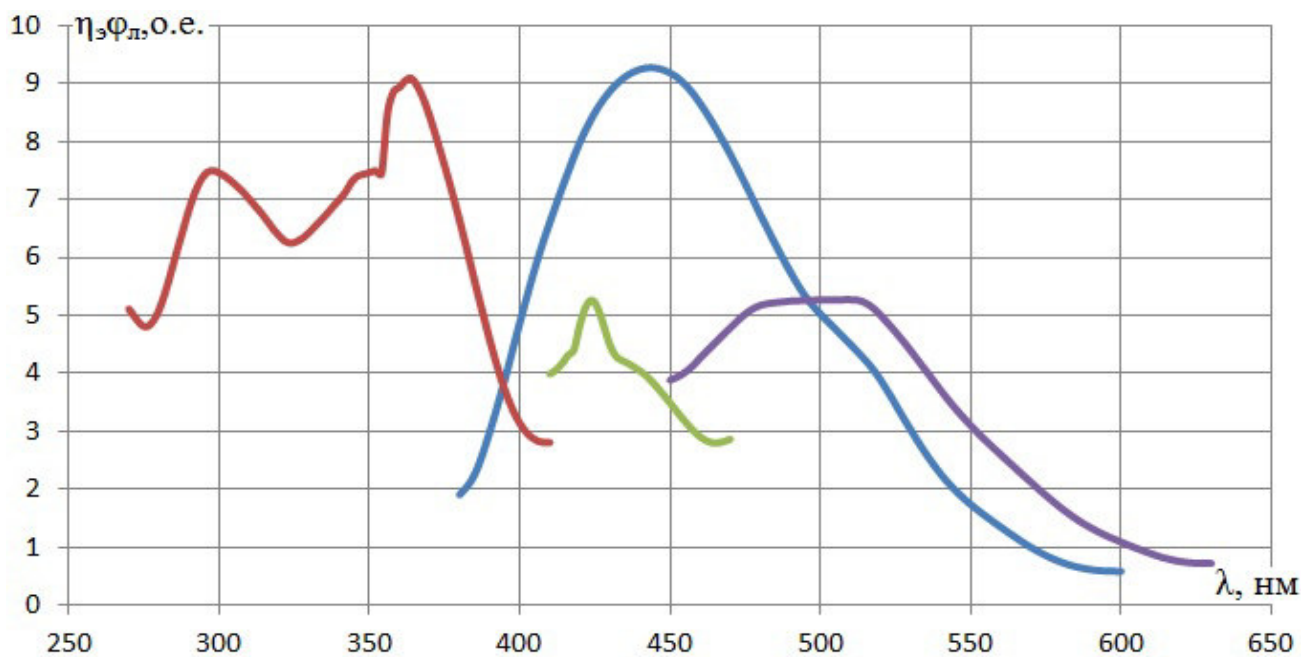


Рис. 5.Спектральные характеристики возбуждения-1,3и люминесценции-2,4, соответственно, молочной спелости.

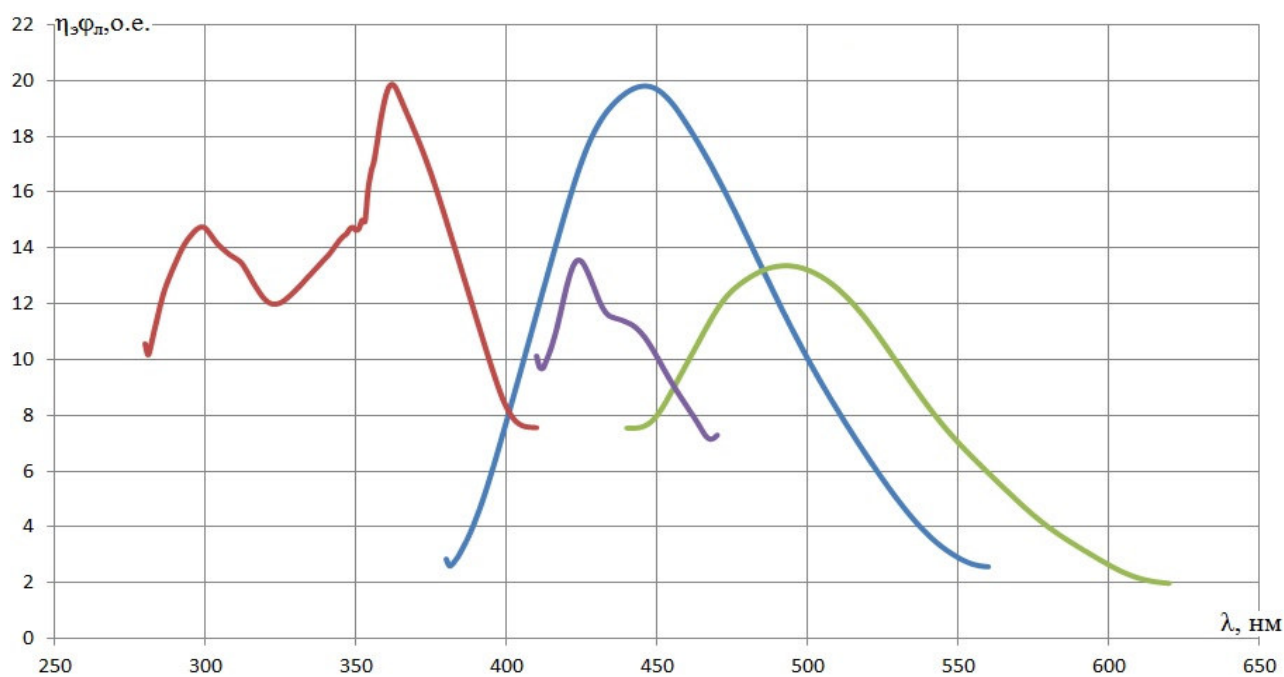


Рис.6. Спектральные характеристики возбуждения-1,3 и люминесценции-2,4, соответственно, молочно-восковой спелости.

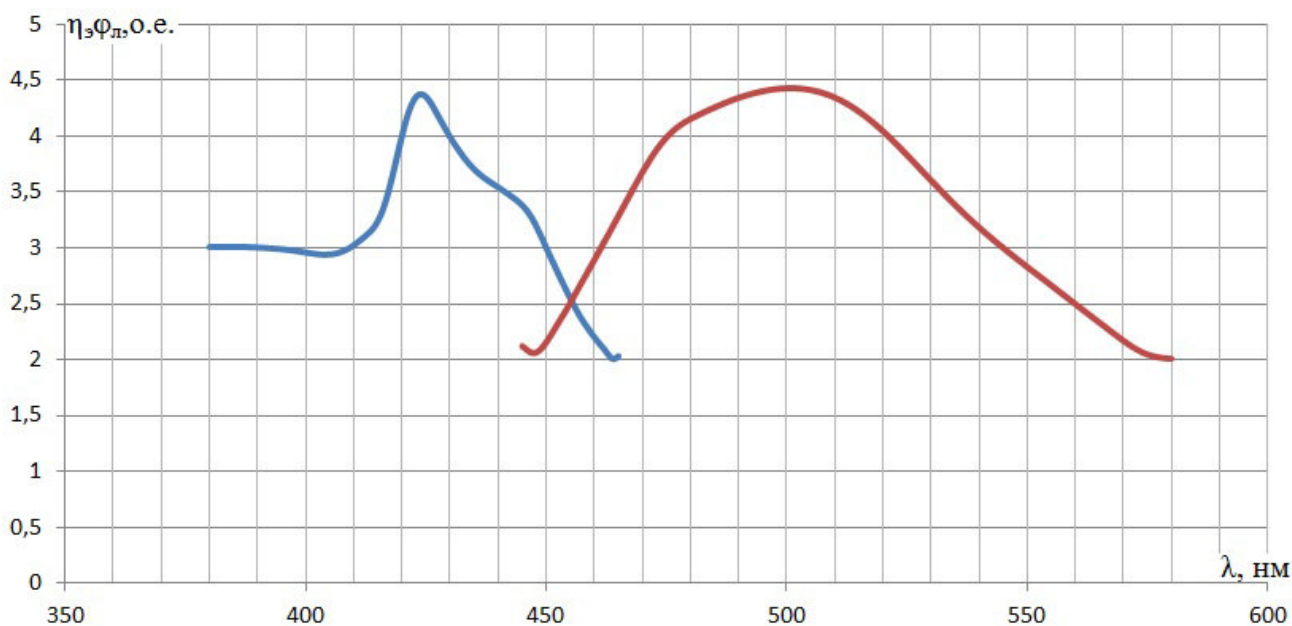


Рис.7. Спектральные характеристики возбуждения-1,3 и люминесценции-2,4, соответственно, восковой спелости.

Из полученных результатов очевидно, что при большей степени спелости пиков становится меньше. В результате таких измерений возможна реализация объективного контроля созревания семян на основе их обобщенных свойств.

Литература:

1. Технические характеристики спектрофлуориметра Флюорат-02-Панорама. Сайт компании «Люмэкс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-02-panorama.php#..> Дата обращения: 6.10.2016.

*М.В. Беляков к.т.н., доц.; М.Е. Кондрашова, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН КЛЕВЕРА ТЕТРАПЛОИДНОГО ПРИ СКАРИФИКАЦИИ

Животноводство является важной отраслью хозяйства Смоленской области, на него приходится 60% стоимости всей продукции сельского хозяйства, особенно широкое развитие получило молочное и молочно-мясное скотоводство. Но для процветания молочно-мясной отрасли сельского хозяйства необходимо хорошее развитие растениеводства, а именно в области кормовых культур [1]. Все вышесказанное показывает актуальность данного исследования на сегодняшний день.

Существуют сельскохозяйственные культуры, требующие проведения скарификации (частичного нарушения целостности оболочки семян) как неотъемлемой части подготовки семян к посеву. В основном это твердые семена бобовых кормовых культур, таких как галега восточная, люпин, люцерна, клевер и др.

Скарификация может быть различных видов в зависимости от способа проведения: механическая (протирание о наждачную бумагу, срезание с помощью ножниц или перетирание с песком, металлическими опилками и другими материалами; в промышленных масштабах механическая скарификация осуществляется в специальных установках - скарификаторах), химическая (травление семян кислотами, например, серной с последующим промыванием водой) и термическая (перепады температур). В данной работе проводилась механическая скарификация с помощью наждачной бумаги [3].

Скарификация проводится для того, чтобы семена с твердыми водонепроницаемыми оболочками больше впитывали влагу, быстрее набухали и прорастали, а, следовательно, для увеличения всхожести.

В данной работе проводилось исследование зависимости люминесцентных характеристик и всхожести от времени, которое проходило после скарификации семян.

Измерения спектров возбуждения и люминесценции проводились на аппаратно-программном комплексе, который включает в свой состав многофункциональный спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама», компьютер с установленным программным пакетом «PanoramaPro» и внешнюю камеру для исследуемых образцов [5].

Методика проведения исследования представлена в [2].

Для закладки на всхожесть была проведена скарификация 700 семян. Закладка производилась поэтапно по 100 семян для разного времени, прошедшего с момента скарификации (в день скарификации, на следующий, через день и т.д.).

Согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [4] для тетраплоидного клевера энергия прорастания определялась на четвертый день после закладки проб с учетом дня закладки, а всхожесть - на восьмой. Энергия прорастания и всхожесть (B) для разных сроков, протекающих после скарификации, представлены в таблице.

Таблица - Всхожесть и люминесцентные характеристики клевера тетраплоидного

Время после скарификации	Энергия прорастания, %	B , %	$\phi_{\text{л}}$, о.е.	Φ , о.е.
нескарифицированные	7	10	2,84	385,3
0 суток	10	13	4,02	542,1
1 сутки	12	41	4,23	520,6
2 суток	-	-	4,50	552,3
3 суток	16	54	4,89	592,5
4 суток	18	67	4,91	597,4
7 суток	12	73	5,77	688,7
10 суток	12	88	7,65	905,6

Закладка семян на вторые сутки после скарификации была проведена неудачно, степень поражения образцов плесневыми грибами - сильная, результаты эксперимента не применимы для дальнейшей обработки и статистики.

Как видно из данных, представленных в таблице, энергия прорастания меняется незначительно и спустя неделю после скарификации снова идет на убыль. А всхожесть, как и предполагалось на основе проведенных ранее исследований с другими культурами, с течением времени заметно увеличивается [3]. Резкий рост всхожести с 10% для нескарифицированных и 13% для скарифицированных первого срока (закладка в день скарификации) до 88% для седьмого срока (по прошествии 10 суток после скарификации можно объяснить тем, что заранее достоверно неизвестно, какие семена всхожи, а какие - нет. При проведении подсчета проросших семян часть семян, заложенных на всхожесть, не имела признаков набухания, что дает основания сделать вывод о том, что они были изначально невсхожими и нежизнеспособными, также возможно наличие случайных факторов, повлиявших на всхожесть семян.

Также были измерены спектры возбуждения $\eta_{\text{э}}(\lambda)$ и люминесценции $\varphi_{\text{л}}(\lambda)$. Измерение спектров возбуждения и люминесценции проводилось для 20 семян различных сроков. Рабочий диапазон спектра возбуждения 380-500 нм, рабочий диапазон спектра люминесценции 470-680 нм.

После получения кривых проводилось их усреднение, полученные результаты представлены на рисунке 1.

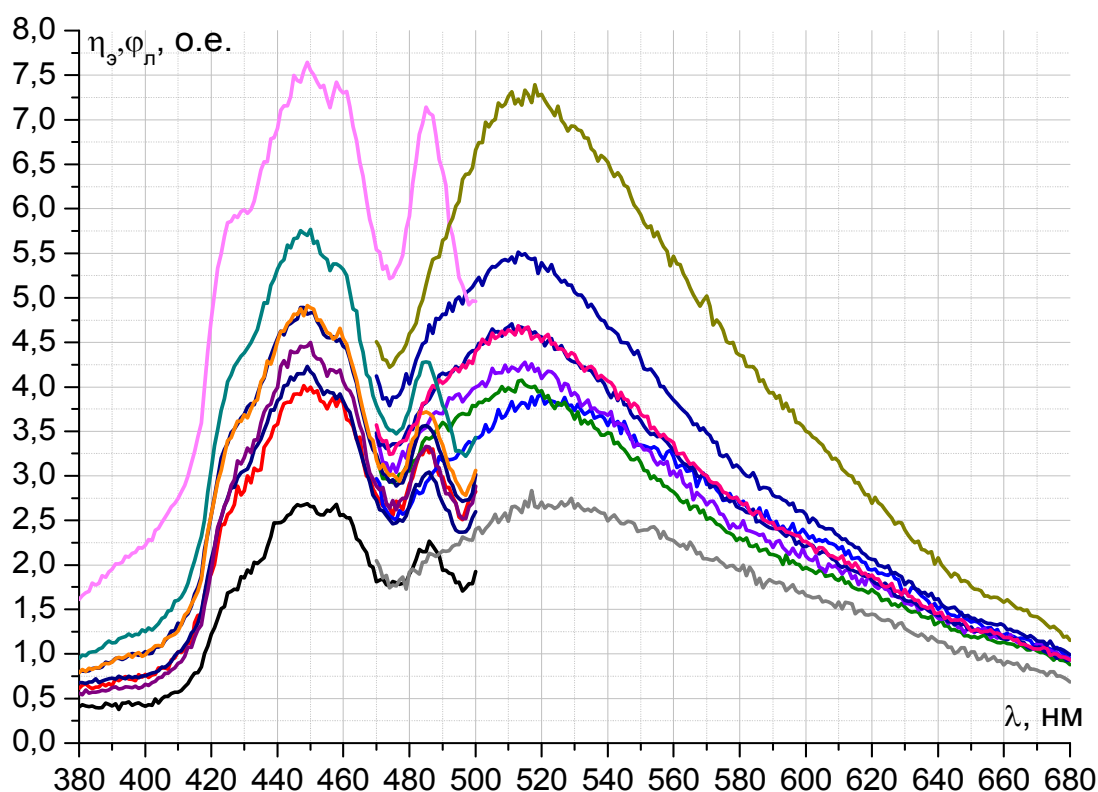


Рисунок 1 - Усредненные спектры возбуждения и люминесценции семян клевера: нескарифицированных (1,2), скарифицированных и измеренных в первый день (3,4), второй день (5,6), третий день (7,8), четвертый день (9,10), пятый день (11,12), восьмой день (13,14) и одиннадцатый день (15,16)

Максимумы кривых спектров возбуждения находятся в диапазоне 447-450 нм - главный максимум и 485-486 нм - побочный максимум, максимумы кривых спектров люминесценции находятся в диапазоне 511-520 нм.

Для математической обработки в «PanoramaPro» были рассчитаны интегралы под кривыми возбуждения и люминесценции. Последний, интеграл под кривыми люминесценции, является относительной мощностью (поток) люминесценции. Анализируя полученные данные, можно сказать, что сразу после скарификации люминесценция может увеличиваться на 41%, на 35% на второй день, на 43% на третий день, на 54% на четвертый день, на 55% на пятый, на 79% на восьмой и на 135% на одиннадцатый день.

Интегралы под кривыми возбуждения определяли для двух участков спектра: 380-475 нм и 475-500 нм для определения соотношения между горбами. Оказалось, что для спектров нескарифицированного клевера среднее значение интеграла в диапазоне 380-475 нм больше среднего значения интеграла в диапазоне 475-500 нм в 2,93 раза; для спектров скарифицированных семян, измеренных в день скарификации - в 2,99 раза, на второй день - в 3,38 раза, на третий - в 3,19 раза, на четвертый - в 3,45 раза, на пятый - в 3,33 раза, на восьмой - в 3,45 раза, на одиннадцатый - в 3,06 раза. Скарификация увеличила это соотношение до 17%.

По данным из таблицы был построен график зависимости всхожести от величины потока (люминесценции) и линейно аппроксимирован, результат аппроксимации представлен на рисунке 2.

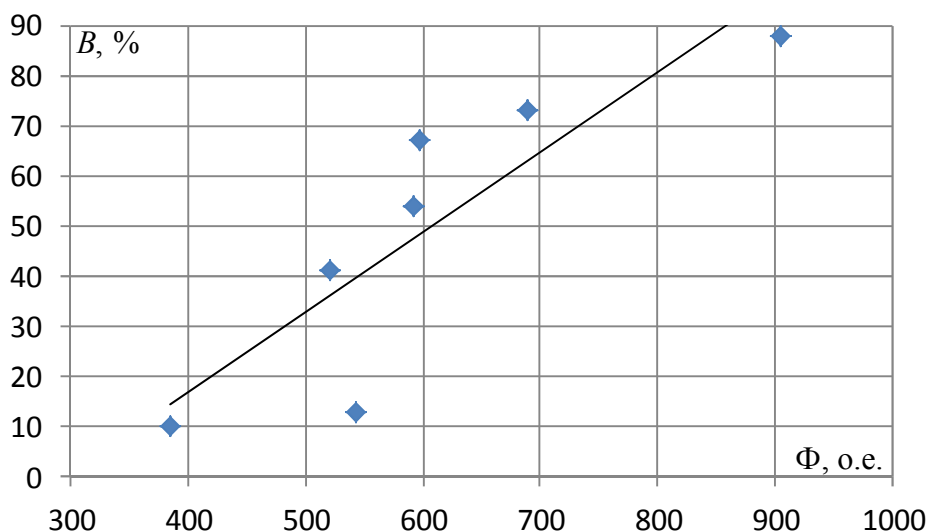


Рисунок 2 - Аппроксимированный график зависимости всхожести от величины потока $B(\Phi)$

При помощи математических возможностей программы Microsoft Excel получили уравнение аппроксимированной кривой:

$$B = 0,1596\Phi - 47,052 \quad (1)$$

В данном случае линейная аппроксимация имеет достаточно большую погрешность.

Проведенное исследование дает возможность провести аналогию увеличения всхожести клевера и галеги восточной, а также сформулировать рекомендации по посеву семян: семена стоит проращивать не ранее, чем через

7-10 дней, но не позднее 3-4 недель [3], т.к. всхожесть семян начинает снижаться.

На основании данного исследования и ранее полученных результатов [3] появляется возможность создания люминометра определения всхожести семян различных культур по величине люминесценции.

Литература

1. Агропромышленный комплекс Смоленской области. Научно-информационный журнал «Биофайл» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/37427.html>
Дата обращения: 01.10.2016.
2. Беляков М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат02-Панорама» // Научная жизнь. – 2016. – № 3. – С. 18–26.
3. Беляков М.В., Харитонов Д.А., Кондрашова М.Е. Люминесцентные характеристики семян галеги восточной при скарификации // «Энергетика, информатика, инновации-2015» (электроэнергетика и электротехника, теплоэнергетика и энергосбережение, математическое моделирование и совершенствование технических систем и технологических процессов, микроэлектроника и оптоэлектроника). Сборник трудов V Международной научно-технической конференции. В 2 т. Т. 1. Филиал ФГБОУ ВО «Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, 2015. - 264 - 266 с.
4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести - Введ. 01.07.86. - М.: Издательство стандартов, 2004. - 29 с.
5. Технические характеристики спектрофлуориметра Флюорат-02-Панорама. Сайт компании «Люмэкс» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-02-panorama.php#specification>
Дата обращения: 01.10.2016.

*М. В. Беляков, к.т.н., доцент; Д. О. Нурпеисова, студ.; В. В. Иванова, студ..
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН РАСТЕНИЙ

Актуальность разработки анализатора фотолюминесценции заключается в необходимости быстрого определения всхожести семян различных сельскохозяйственных культур. Главным критерием выбора источника излучения анализатора фотолюминесценции является соответствие спектра его излучения спектру чувствительности семян – спектру возбуждения люминесценции η_{λ} . При этом получается максимальный КПД источника. Однако при создании прибора и его макета необходимо, чтобы диапазоны излучения источника и чувствительности приемника не перекрывались.

Примем в качестве спектральной чувствительности семян типовую кривую спектра люминесценции пшеницы, представленную на рис. 1 [1]. Видно, что спектр излучения источника должен находиться в пределах 355...460 нм. Наиболее целесообразным представляется поиск источника с максимумом 425 нм, поскольку на данную длину волны излучения приходится пик, максимум кривой спектра возбуждения. В то же время излучение этой длины волны попадает в спектр люминесценции и будет ошибочно принято приёмником оптического излучения. Поэтому выбирать источник с данной длиной волны

излучения не рекомендуется. Это и обуславливает актуальность исследования зависимости потока люминесценции от длины волны возбуждения и выбора той длины волны, при облучении которой поток люминесценции будет достаточно высоким.

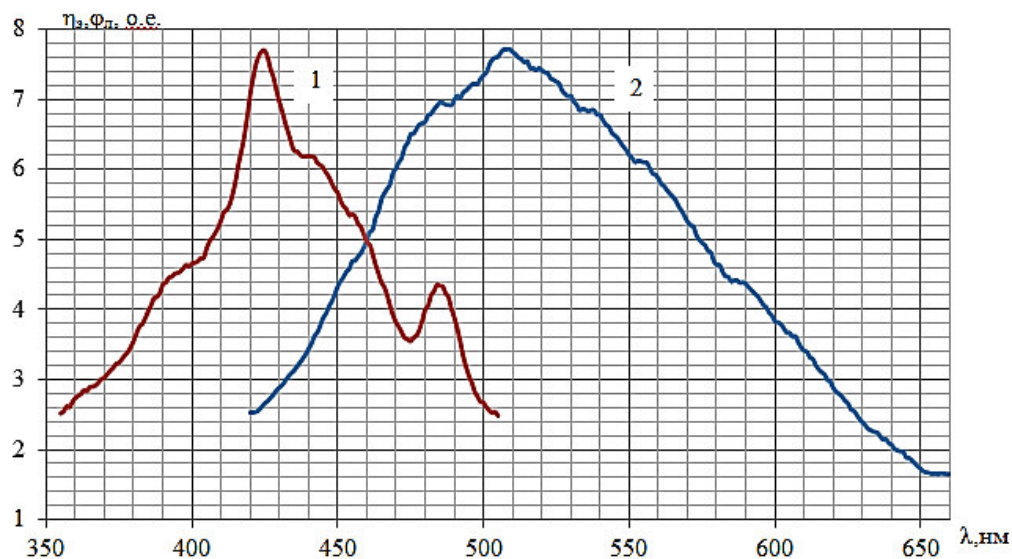


Рис. 1. Типовые спектры возбуждения (1) и люминесценции (2) семян сельскохозяйственных растений

Для исследования зависимости потока люминесценции от длины волны возбуждающего излучения был проведен опыт на семенах пшеницы. Исследования проводили на аппаратно-программном комплексе, состоящем из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «PanoramaPro» и внешней камеры для исследуемых образцов. Спектрофлуориметр включает оптическую часть с источником и приёмниками излучения, системы сканирования дифракционных монохроматоров, электронный измерительный блок и др. Для проведения флуоресцентной диагностики семян была разработана камера, позволяющая надёжно закрепить семя и защищающая волоконно-оптический жгут от засветок. Источником излучения прибора служит ксеноновая лампа высокого давления, работающая в режиме испускания коротких импульсов, частота повторения которых составляет 25 Гц. Приёмником излучения люминесценции является фотоэлектронный умножитель. Приборная погрешность составляет 3%.

Исследования включали в себя измерение спектра люминесценции $\Phi_{\lambda}(\lambda)$ при облучении семени пшеницы определенными длинами волн (425, 420, 415, 410, 405, 400, 395 и 390 нм). Полученные кривые спектров люминесценции усреднены по двадцати измерениям (рис. 2). Кроме того, вычислены максимальные значения спектра люминесценции, относительный поток в диапазоне 445..660 нм. Полученные данные представлены в табл. 1.

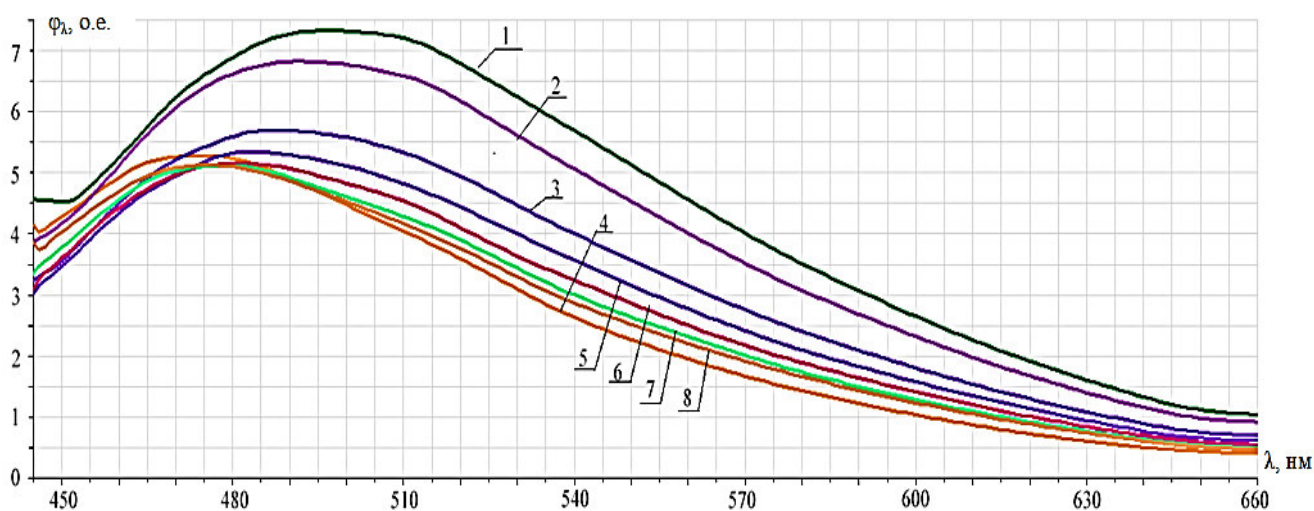


Рис. 2. Усреднённые спектры люминесценции семян пшеницы для различных длин волн возбуждения: 1 – 425 нм, 2 – 420 нм, 3 – 415 нм, 4 – 410 нм, 5 – 405 нм, 6 – 400 нм, 7 – 395 нм, 8 – 390 нм.

Таблица 1 – Параметры люминесценции семян пшеницы при различных длинах волн возбуждения

$\lambda_{\text{возб}}, \text{ нм}$	$\eta_{\text{отн}}, \%$	$\Phi, \text{ о. е.}$	$\Phi_{\text{л, макс}}, \text{ о. е.}$
425	100,0	951,1	7,42
420	92,1	867,1	6,90
415	75,9	705,7	5,79
410	68,5	642,8	5,43
405	63,3	606,2	5,37
400	60,5	583,0	5,22
395	58,8	573,9	5,22
390	56,6	553,5	5,18

Выбор типа источника излучения пал на светодиоды (СД), поскольку они являются наиболее подходящими по спектру излучения и имеют высокий КПД. Эксплуатационные свойства СД очень хороши: мгновенное зажигание при подаче питающего напряжения и стабильная работоспособность при любой температуре (от -55 до $+85^{\circ}\text{C}$), не боятся высоких механических нагрузок (удары, вибрации, линейные ускорения), могут работать в вакууме и при высоком атмосферном давлении. Срок службы большинства современных светодиодов в номинальном режиме превышает 50000 ч, при этом нет снижения уровня светового потока. Схемы включения СД предельно просты, т.к. они допускают последовательное и параллельное включение без выравнивающих сопротивлений. Достоинствами светодиодов также являются: исключительно высокая надежность, малые габариты, электрическая безопасность [2]. Основным недостатком СД является малая единичная мощность. Многие фирмы, в том числе и отечественные, производят многокристальные СД, в которых для увеличения мощности на одной подложке смонтировано несколько кристаллов, соединенных последовательно-параллельно. Мощность таких многокристальных СД, называемых также «светодиодными матрицами», достигает 5...10 Вт.

Наиболее подходящими оказались светодиоды с максимумами на 409 и 418 нм – N3535U-UNx1 компании SEMILEDS. Их спектральные характеристики представлены на рис. 3. Паспортные данные и внешний вид СД представлены на рис. 4 и табл. 2 и 3 [3].

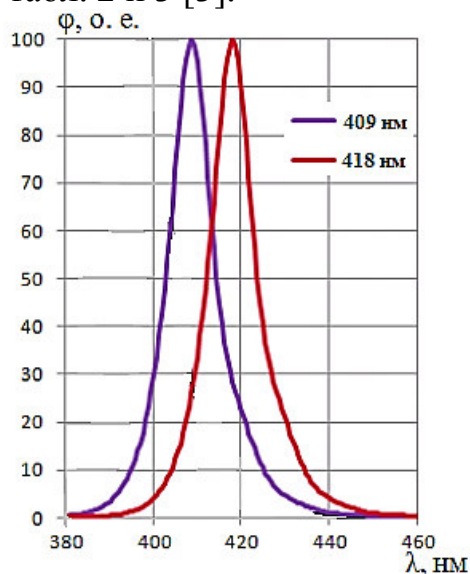


Рис. 3. Спектры излучения светодиодов N3535U-UNx1

Таблица 2 – Основные параметры светодиода N3535U-UNx1 при 500 мА

Тип	Цвет	λ , нм		2ω	Температурный коэффициент мВ/°С	Температурный коэффициент электрического сопротивления (С/См)
		Минимум	Максимум			
N3535U-UNF1-A1G11H	U60	400	410	55	-2 – -4	4,4
	U70	410	420	55	-2 – -4	4,4

N3535U-UNF1-A1G11H (beam angle 55°)

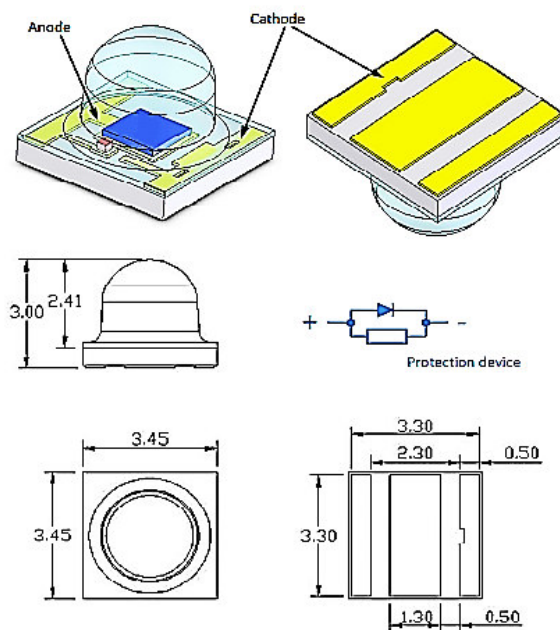


Рис. 4. Внешний вид и размеры светодиода N3535U-UNx1

Таблица 3 – Эксплуатационные параметры светодиода N3535U-UNx1

Параметры	Номинальные значения
	N3535U-UNx1
Постоянный прямой ток	1000 мА
Температура <i>p-n</i> перехода светодиода	150 °С
Рабочая температура светодиода	-40 °С – 85 °С
Температура хранения	-40 °С – 125 °С
Электростатическая чувствительность	2,000 В НВМ (JESD-22A-114-B)
Обратное напряжение	Не предназначен для эксплуатации в обратном смещении (BP≤5В)

Литература

1. Беляков, М. В. Типовые спектральные характеристики люминесценции семян растений. [Текст] // Естественные и технические науки, 2015, №11, с.521-525.
2. Шуберт, Ф. Светодиоды. [Текст] / Ф.Шуберт – М.:Физматлит, 2-е изд., 2008. – 496 с.
3. Светодиод N3535U-UNx1. Каталог производственной фирмы «Semileds». Паспортные данные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.semileds.com/system/files/N3535U-UNx1.pdf>. Дата обращения: 05.10.2016.

*М.В. Беляков к.т.н., доц, А.В. Камарчук, студ., А.Д. Капралов, студ.;
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСКУССТВЕННО СОСТАРЕННЫХ СЕМЯН БЕЛОЙ ФАСОЛИ

В большой мере технологии современного сельскохозяйственного производства определяются посевными качествами семян. Существующие методы оценки качества воздушно-сухих семян путем их проращивания требуют значительных затрат времени и труда на подготовку проб и процесс проращивания семян, полностью исключая возможность оперативного контроля посевных качеств. Актуальностью работы является разработка экспресс-методов оценки посевных качеств семян на основе изучения спектральных оптических характеристик семян в видимой и ближней ультрафиолетовой областях.

Методы исследования флуоресценции конкретных веществ обладают высокой чувствительностью, а также кратким временным диапазоном, так как испускание флуоресценции происходит через 10^{-8} с после поглощения света. За это время происходит множество различных молекулярных процессов, которые влияют на спектральные характеристики флуоресцирующего соединения. В настоящее время созданы приборы, позволяющие измерять флуоресценцию 10^{-18} с зонда в живой клетке за время около 10^{-5} с, что намного превосходит чувствительность и быстроедействие даже таких чувствительных методов, как радиоизотопный и иммуноферментный. Кроме того, исследование флуоресценции позволяет получить информацию о состоянии живых и неживых систем, не повреждая их, и не требует большого объема пробы. В тоже время традиционные методы определения всхожести по ГОСТ 12038-84 требуют большого объема посевного материала (четыре пробы по 100 семян в каждой), широкого набора оборудования и расходных материалов и затратны по срокам определения (7-21 суток).

Разработка методики исследования люминесценции проводилась на основе аппаратно-программного комплекса, состоящего из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «PanoramaPro» и внешней камеры для исследуемых образцов. На основании сделанных ранее выводов возможна разработка методики спектрального анализа семян сельскохозяйственных культур. Реализация методики наиболее удобна при использовании программы PanoramaPro. Методика включает в себя следующие этапы:

1. Подготовка установки к работе.
2. Визуальный анализ и отбор образцов семян.
3. Измерение спектра (спектров) люминесценции.
4. Измерение спектра возбуждения.
5. Построение спектров возбуждения и люминесценции и их общий анализ.
6. Математические операции с графиками.

Для экспериментов были необходимы партии семян одной культуры и сорта с различной всхожестью: от высокой до почти нулевой. Это было получено путём искусственного снижения всхожести. Всхожесть партий семян определяли по ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

В качестве исходной партии были взяты семена белой фасоли высокой всхожести - 99,75%. Из исходной партии была взята часть семян для искусственного состаривания – снижения всхожести. У семян отобранных партий после досушивания на воздухе определяли всхожесть и отбирали по 100 семян для исследования люминесцентных свойств. Измеряли спектры возбуждения и люминесценции отобранных семян. По результатам измерений проводили статистическую обработку, где проводили усреднение по 100 спектрам. Полученные результаты представлены на рис. 1.

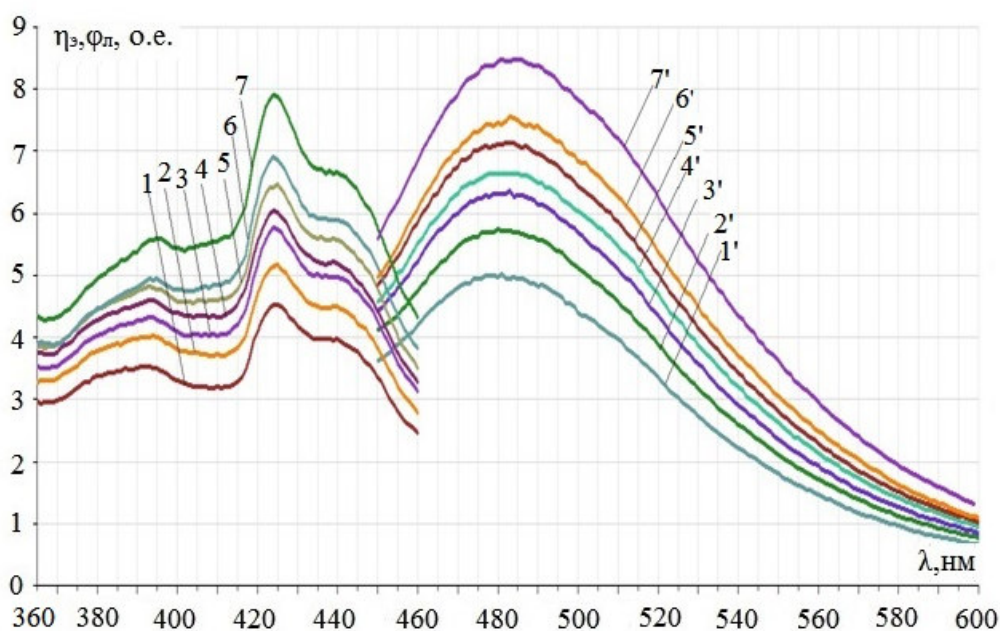


Рисунок 1 - Результаты исследования влияния всхожести на люминесценцию семян белой фасоли

1 и 1' – спектры со всхожестью 99,75%; 2 и 2' – спектры со всхожестью 90,5%; 3 и 3' — спектры со всхожестью 85,5%; 4 и 4' — спектры со всхожестью 69%; 5 и 5' — спектры со всхожестью 65,5%; 6 и 6' — спектры со всхожестью 63%; 7 и 7' — спектры со всхожестью 30%

Семена с всхожестью 99,75% имели наименьший сигнал люминесценции – 5,02 о.е. После начала состаривания уровень сигнала начал повышаться: для 1, 2, 3, 4, 5, 6 сроков состаривания уровень сигнала составил 5,73 – 8,48 о.е., всхожесть уменьшилась постепенно, как приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты состаривания семян белой фасоли

№	Срок состаривания	Всхожесть, %	Кол-водней состаривания	Погрешность измерений потока люминесценции, %	
				$\alpha=0,5$	$\alpha=0,9$
1	0 срок	99,75	0	1,1	2,8
2	1 срок	90,50	5	1,0	2,4
3	2 срок	85,50	8	1,2	2,9
4	3 срок	69,00	12	1,4	3,5
5	4 срок	65,50	15	1,4	3,6
6	5 срок	63,00	18	1,6	4,1
7	6 срок	30,00	21	1,8	4,6

Для семян со всхожестью 30% сигнал люминесценции наибольший – 8,48 о.е. Стоксов сдвиг от всхожести никак не зависит, что следует из таблицы 2. Пик максимума люминесценции возрастает, и увеличиваются в 1,7 раза, измерения проводились в одинаковых условиях, но при этом пик спектра люминесценции сильно не меняется, максимум люминесценции в диапазоне – 480 - 485 нм. Пик максимума возбуждения возрастает, и увеличивается в 1,8 раза. Диапазон находится в пределах 424 - 425 нм.

Таблица 2 - Результаты обработки спектров семян белой фасоли в программе «PanoramaPro»

Всхожесть, %	спектр возбуждения			$\Delta\lambda$, нм	спектр люминесценции		
	Н, о.е.	$\lambda_{в, макс}$, нм	$\eta_{э, макс}$, о.е.		Ф, о.е.	$\lambda_{л, макс}$, нм	$\Phi_{л, макс}$, о.е.
99,75	332	424	4,53	57	439	481	5,02
90,50	338	425	5,16	55	506	480	5,73
85,50	412	424	5,76	59	562	483	6,35
69,00	436	424	6,03	58	601	482	6,65
65,50	462	425	6,47	57	644	482	7,14
63,00	483	424	6,92	59	684	483	7,55
30,00	546	424	7,91	61	784	485	8,48

Интеграл от спектра люминесценции с уменьшением всхожести увеличивается, это видно на рисунке 2. Спектры возбуждения и

люминесценции семян качественно схожи между собой. Данные были обработаны в программе «*PanoramaPro*».

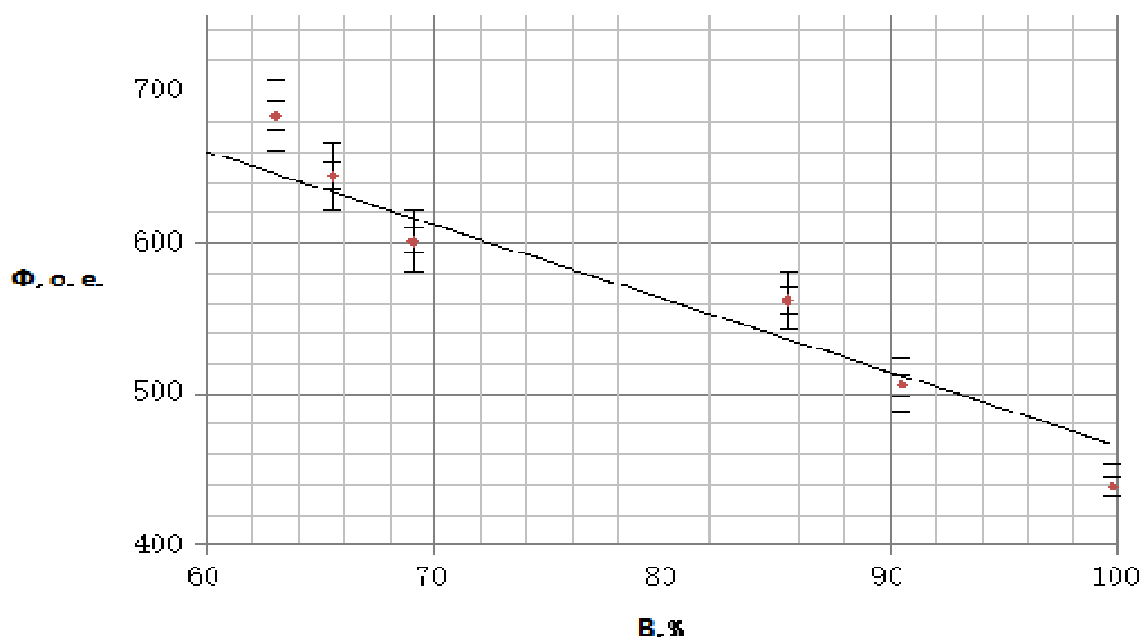


Рисунок 2- Зависимость потока люминесценции семян белой фасоли от их всхожести (диапазон относительной погрешности для надёжности: $\alpha=0,5$ и $0,9$)

Качество результатов измерения характеризуется указанием их погрешности. Относительная погрешность измерений называют отношением абсолютной погрешности измерений к истинному значению измеряемой величины.

Для инженерных расчётов используют надёжность $\alpha=0,9$. Для биологических объектов, которые имеют различный разброс параметров: степень поражённости микроорганизмами, пигментацией верхнего слоя, запылённостью, размером, сама погрешность измерения, как объект прилегает к световоду, для них применяется надёжность $\alpha=0,5$. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Относительная погрешность измерений характеристик семян белой фасоли для всех значений всхожести практически одинакова, поэтому можно пользоваться средней погрешностью 1,4% для надёжности $\alpha=0,5$, а 3,4% для надёжности $\alpha=0,9$.

Применение люминесцентного метода для определения всхожести зерновых культур не является широко применимым, но результаты использования этого метода, свидетельствуют о перспективности его применения.

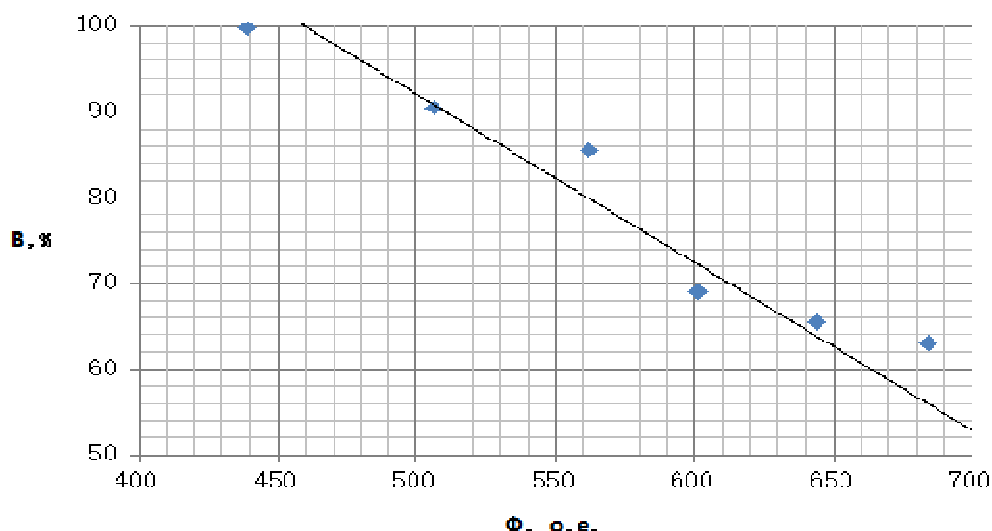


Рисунок 3 - Зависимость всхожести семян белой фасоли от их потока люминесценции

*М.В. Беляков, к. т. н., доцент; А.С. Снигирев, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СПЕКТРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СВЕЧЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ СОЛАНИЗАЦИИ

Исследование является очень актуальным в среде селекционеров, т. к. зависимость величины урожая от качества семенного материала слишком велика. Существует множество способов повысить урожайность картофеля, но самым эффективным является озеленение клубней на свету, т. е. их соланизация. Сам по себе солонин является ядом и употреблять такие клубни в пищу опасно. Однако для повышения урожайности и всхожести картофеля он необходим [1].

Были исследованы типовые спектральные характеристики клубней картофеля в процессе его соланизации. Опыт проводился на протяжении 46 дней. В это время картофель соланизировался в естественных условиях, т. е. на улице, при естественном освещении.

Для исследования были отобраны 2 клубня картофеля сорта Удача средней величины, которые должны были помещаться во внешнюю камеру прибора.

Для визуального представления соланизации образцов, в день измерения их фотографировали. На рис. 1 представлены фотографии наиболее заметных изменений окраски картофеля в процессе соланизации.



Рис.1. Фотографии клубней картофеля при его соланизации

Также, на протяжении 46 дней фиксировались погодные условия, при которых производилась соланизация. Данные по погодным условиям представлены в табл. 1. Наибольшее количество дней была пасмурная погода, поэтому соланизация происходила неравномерно.

Таблица 1. Количество ясных, пасмурных дней и дней с переменной облачностью при соланизации

День измерений	0	3	10	13	17	20	25	29	34	43	46
Количество ясных дней	0	0	3	3	4	4	4	5	7	11	13
Количество пасмурных дней	0	3	6	8	10	12	16	18	21	26	27
Количество дней с переменной облачностью	0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6

Исследование спектров проводилось на аппаратно-программном комплексе, состоящем из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «RanogamaPro» и внешней камеры для исследуемых образцов [2].

Опыт проводился на неочищенном картофеле, при максимальной чувствительности прибора. Измерялся его синхронный спектр, при котором монохроматоры каналов возбуждения и регистрации перестраиваются с постоянным смещением, как правило от 50 до 120 нм.

График синхронного спектра неочищенного картофеля представлен на рис. 2.

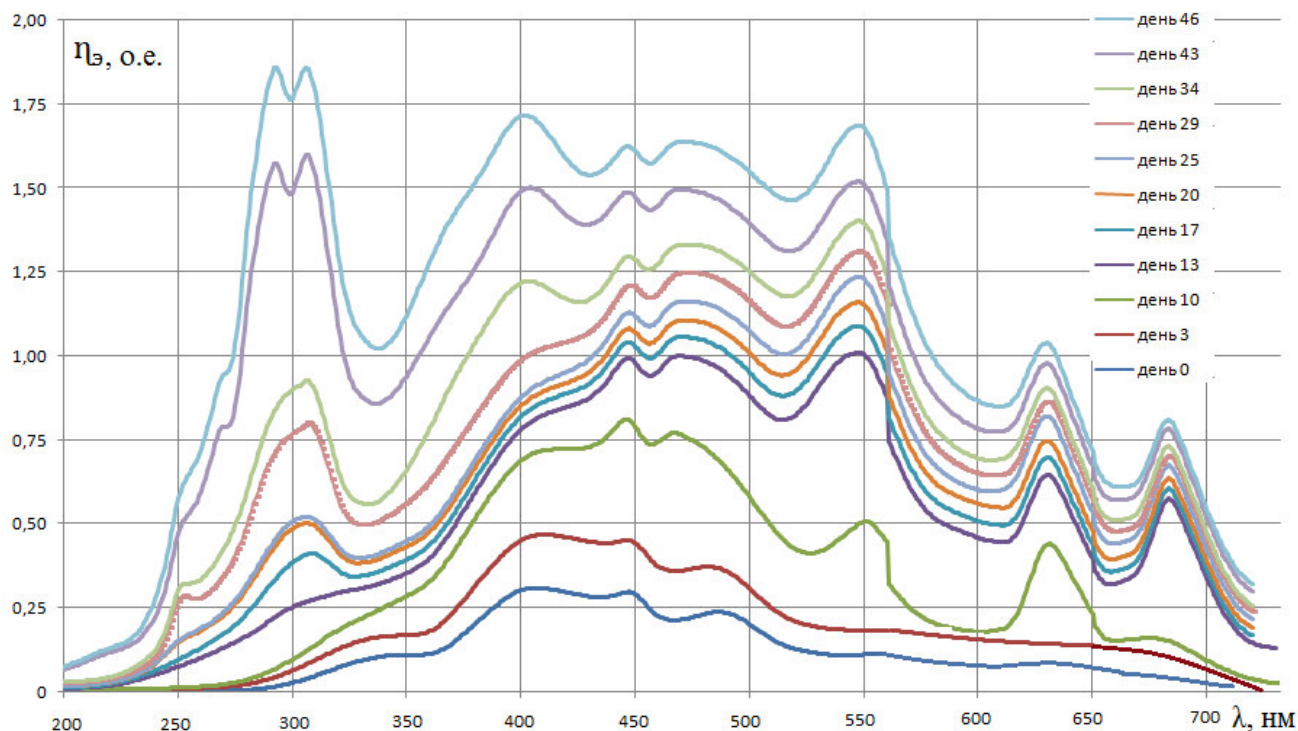


Рис.2. Синхронный спектр картофеля

Синхронное сканирование производилось при смещении 70 нм, в диапазоне от 200 нм до 720 нм. На графике просматривается возрастание сигнала на протяжении всего опыта. Тем не менее, этот сигнал сравнительно мал. Начиная с нулевого дня наблюдается единственный максимум на 400...450 нм (с интенсивностью 0,3 о.е), который в процессе опыта, сдвигается вправо. На 10 день появляется два новых максимума на 547 нм и 635 нм. Начиная, с 13 дня соланизации в синхронном спектре картофеля наблюдается уже 6 максимумов возбуждения:

- Первый максимум: 313 нм (интенсивность 1,83 о.е.);
- Второй максимум: 407 нм (интенсивность 1,69 о.е.);
- Третий максимум: 466 нм (интенсивность 1,60 о.е.);
- Четвертый максимум: 547 нм (интенсивность 1,66 о.е.);
- Пятый максимум: 634 нм (интенсивность 1,06 о.е.);
- Шестой максимум: 672 нм (интенсивность 0,83 о.е.).

При наиболее подробном рассмотрении максимумов можно заметить, что первый максимум на 313 нм начинает проявляться лишь на 17 день, а на 43 и 46 день он и вовсе разделяется на два максимума возрастая от предыдущего на 0,6 о. е. Второй максимум на 407 нм проявляется лишь на 34 день постепенно увеличиваясь. Третий максимум является самым протяженным из всех, до 10 дня данный максимум был на 432 нм и в ходе опыта, после 10 дня он сместился вправо, образовав максимум на 466 нм. Четвертый и пятый максимумы повторяют друг друга и появляются лишь на 10 день, а уже на 13 день опыта они выравниваются и в дальнейшем постепенно возрастают. Шестой максимум появляется лишь на 13 день, и также постепенно увеличивается.

После построения графика синхронного спектра и выявления зависимости возрастания сигнала, были вычислены интегралы от кривых η , о. е. на промежутке от 200 нм до 720 нм. Данный параметр имеет физический смысл относительной энергии возбуждения. Кроме того, по данному графику косвенно можно судить об интенсивности люминесценции картофеля в процессе соланизации. По результатам интегрирования был построен график, который может быть аппроксимирован экспоненциально возрастающей кривой (рис. 3).

Также в ходе измерений было выявлено, что в слабо соланизированном картофеле не наблюдаются спектры люминесценции и возбуждения. Для их регистрации были взяты клубни картофеля соланизированные естественным образом, они имели ярко-зеленый окрас. Их поместили в камеру прибора, после чего измерили синхронный спектр, спектр люминесценции, а затем и спектр возбуждения (рис. 4).

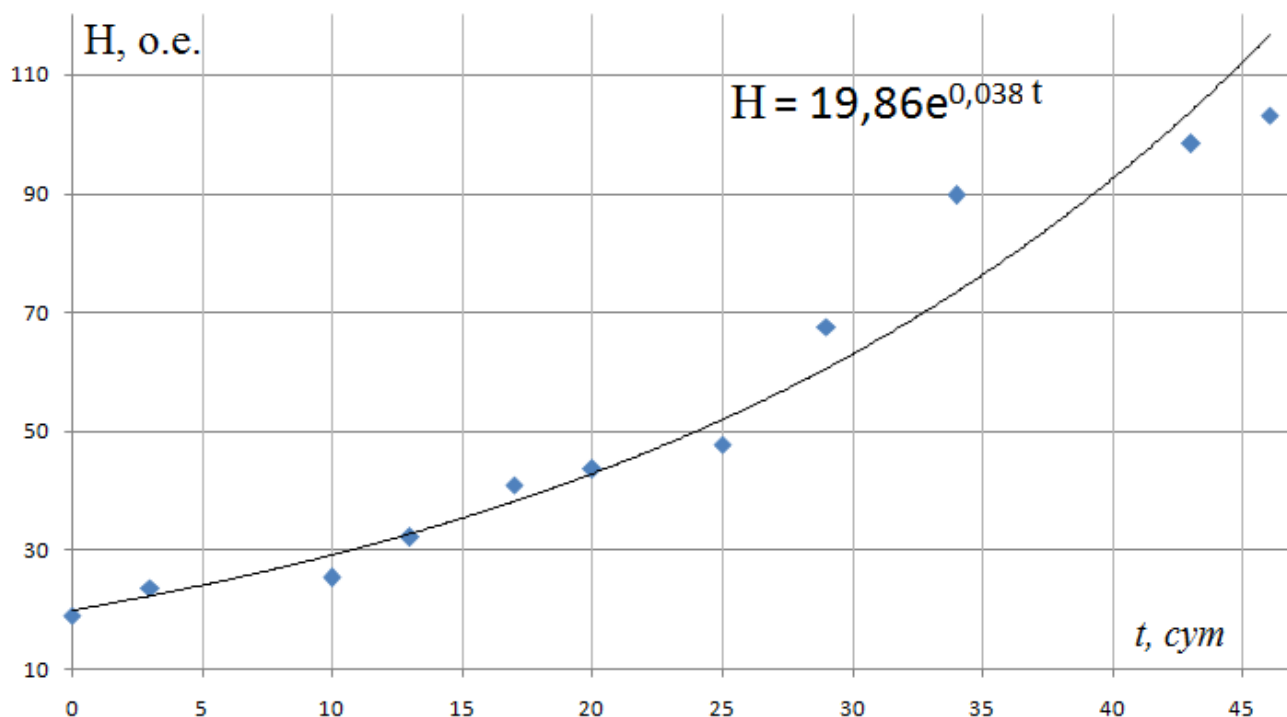


Рис.3. Результаты интегрирования и аппроксимации зависимости $H(t)$

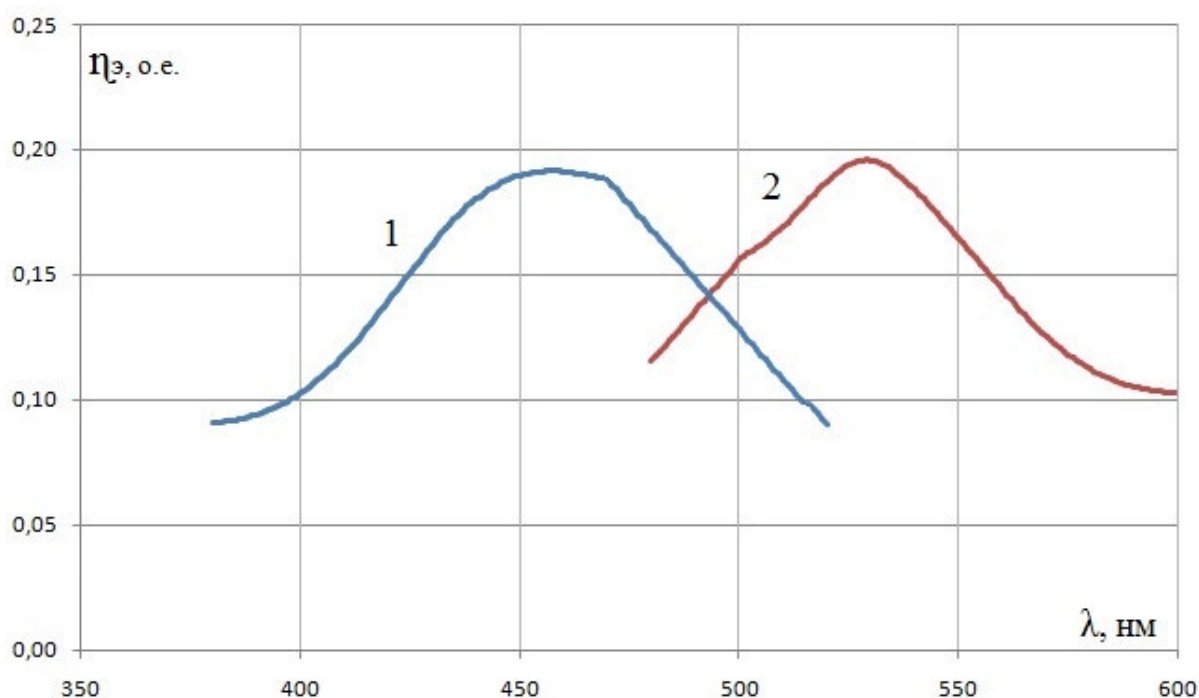


Рис.4. Спектры возбуждения (1) и люминесценции (2) картофеля

Из графика синхронного спектра видно, что он имеет 4 максимума, но в ходе опыта было выявлено, что лишь по результатам первого пика (460 нм) синхронного спектра, возможно, построить спектр люминесценции.

Пик люминесценции имеет длину волны равную 529 нм. По результатам люминесценции был измерен спектр возбуждения, график которого по форме повторяет первый пик синхронного спектра, но имеет большую интенсивность (0,19 о.е.).

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что неочищенный картофель имеет 6 максимумов возбуждения при синхронном сканировании. Каждому максимуму соответствует своя интенсивность, которая возрастала в процессе соланизации.

Качественные изменения характеристик возбуждения люминесценций картофеля связаны с появлением ярко выраженных максимумов на длинах волн 313 нм, 407 нм, 466 нм, 547 нм, 634 нм, 672 нм. Количественные изменения состоят в увеличении интенсивности каждого пика возбуждения. Интегрально относительная интенсивность возбуждения за 46 суток увеличивается в 5,5 раз.

Результаты данного опыта могут быть использованы при разработке методики экспресс – контроля степени соланизации клубней картофеля.

Список литературы

1. Турко С. А., Рубель М.И., Иванюк В.Г. и др. Настольная книга картофелевода. – М.: Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, 2007. – 74 с.
2. Технические характеристики спектрофлуориметра Флюорат – 02 – Панорама. Сайт компании «Люмэкс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-02-panorama.php#specification> Дата обращения: 28. 02. 2016.

Л.Н. Брызгалова, к.т.н., доцент

(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *RGB* ФОТОДИОДА В КОЛОРИМЕТРЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КЗС

Проблема точного фотоэлектрического определения цвета не решена и является весьма актуальной.

Появление микротехнологий и цифровых устройств открывает широкие возможности в приборостроении, и в частности в создании новых приемников излучения, которые могут быть использованы в колориметрах – приборах для измерения цвета.

Большинство производимых цифровых цветовоспринимающих сенсоров (фотодиодов, цветовых матриц и т.п.) производятся под заказ, небольшими объемами исходя из целей заказчика. А те устройства которые находятся во всеобщем доступе и свободной продаже, являются приборами качественно определяющими цвет, но количественно не слишком точно определяющие его координаты. Различные модели различных производителей *RGB* фотодиодов имеют свои кривые спектральной чувствительности, что делает численную оценку координат цвета и цветности разными фотодиодами не единообразной и уж тем более не приведенной к кривым стандартных колориметрических систем МКО.

Примером может служить модельный ряд цветовых сенсоров фирмы *Hamamatsu*. Стоимость таких приборов относительно не высока за счет развития компьютерных технологий и автоматизации производства.

В данной работе была оценена возможность использования *RGB* фотодиода *Hamamatsu S9702* в качестве в качестве приемной части колориметра, работающего в основной физиологической системе КЗС.

Выбор такого приемника излучения был обусловлен техническими и экономическими факторами.

RGB Фотодиод *Hamamatsu S9702* – цветовой сенсор, вмонтированный в пластмассовый корпус. Активная зона выполнена в виде квадрата, площадью 1 мм². Устройство имеет трехканальный кремниевый фотодиод (RGB), каждый из каналов которого чувствителен в своей части спектра: синий (B) 400-540 нм, зеленый (G) – 480-600 нм, красный (R) 590-720 нм. Кривые спектральной чувствительности выбранного фотодиода (рис.1) [1] подобны кривым $\bar{k}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, $\bar{s}(\lambda)$ физиологической системы КЗС (рис.2) [2]. Предполагалось, что такой RGB фотодиод можно использовать в колориметре, работающего в системе КЗС с некоторой погрешностью измерения координат цветности.

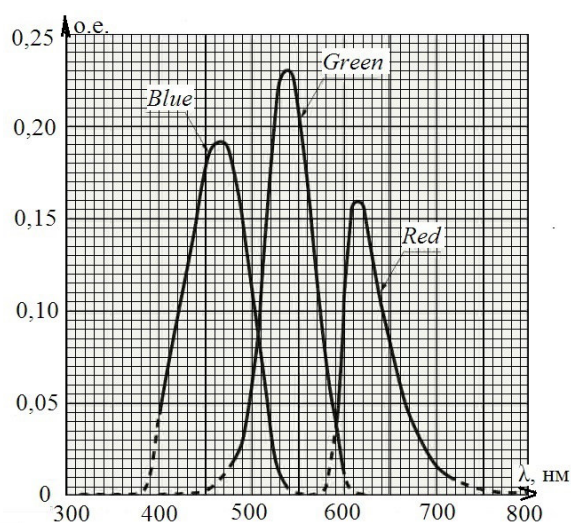


Рис. 1. Кривые спектральной чувствительности RGB фотодиода *Hamamatsu S9702*

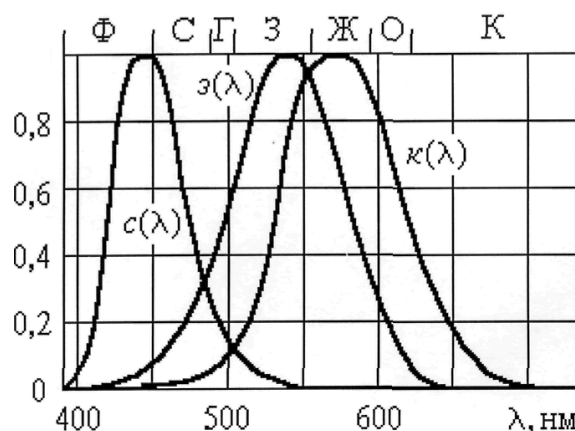


Рис. 2. Кривые относительной спектральной чувствительности КЗС – приемников органа зрения. Ориентировочные границы участков спектра: Φ- фиолетовый, С - синий, З-зеленый, Ж - желтый, О - оранжевый, К - красный.

Погрешность измерения колориметром с рассматриваемым фотодиодом в качестве фотоприемника оценивалась на первом этапе через относительную актиничность a , которая обычно используется при оценке качества спектральной коррекции приемников излучения физических колориметров [3]:

Относительную актиничность рассчитывают по формуле [2]:

$$a = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_e(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_s(\lambda) S_o(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_e(\lambda) S_o(\lambda) d\lambda \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_s(\lambda) S(\lambda) d\lambda}, \quad (1)$$

где: $\varphi_e(\lambda)$ – относительная спектральная плотность потока исследуемого источника, в данном случае – источника D_{65} ,

$\varphi_3(\lambda)$ – относительная спектральная плотность потока эталонного излучения, в данном случае – источника А,

$S(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность исследуемого приемника (в данном случае *RGB* приемники *RGB-фотодиода*),

$S_0(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность образцового приемника.

Абсолютная погрешность измерения координат цветности однозначно определялась цветностью измеряемого излучения и относительной погрешностью измерения координат цвета каждым из трех приемников колориметра.

За образцовые приемники были взяты КЗС – приемники органа зрения, имеющие относительные спектральные чувствительности $\kappa(\lambda)$, $z(\lambda)$, $c(\lambda)$. [2],

Эталонным источником в расчетах взят источник типа А, исследуемым источником – источник *D65*, исследуемый приемник – *RGB* фотодиод *S9702* фирмы *Hamamatsu*.

Оценка проведена для нескольких различных образцов цвета. В качестве этих образцов, были взят набор из 14 контрольных цветовых образцов МКО [2,3], в том числе представляющих насыщенный красный, желтый, зеленый, синий цвета и образцы воспроизводящие цвета человеческой кожи и зеленых листьев. Значения спектральных коэффициентов отражения исследуемых образцов $\rho_i(\lambda)$ взяты из [5].

Разработана программа расчета актиничности на базе табличного процессора Microsoft Excel, которая позволяет, меняя значения спектральной плотности потока различных источников, чувствительности приемников (исследуемых и образцового), а также спектральных коэффициентов отражения используемых образцов получать значения актиничности для той или иной комбинации этих переменных.

Эталонным источником в расчетах взят источник типа А, исследуемым источником – источник *D65*, исследуемый приемник – *RGB* фотодиод *S9702* фирмы *Hamamatsu*.

Для примера приведена формула (2) расчета актиничности для заданной комбинации эталонного приемника (κ – приемника), исследуемого приемника (*R*- приемника *фотодиода Hamamatsu S9702*) первого стандартного образца цвета:

$$a = \frac{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_i(\lambda) \cdot \varphi_{D65}(\lambda) \cdot V_R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_i(\lambda) \cdot \varphi_A(\lambda) \cdot \bar{\kappa}(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_i(\lambda) \cdot \varphi_A(\lambda) \cdot V_R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_i(\lambda) \cdot \varphi_{D65}(\lambda) \cdot \bar{\kappa}(\lambda) \cdot \Delta\lambda} \quad (2)$$

По этой формуле проведен расчета актиничности для каждого из 14 образцов [5], относительно каждого из трёх приемников фотодиода *Hamamatsu S9702*.

Аналогичный расчет проводится и для двух других приемников *RGB* фотодиода – зеленого (*G*) и синего (*B*).

Для первого образца были получены значения относительной актиничности:

$$a_k=0,6721; a_z=0,9419; a_c=0,8978.$$

На первом этапе анализа возможности использования фотодиода *Hamamatsu S9702* в колориметре путем расчета актиничности показало, что отклонения её от единицы для некоторых образцов превышает 0,5, а у большинства образцов превышает 0,2, что не оставляет никаких сомнений в том, что такой колориметр не пригоден для промышленного использования, так как он будет давать очень большие ошибки при измерении цвета.

Для первого же образца при отклонении значения a от 1 примерно на 30% , что приведет к аналогичной погрешности измерения координат цветности [3], тогда как допуски на использование физических колориметров в промышленности ставят ограничение погрешности в 0,005 при измерении координат цветности [5].

Полученные результаты расчета значений актиничности показали, что создание колориметра на основе *RGB* фотодиода, для точных профессиональных цветовых измерений нецелесообразно.

Очевидно, что для этого фотодиода необходимо подобрать более похожую по спектральной чувствительности колориметрическую систему, кривые сложения которой, будут отвечать следующим требованиям:

- у кривых сложения не должно быть отрицательных ветвей,
- максимумы спектральной чувствительности должны приходиться на 460, 540 и 620 нм,
- диапазоны спектральной чувствительности должны варьироваться в пределах 400-540 нм для синего приемника, 480-600 нм для зеленого приемника и 590-720 нм для красного приемника.

Использование колориметра с рассмотренным фотодиодом *Hamamatsu S9702* возможно лишь в системах автоматизированной грубой сортировки продукции по нескольким главным цветам, на производствах, когда определять точные численные координаты цвета не требуется.

Литература

1. Техническая документация к цветовому сенсору. Фотодиод *RGB Hamamatsu S9702*. 4с.
2. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Ч2. Физиологическая оптика и колориметрия. - М.: Энергоатомиздат, 1989, 432с.
3. Нюбин В. В. Оценка качества спектральной коррекции физических колориметров// Светотехника. 1988. № 6.
4. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. - М.: Мир, 1978, 592с.
5. ГОСТ Р 55703-2013 Источники света электрические. Методы измерений спектральных и цветовых характеристик. М.: Стандартинформ. 2014. 93 с.

*И.Н. Горшенков маг.; С.П. Астахов к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)*

СОЗДАНИЕ ОТСУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ MICRO-CAP

Micro-Cap — это универсальная программа схемотехнического анализа, предназначенная для решения широкого круга задач. Характерной особенностью этой программы, впрочем, как и всего семейства *Micro-Cap*, является наличие удобного и дружественного графического интерфейса, что делает его особенно привлекательным для непрофессиональной аудитории.

Основные возможности *Micro-Cap* можно сформулировать весьма кратко: программа позволяет анализировать электрические режимы работы устройства по заданной принципиальной схеме, а также производить синтез схем активных и пассивных фильтров с заданными характеристиками.

Micro-Cap может анализировать режимы работы аналоговых, цифровых и смешанных (аналого-цифровых) устройств. В цифровых схемах возможно использование микросхем малой и средней степени интеграции (включая ЦАП, АЦП и ПЛИС). Работу схем, содержащих микропроцессоры (микроконтроллеры) и ПЗУ *Micro-Cap* анализировать не может. Не может он также осуществлять трассировку печатных плат, анализировать надежность и проводить расчет тепловых режимов (хотя мощность, выделяемую компонентами, рассчитать может).

Micro-Cap включает в своих библиотеках большое количество компонентов, но далеко не все, т.к. их число растёт с каждым днём. И, чтобы промоделировать поведение тех или иных параметров какого-либо интересующего элемента, отсутствующего в библиотеке, нужно смоделировать его в инструменте *Model*.

С помощью встроенного в *Micro-cap* инструмента *Model* смоделируем, например, мощный излучающий диод УФ-диапазона *NC4U133B* опираясь на приведённые параметры и вольт-амперную характеристику, взятую из datasheet'a на элемент (рис. 1-2).

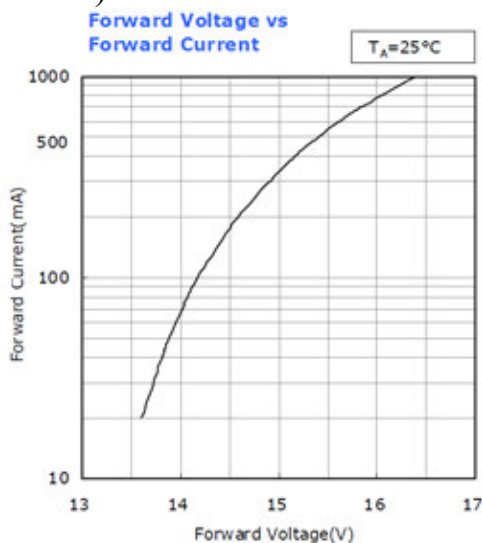


Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика

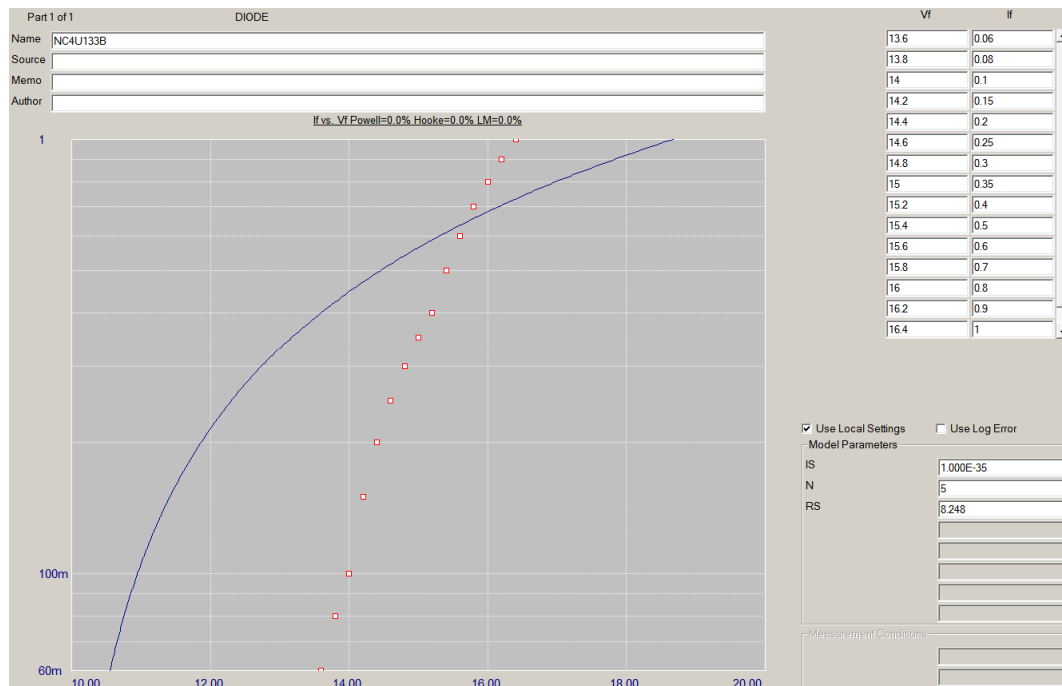


Рисунок 2 – Моделирование элемента в инструменте Model

Для проверки смоделированного элемента построим простейшую схему (рис. 3) и используем функцию *DC Analysis*, чтобы получить вольт-амперную характеристику (рис. 4) и проверить правильность заданных при моделировании параметров.

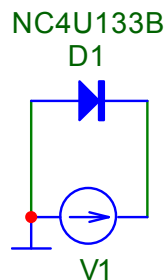


Рисунок 3 – Простейшая схема для выполнения *DC Analysis*

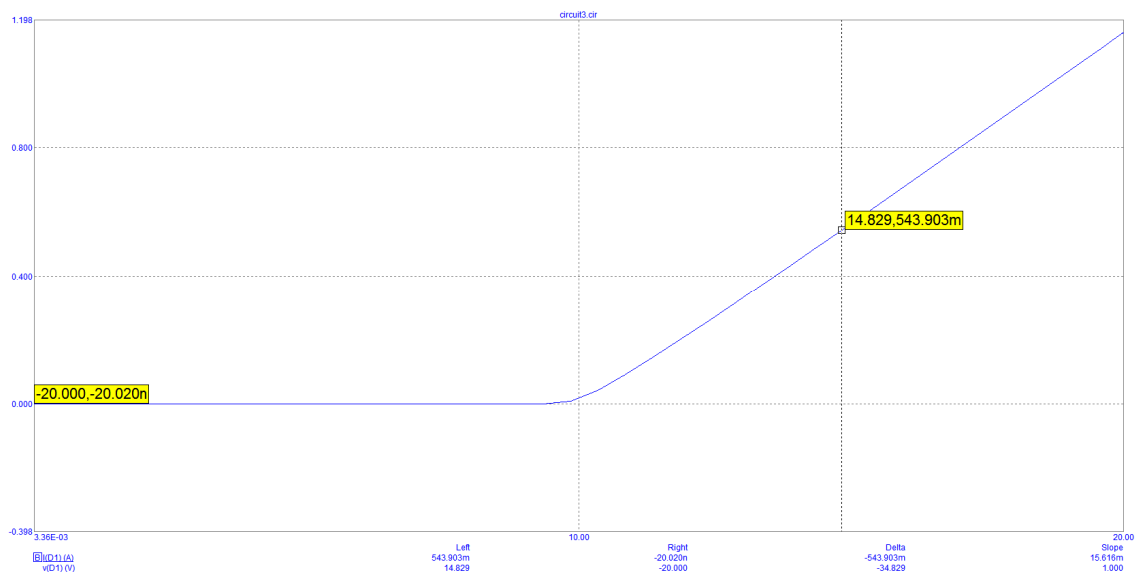


Рисунок 4 – Вольт-амперная характеристика, полученная *DC Analysis*

Из полученной характеристики видно, что исследуемый диод действительно выходит на рабочий режим на уровне рабочего напряжения в 15 В и при рабочем токе 0,5 А.

Проверим смоделированный элемент на схеме, построенной на базе регулятора напряжения второго типа с источником постоянного напряжения в 12 В (рис. 5).

Работа системы управления:

- Протекает ток, создавая падение напряжения на резисторе $R1$.
- Усилитель расслоения напряжений, состоящий из идеального операционного усилителя с ограничениями по выходному напряжению $X5$ и резистивного делителя напряжения $R2$ - $R3$ – падение напряжения сравнивается с напряжением ставки $U_{ст}=50$ мВ, поддерживая на выходе нуль.
- Компаратор $X3$ сравнивает сигнал с пилообразным напряжением создаваемым источником $V4$.
- Если ток увеличивается – расслоение напряжений $U_{рассл}$ уменьшается – значит, напряжение быстрее сравнивается и импульс на выходе появится раньше.
- Этот импульс на каждом такте выключает триггер, который включается сигналом с источника $V5$.
- Если импульс пришёл раньше, то широтно-импульсная модуляция меньше и длительность включения $X1$ так же уменьшилась. Следовательно, напряжение на индуктивности $L1$ меньше, а значит и ток меньше, что и нужно.

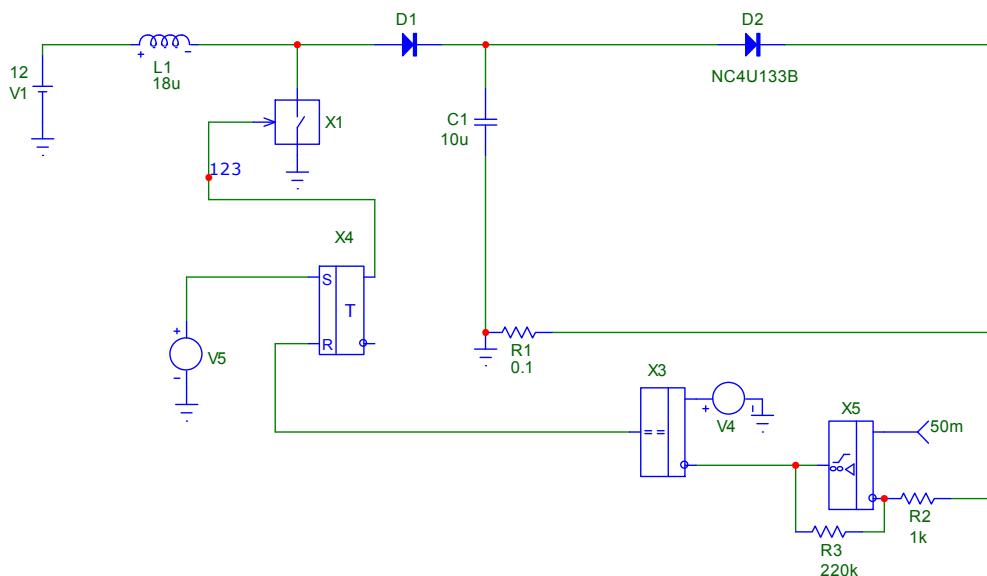


Рисунок 5 – Схема для моделирования питания сборки светодиодов

Проводим анализа переходных процессов *Transient* (рис. 6) для моделирования падения напряжения и установления рабочего тока мощного излучающего диода УФ-диапазона $NC4U133B$. Падение напряжения должно составлять приблизительно 15 В и рабочий ток в 0,5 А.

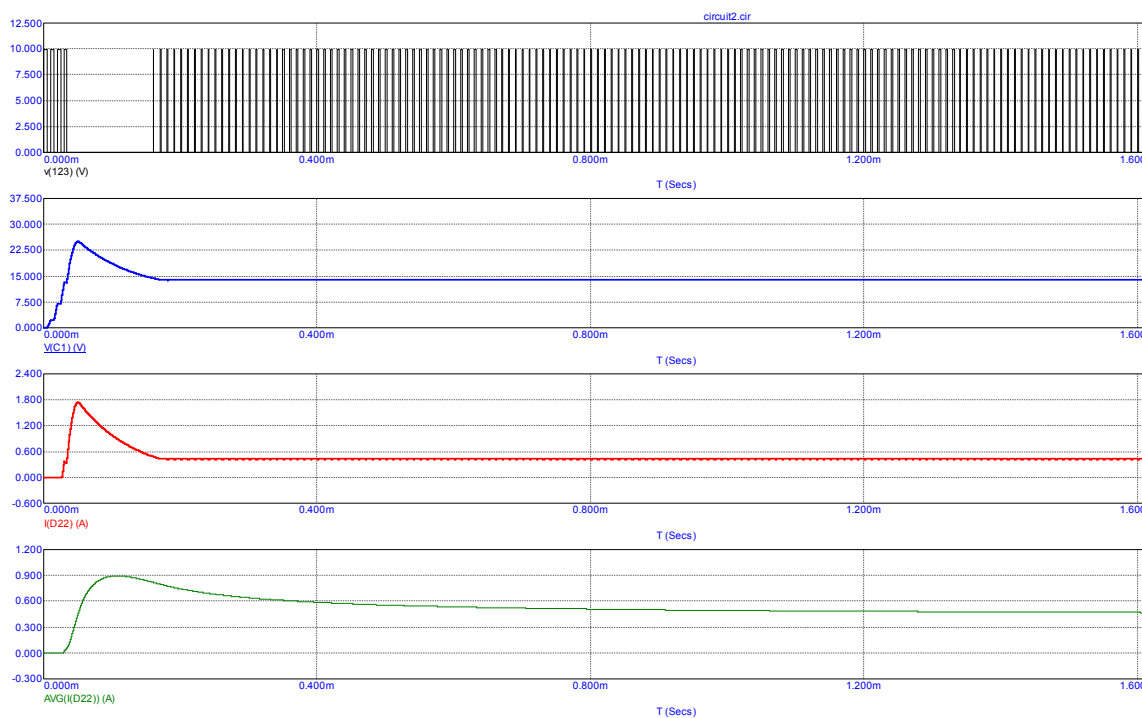


Рисунок 6 – Моделирование схемы питания сборки светодиодов

По результатам анализа видно, что исследуемый элемент был смоделирован правильно и выходит в рабочий режим при рабочем напряжении приблизительно 15 В и рабочем токе в 0,5 А.

Список элементов и для чего они нужны:

$C1=10$ мкФ;

$D1$ – модель диода;

$D2$ –смоделированный мощный излучающий диод УФ-диапазона $NC4U133B$;

$L1 = 18$ мкГн;

$R1 = 0,1$ Ом;

$R2 = 1$ кОм, $R3 = 220$ кОм – резистивный делитель напряжения;

$V1 = 12$ В – источник постоянного напряжения;

$V4, V5$ – генераторы импульсов;

$V6 = U_{\text{ставки}} = 50$ мВ;

$X1$ – цифровой ключ;

$X3$ – компаратор;

$X4$ – RS-триггер;

$X5$ – идеальный операционный усилитель с ограничениями по выходному напряжению.

Литература

1. Краткий ознакомительный экскурс по программе Micro-cap. Версии 9, 10 / М.А. Амелина, С.А. Амелин – 62с.
2. Материал с Интернет-ресурса www.nichia.co.jp/specification/products/led/NC4U133B-E.pdf - Техническая документация на сборки ультрафиолетовых светодиодов NC4U133B

РАСЧЕТ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ФАЗОВОГО ДАЛЬНОМЕРА

Оптико – электронными дальномерами называют устройства, предназначенные для измерения дальности до объекта.

В зависимости от метода измерения дальности лазерные дальномеры делятся на следующие типы: импульсные, фазовые, базовые, интерференционные.

Измерение дальности фазовыми дальномерами заключается в измерении приращения фазы гармонического колебания масштабной частоты за время запаздывания отраженного сигнала.

Структурная схема фазового дальномера, являющегося предметом исследования в настоящей работе, показана на рис. 1.

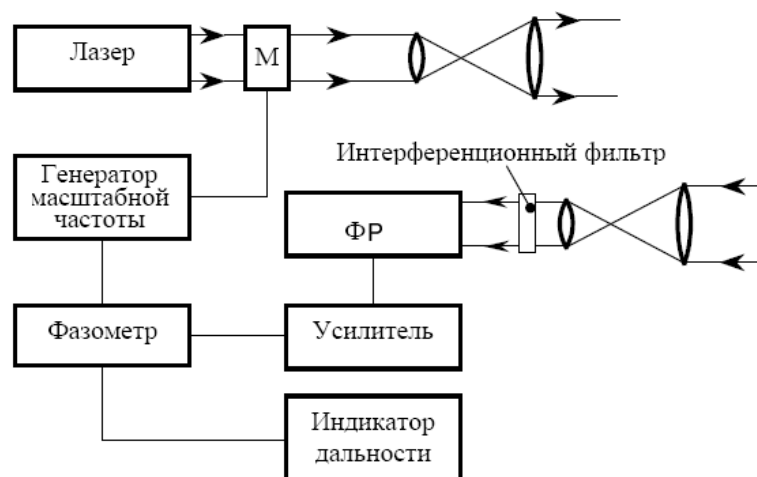


Рис.1 Структурная схема фазового дальномера.

Излучение лазера модулируется по амплитуде в электрооптическом модуляторе М по частоте, задаваемой генератором масштабной частоты. Поток зондирующего излучения формируется в передающей оптической системе и направляется на подстилающую поверхность. Отраженный сигнал попадает в приемную оптическую систему и, пройдя через интерференционный фильтр, попадает на чувствительную поверхность фоторезистора. Далее, пройдя через усилитель, преобразованный в электрический сигнал, поступает на фазометр, где происходит сравнение принятого и модулирующего напряжения. В результате получен сигнал, амплитуда которого зависит от разности фаз сигналов опорного и измерительного каналов. Этот сигнал после обработки поступает на индикатор, где отображается в виде значения дальности.

Дальность действия фазового рассчитывается по следующей формуле:

$$D = \left[\frac{P_{\text{вых}} K_{\lambda} m D_{\text{об}}^2 \rho_{\lambda} S_{\lambda}}{8(m+1) \mu [2\Delta f \varphi_{\text{ш}}]^{\frac{1}{2}} \omega^2 \omega_p} e^{-2k(\lambda)D} \right]^{\frac{1}{4}}$$

где K_{λ} – коэффициент использования излучения фотоприемником,

m – коэффициент модуляции потока излучения,

ρ_{λ} – коэффициент отражения от объекта,

Δf – полоса пропускания приемного тракта,

$\varphi_{\text{ш}}$ – спектральная плотность шумов,

ω_p – расходимость рассеянного излучения от диффузно отражающей поверхности.

Для расчета дальности действия лазерного фазового дальномера необходимо задаться конкретными параметрами прибора и среды (таблица 1 и таблица 2).

Таблица 1 – Параметры для расчета дальности дальномера.

Тип лазера	He-Ne
Длина волны; λ , мкм	0,63
Выходная мощность; $P_{\text{вых}}$, Вт	10^{-3}
Расходимость; ω , "	1
Диаметр объектива; $D_{\text{об}}$, см	5
Отношение сигнал-шум; μ	10
Тип приемника	Фоторезистор
Коэффициент ослабления энергии на ед. длины луча; $k(\lambda)$, км^{-1}	0,2
Коэффициент пространственного распределения отраженного сигнала; k_p	0,1

В настоящей работе был выбран фоторезистор на основе соединения CdS - ФС-КМ1 (без охлаждения), максимум спектральной характеристики, чувствительности которого приходится на длину волны, соответствующую длине волны излучения He-Ne лазера. Параметры фоторезистора приведены в таблице 2. Спектральная характеристика фоторезистора приведена на рисунке 2 (кривая 1).

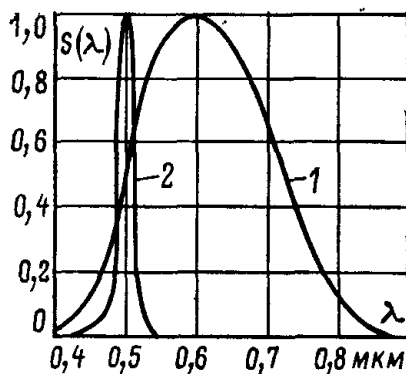


Рис.2 Спектральная характеристика фоторезистора.

Таблица 1 - Параметры фоторезистора.

Интегральная чувствительность; S , А/лм	2
Спектральная чувствительность (при $\lambda_{\text{макс}}=(0,59\dots0,63)$ мкм); S_{λ} , А/Вт	$4,8 \cdot 10^3$
Площадь чувствительной площадки; s , мм ² (круглая)	2
Рабочее напряжение; $U_{\text{фр}}$, В	70
Постоянная времени; τ , с	10^{-3}
Темновое сопротивление; R_T , Мом	3,3

Расчет произведем при помощи специально разработанной программы "Дальномер". В связи с тем, что дальность действия дальномера является аргументом функции $\tau_c = e^{-2k(\lambda)D}$, которая входит в выше изложенную формулу, непосредственно решить уравнение относительно дальности невозможно, поэтому параметр D находится методом последовательного приближения.

Получим $D = 30,9$ км.

Для того чтобы избежать неоднозначности измерений в случае, когда объект находится на расстоянии большем чем модулированный сигнал проходит за половину периода колебания ЭМ волны по формуле определим условие однозначности измерения дальности:

$$D_{\text{и\acute{a}e\tilde{n}}} = \frac{\tilde{n}}{2f_i n}$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме,

$f_m = 90$ Гц – частота модуляции (выбрана из условия $f_m < f_{\text{гр}}$:

$$f_{\text{а\acute{o}}} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}} = 159 \text{ Гц}),$$

$n \approx 1$ – показатель преломления среды распространения излучения.

Подставим численные значения

$$D_{\text{и\acute{a}e\tilde{n}}} = \frac{3 \cdot 10^5}{2 \cdot 90} \approx 1700 \text{ км.}$$

Следовательно, при выбранной частоте модуляции, программой дальность будет, однозначно определяться.

При помощи программы "Дальномер" можно рассчитать дальность действия ЛЛС с произвольно заданными параметрами. Заданные в главе параметры автоматически вводятся после нажатия кнопки "Подставить тестовые параметры". Ниже приведен внешний вид окна программы.

Входные данные	
Выходная мощность, Вт	0.001
Коэффициент использования излучения фотоприемником	0.1
Коэффициент модуляции потока излучения	0.2
Диаметр объектива, км	5e-005
Коэффициент отражения от объекта	0.3
Спектральная чувствительность, А/Вт	4800
Отношение сигнал-шум	10
Ширина полосы пропускания, Гц	10
Спектральная плотность шума, А ² /Гц	1e-017
Угловая расходимость, рад	5e-006
Расходимость рассеянного излучения, рад	1e-005
Коэффициент ослабления энергии на единицу длины пути луча, 1/км	0.2

Результат

Дальность действия, км: 30.880307

Рис 3. Диалоговое окно программы "дальномер"

Литература

1. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М.: Высшая школа, 2001.
2. Проектирование оптико-электронных приборов. Изд. 2-е. Под ред. Якушенкова Ю.Г. М.: Логос, 2000.
3. Мирошников М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: Учебное пособие. 3-е изд., испр. И доп.- СПб.: Издательство «Лань», 2010.-704с.

*А.М. Гришкина студ., А.Н. Конаков, доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ» «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВИЗОРА ПО ТЕПЛОВОМУ КОНТРАСТУ

Тепловизоры являются оптико-электронными устройствами пассивного типа. Приборы функционируют в инфракрасном диапазоне спектрального излучения. Тепловидение – это отрасль в научных исследованиях, занимающаяся изучением физических основ, методов и приборов, которые дают возможность наблюдать за слабонагретыми объектами в природе. Эти устройства называются тепловизорами (термографами). На данный период времени чаще всего используются тепловизионные приборы средневолнового и длинноволнового ИК диапазонов. Сейчас и в ближайшем будущем будет производиться исследование и разработка устройств для сканирования ближнего и коротковолнового инфракрасного поддиапазонов. Но сейчас о их возможной популярности говорить рано.

Тепловидение настолько универсальное средство в технических измерениях, что уже давно применяется в большом числе направлений человеческой деятельности. Самым ярким примером внедрения в нашу жизнь

тепловизионных приборов является их широкое использование для разведывательной деятельности и охраны объектов. Тепловизоры задействованы как в военной среде так и в гражданской, без них не обходится и медицина, уже несколько лет они с успехом используются в диагностических центрах, позволяя на ранних этапах выявить нарушения в организме, а так же контролировать процесс лечения. Для военных тепловизионные приборы являются незаменимыми помощниками, так как в тепловизионный ночной визир не сложно рассмотреть фигуру человека находящуюся в темноте на дистанции до 300 м от наблюдателя. А вот сами объекты военной техники обнаруживают себя на удалении в 2-3 км от приемника излучения. Данный тепловой контроль базируется на сканировании и анализе температуры исследуемых объектов [1].

Главным фактором использования теплового контроля является присутствие в исследуемом цели тепловых потоков. Процесс передачи тепла, его выделения или его поглощения в объекте сводится к тому, что его температурный фон в отличии от температуры среды не постоянен. Размещение тепловых участков на поверхности контролируемого объекта является самым главным параметром в тепловом сканировании, так как заключает в себе информацию, характеризующую особенность процесса теплопередачи, описывающую его внутреннюю структуру и обнаруживающую скрытые внутренние дефекты. В монографии М.М. Мирошникова синтезированы теоретические основы и методы расчета главного функционального параметра тепловизионных систем - «разность температур, эквивалентной шуму» $\Delta T_{пор}$. Данный параметр представляет собой минимальную температурную чувствительность и имеет связь с основными параметрами оптической системы тепловизионного прибора, приемниками оптического излучения, наблюдаемыми целями, слоями атмосферы между объектом и прибором, так же отвечает за связь электронного тракта обработки информации и видеоконтрольного устройства. Нужно заметить, что параметр $\Delta T_{пор}$ М.М. Мирошников выделил как один из основных параметров проектирования систем тепловидения [2].

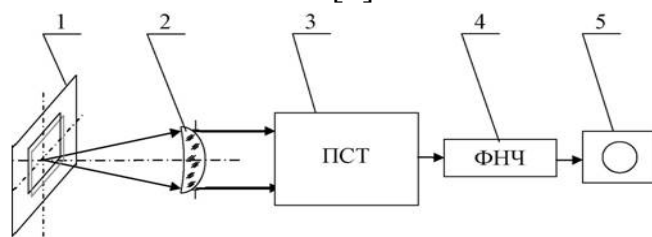


Рис.1. Схема сканирования пороговой разности температур.

На рис.1. представлены: 1 - тест-объект; 2 - коллиматор; 3 - приемная система тепловизора; 4 - эквивалентный электронный фильтр; 5 - осциллограф.

Расчет чувствительности прибора выполняется по формуле:

$$\Delta T = \frac{\rho \Phi_{П.Е.Л.} \sqrt{A_{ПР} \Delta f_{Ш}}}{4,625 \cdot 10^{-12} T^3 d_{эф} \delta^2 \ln \Delta \lambda_{эф} \sqrt{n}}$$

где ρ - отношение сигнал/шум;

$\Phi_{п.е.\lambda} = \frac{1}{D_{\lambda}^*}$ - спектральный порог чувствительности приемника излучения;

D_{λ}^* - удельная обнаружительная способность приемника излучения в максимуме его спектральной характеристики, определенная на электрической частоте, при которой спектр напряжения шума приведен к единице;

$A_{пп}$ - площадь приемника излучения, у которого размеры по горизонтали и вертикали равны;

$\Delta f_{ш}$ - эквивалентная шумовая полоса усилительного такта;

T - температура фона;

$d_{эф}$ - эффективный диаметр входного зрачка оптической системы;

δ - мгновенный угол поля зрения тепловизора;

n - количество приемников, работающих в режиме задержки и накопления;

$\lambda_{эф}$ - эффективная относительная спектральная полоса пропускания приемников;

$$\Delta \ln \lambda_{эф} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) S_{отн}(\lambda) \tau_{атм}(\lambda) \tau_{об}(\lambda) d\lambda / \lambda;$$

$\varphi(\lambda)$ - относительная спектральная характеристика потока излучения объекта;

$S_{отн}(\lambda)$ - относительная спектральная характеристика чувствительности приемника излучения;

Во время исследования ΔT в лабораторных условиях применяется четырехштриховая мира, визуально представляющая квадрат. Геометрически можно выразить отношение длины штриха к его ширине в формате 7:1. Имеется также некоторый коэффициент $\kappa_{сл}$ - уровень определяющая сложность поставленной задачи. Как только цель не соответствует по формату используемой миры (7:1), для устранения ошибок или не точности вводится множитель $\sqrt{\varepsilon/7}$, где ε - отношение длины к ширине отдельно различных штрихов эквивалентной миры, замещающую объект в пределах интересующего контура. Для успешного завершения цели обнаружения показатель $\kappa_{сл}$ принимается равным 1, а при постановки цели опознавании $\kappa_{сл} = 4$. Разность температур ΔT между объектом наблюдения и фоном среды (кажущаяся разность температур) станет менее заметна, что связано с рассеянием излучения в атмосфере $\Delta T \tau_{атм}$. Получаемая тепловизионным прибором разность температур может быть аппроксимирована в виде:

$$\delta T = \Delta T_0 \cdot e^{\beta_{сист} \kappa_{сл}}$$

где $\beta_{сист}$ - коэффициент приборного ослабления; ν - пространственная частота; ΔT_0 - точка пересечения кривой спада облучения с осью y (характеризует чувствительность прибора в целом). Рассматривая ситуацию, где соотношение сигнал/шум = 1 (50% вероятность решения задачи) дальность действия системы определяется:

$$R = \frac{\ln \frac{\Delta T \sqrt{\varepsilon/7}}{\delta T_0}}{\beta_{атм} + \frac{k_{сл}}{S} \beta_{сист}}$$

где S - размер цели;

$\beta_{атм}$ – коэффициент ослабления атмосферой [1].

Так, для выявления дальности во внимание берутся такие особенности как:

- характеристики тепловизионного прибора;
- число пар линий, укладываемых на минимальный размер объекта;
- параметры контролируемых целей;
- условия, определяемые атмосферой.

Для уточнения определения дальности действия с учётом вероятности обнаружения можно использовать следующее выражение:

$$R_s = \frac{\ln \left[\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta T \sqrt{\varepsilon/7}}{\delta T} \right]}{\beta_{атм} + \frac{k_{сл}}{S} \beta_{сист}}$$

В соответствии с изложенными ниже соотношениями площади объектов и их пороговой температуры построена функция обнаружения, выявляющая зависимость определения дальности по тепловому контрасту цели.

Итоги исследования для метеорологической дальности дистанции в 20 км, $\mu = 1$, $\rho = 3,2$, $A_1 = 0,1 \text{ м}^2$, $A_2 = 1 \text{ м}^2$, $A_3 = 10 \text{ м}^2$, $A_4 = 100 \text{ м}^2$ представлены на рис. 2.

Из представленных графиков можно заметить, что способность обнаружения целей на расстоянии, соответствующем метеорологической дальности видения, по ИК каналу тепловизионного прибора для объектов с различными площадями происходит при любых несоответствиях температуры поверхности контролируемых объектов ΔT по сравнению с окружающим их фоном.

Рассматривая функцию обнаружения тепловизора при метеорологической дальности видения 20 км:

для объектов A_1 с площадью 100 м^2

$$\Delta T = 1,77 \text{ К}$$

для объектов A_2 с площадью 10 м^2

$$\Delta T = 17,7 \text{ К}$$

для объектов A_3 с площадью 1 м^2

$$\Delta T = 177 \text{ К}$$

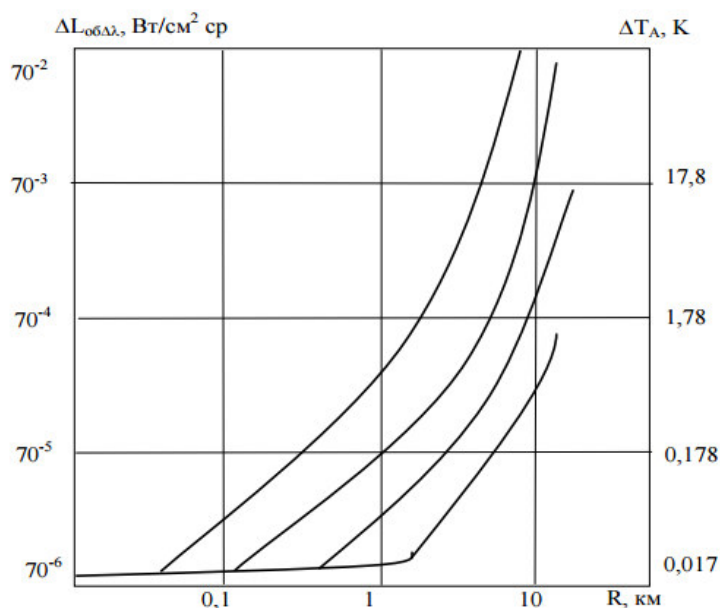


Рис. 2. Функция обнаружения тепловизора для нахождения дальности по тепловому контрасту квадратных объектов.

Литература

1. Основы тепловидения / В. В. Коротаев, Г.С. Мельников, С. В. Михеев, СПб.: НИУ ИТМО, 2012 – 122 с.
2. Теоретические основы оптико-электронных приборов, 3-е издание, исправленное и дополненное / М.М. Мирошников М.: Лань, 2010 – 718 с.

*Р.З. Гумиров, к.т.н., с.н.с.; А.Д. Маслов, ктн, доцент, Лесонен Ю.И. к-т 153 уч. гр.
(ВА ВПВО ВС РФ в г. Смоленске)*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Во многих случаях при измерении теплоэнергетических параметров приборы контроля эксплуатируются на объектах, где используются взрыво- и пожароопасные вещества. Например, на хранилищах топлива и горючесмазочных материалов. Для экстремальных условий с учетом возможных неисправностей приборов контроля должны быть приняты специальные меры, предотвращающие воспламенение окружающей воздушно-газовой смеси из-за случайной искры.

Специальные меры рассматриваются для аварийной ситуации, при которой происходит, во-первых, образование искры и, во-вторых, нештатная работа прибора, при которой внутри него произошли соединения, вызывающие значительное повышение напряжения на входном разъеме, к контактам которого подключен датчик – первичный преобразователь. Воспламенение возможно, если концентрация пыли или газа в воздухе находится в границах воспламенения, а внутри прибора (в результате нештатной ситуации) имеется достаточная энергия для образования взрывоопасной искры.

В соответствии с правилами ПИВРЭ (правила искро- взрывозащищенного электрооборудования) взрывозащищенность оборудования и контрольных приборов может быть обеспечена двумя способами:

1. Оборудование размещается во взрывоопасной зоне и оборудование конструктивно выполняется во взрывозащищенном исполнении.

2. Наиболее простой вид – это искрозащита типа Exi, при которой оборудование находится в безопасной зоне, и только первичные преобразователи расположены во взрывоопасной среде.

Защита типа Exi является более гибкой, потому что применима для участков с повышенной опасностью и является безопасной с большим коэффициентом запаса в зонах с пониженной взрывозащищенностью.

Кроме того защита типа Exi предполагает наличие безопасной особой зоны с размещенными барьерами искрозащиты, где должно быть обеспечено надежное разделение искробезопасной и неискробезопасных цепей. Контролировать ограниченное место искрозащиты намного проще, нежели обширную внешнюю зону размещения аппаратуры.

Защита типа Exi допускает проведение технического обслуживания под напряжением, что означает обслуживание приборов контроля в негерметичных корпусах. Но главным преимуществом искробезопасной электрической цепи с использованием защиты Exi являются экономия средств при изготовлении оборудования с обычным негерметичным корпусом и более удобное техническое обслуживание. При большом количестве контрольно-измерительных приборов эти преимущества приводят к предпочтительному применению именно этого вида искрозащиты.

Ограничение энергии искробезопасных электрических цепей производится барьерами искрозащиты (или барьерами искробезопасности БИ).

В барьерах искробезопасности применяются полупроводниковые приборы с нелинейной вольт-амперной характеристикой, например, стабилитроны для ограничения максимального напряжения и шунтирования аварийного тока на землю. Этот вид защиты требует точки заземления с низким значением сопротивления и с целью надежного шунтирования требует резервирования выводов стабилитрона..

Блок БИ представляет собой удовлетворяющий требованиям стандарта ГОСТ Р 51330.10-99 [1] узел законченной конструкции, который может изготавливаться в виде отдельного устройства.

Барьер (БИ) выполняется обычно как единый неразборный блок, залитый эпоксидным компаундом или помещённый в неразборную оболочку, который исключает возможность замены элементов его внутреннего монтажа. Барьер состоит из стабилитронов, шунтирующих вход прибора, и последовательно включённых резисторов и предохранителя. Пример электрической схемы барьера искрозащиты БИ на стабилитронах при измерении давления взрывоопасных смесей [2], а также при измерении уровня жидкого водорода [3] приведен на рис. 1.

В нормальном режиме работы прибора стабилитрон выключен, он не проводит ток и его сопротивление составляет сотни кОм. При возникновении

аварийной ситуации во вторичной части прибора контроля, расположенного в безопасной зоне, когда внешнее напряжение превышает напряжение пробоя стабилитрона, он переходит в режим стабилизации уровня напряжения, сопротивление его падает до значений нескольких единиц Ом. На входных клеммах прибора, к которым подключен измерительный датчик, аварийное напряжение прибора шунтируется до значений не могущих образовать взрывоопасную искру. Последовательно включённый резистор ограничивает ток в цепи взрывоопасной зоны.

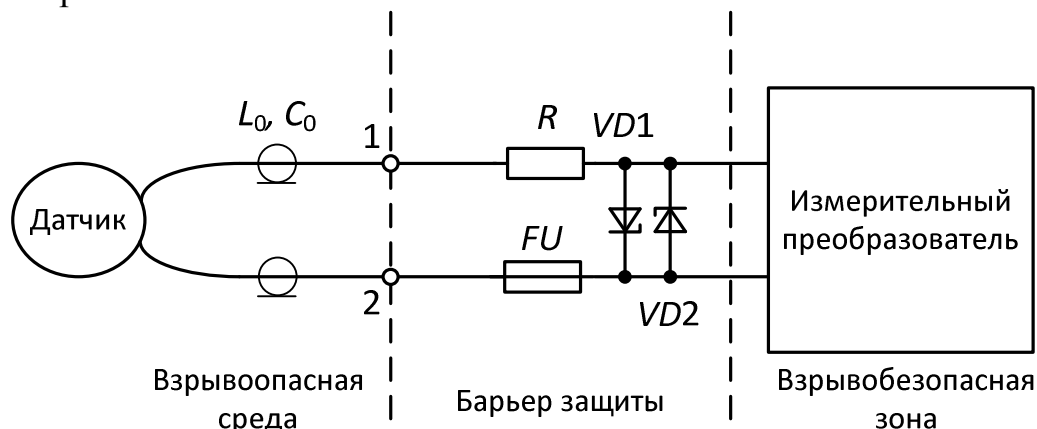


Рисунок 1 – Типовая схема искрозащиты типа Exi

Таким образом обеспечивается искробезопасный ток (напряжение, мощность или энергия) в электрической цепи, при котором не может произойти воспламенение во взрывоопасной зоне, и в то же время сохраняются нормальные условия для прохождения через барьер электрических сигналов без их шунтирования при безаварийной работе. Включенный последовательно резистор уменьшает коэффициент передачи прибора, так как подавляет информационный сигнал, так как ограничивает входной ток, но это обстоятельство учитывается на этапе разработки прибора и выборе элементов защиты барьера. К точкам 1 и 2 допускается подключение только взрывозащищённого электрооборудования с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь», имеющего свидетельство о взрывозащищённости и разрешение Госгортехнадзора РФ на применение во взрывоопасных зонах. Свидетельство выдается организацией, проводившей испытания и имеющей для этого соответствующий сертификат.

Барьеры искробезопасности разработаны с учётом использования в большинстве задач, связанных с обеспечением искробезопасности цепей систем автоматизации и управления во взрывоопасных средах. Поэтому они могут применяться для подключения и двухпроводных датчиков, и электропневматических преобразователей, и электромагнитных клапанов, и других традиционных устройств систем автоматизации. Допускается подключение и, так называемого, простого электрооборудования - электрических элементов или комбинаций элементов, имеющих простую конструкцию с точно определёнными электрическими параметрами, например, термодатчики, термометры сопротивления, датчики СВЧ и все виды датчиков с

допустимыми параметрами для искробезопасной цепи и которые соответствуют требованиям ГОСТ Р 51330.10-99 «Электро-оборудование взрывозащищенное».

Барьеры имеют различное исполнение в зависимости от полярности сигналов, для подключения которых они предназначены. В барьерах для сигналов положительной полярности заземляются аноды стабилитронов, в барьерах, предназначенных для работы с сигналами отрицательной полярности, заземлены катоды стабилитронов. В барьерах искрозащиты для сигналов переменного тока применяются встречно включённые стабилитроны. Они могут быть применены как для сигналов переменного тока, так и для сигналов одной полярности и тогда полярность включения датчика становится не критичной.

Основные выходные параметры барьеров искробезопасности: U_0 , I_0 , P_0 , C_0 , L_0 приведены в Свидетельстве о обозначают следующее.

U_0 – это максимальное напряжение постоянного или переменного (амплитудное значение) тока, которое может появиться на соединительных устройствах искробезопасных цепей электрооборудования в случае приложения максимального напряжения,

I_0 – это максимальный выходной ток (постоянный или амплитудное значение переменного), который может протекать в соединительных устройствах искробезопасных цепей электрооборудования в случае приложения максимального напряжения,

P_0 – это максимальная электрическая мощность на выходе искробезопасной цепи электрооборудования.

C_0 , L_0 – это максимальное значение емкости и индуктивности искробезопасной цепи, которое может подключаться к соединительным устройствам электрооборудования без нарушения его искробезопасности.

Оценка искробезопасности элементарной электрической цепи может быть легко выполнена по справочным данным для электрических параметров внешних цепей. Если значения ёмкости и индуктивности соединительных кабелей неизвестны, то возможно применение следующих типовых значений параметров кабелей с общей длиной 1 км: $L = 1$ мГн, $C = 110$ нФ.

Барьеры искрозащиты нельзя проверять омметрами или какими-либо другими измерительными приборами при включённых в схему барьерах. При этом происходит шунтирование барьера, и схема перестает быть электробезопасной.

Пассивные барьеры искрозащиты необходимо подключать к системе заземления. В этом случае в аварийном режиме при возникновении потенциала, превышающего допустимый, стабилитроны переходят в рабочий режим, и как видно из рис. 1, протекающий через них ток отводится по контуру заземления.

Литература

ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99) "Электрооборудование взрывозащищенное".

Гумиров Р.З., Маслов А.Д., Попов М.Н. Высокотемпературный датчик давления. Материалы XXXXII Всероссийского симпозиума. Механика и процессы управления. Том 4. – М.: РАН, 2012. – 188 с.

Гумиров Р.З., Маслов А.Д., Лункин Б.В. Построение инвариантных датчиков для криогенных сред. Сборник трудов 11-й Всероссийской конф. М: РАН, том2, «Новые технологии», Миасс, 2015г

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОЙ ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦИФРОВКИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ГАУССОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Гауссовы импульсы – это набор ортогональных импульсов, описываемых гауссовой функцией, и производными её высших порядков. Порядок производной определяет форму импульса. Получить гауссов импульс нужной формы можно продифференцировав соответствующее число раз гауссову функцию (1) [1], (рисунок 1)

$$S_{G0}(t) = -A \cdot e^{\frac{-t^2}{2a^2}}, \quad (1)$$

где A – амплитуда импульса;

a – величина характеризующая половину длительности импульса на уровне $\pm 0,707$, от его нормированной амплитуды.

Любой аналоговый сигнал является непрерывной функцией времени, а в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) он преобразуется в последовательность цифровых значений.

Таким образом, необходимо определить минимально необходимую частоту выборки цифровых значений из аналогового сигнала.

Если непрерывно меняющийся сигнал с ограниченной спектральной полосой подвергается оцифровке (то есть значения сигнала измеряются через интервал времени ΔT период дискретизации), то исходный сигнал может быть восстановлен из дискретных во времени значений путём интерполяции. Однако в соответствии с теоремой Котельникова-Шеннона точное восстановление возможно, только если частота дискретизации выше, чем удвоенная максимальная частота сигнала с ограниченным спектром.

Другими словами при фиксированной длительности импульса и его различных формах требования к частоте дискретизации АЦП будут разными, так как внутриимпульсная модуляция уводит спектр сигнала в более высокую область частот, тем самым повышая минимально необходимую для восстановления сигнала частоту дискретизации АЦП (рисунок 1).

Исходя из теоремы Котельникова удвоенная максимальная верхняя частота сигнала с конечным спектром, будет определять необходимую частоту дискретизации АЦП, однако анализ спектров сигналов представленных на рисунке 1 показывает, что для того чтобы оцифровать сигналы, описываемые производными гауссовой функции, спектральные плотности которых стремятся к нулю на всем протяжении по оси частот, необходимо обосновать выбор верхней максимальной f_{max} частоты в спектре сигнала.

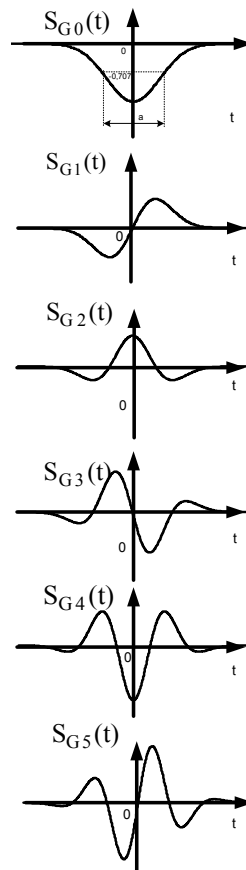


Рисунок 1 – Семейство гауссовых импульсов во временной области, описываемых производными нулевого-пятого порядков ($S_{G0}(t) - S_{G5}(t)$)

Анализ публикаций по данной тематике показал, что сигналы удовлетворяющие условию теоремы Котельникова [2], являются сигналами, ограниченными с «информативной» точки зрения, таким образом, логично предположить, что основным ограничительным устройством от момента приема до оцифровки будет выступать приемная антенна с фиксированной верхней $f_{\text{в}}$ и нижней $f_{\text{н}}$ частотой [3] в полосе пропускания.

Соответственно верхняя удвоенная частота полосы пропускания приемной антенны и будет определять минимально необходимую частоту дискретизации АЦП $F_{\text{д}}$.

Для проверки вышесказанного проводилось исследование влияния частоты дискретизации АЦП $F_{\text{д}}$ на форму СШП сигнала описываемого первой производной гауссовой функции при различном временном положении СШП импульса.

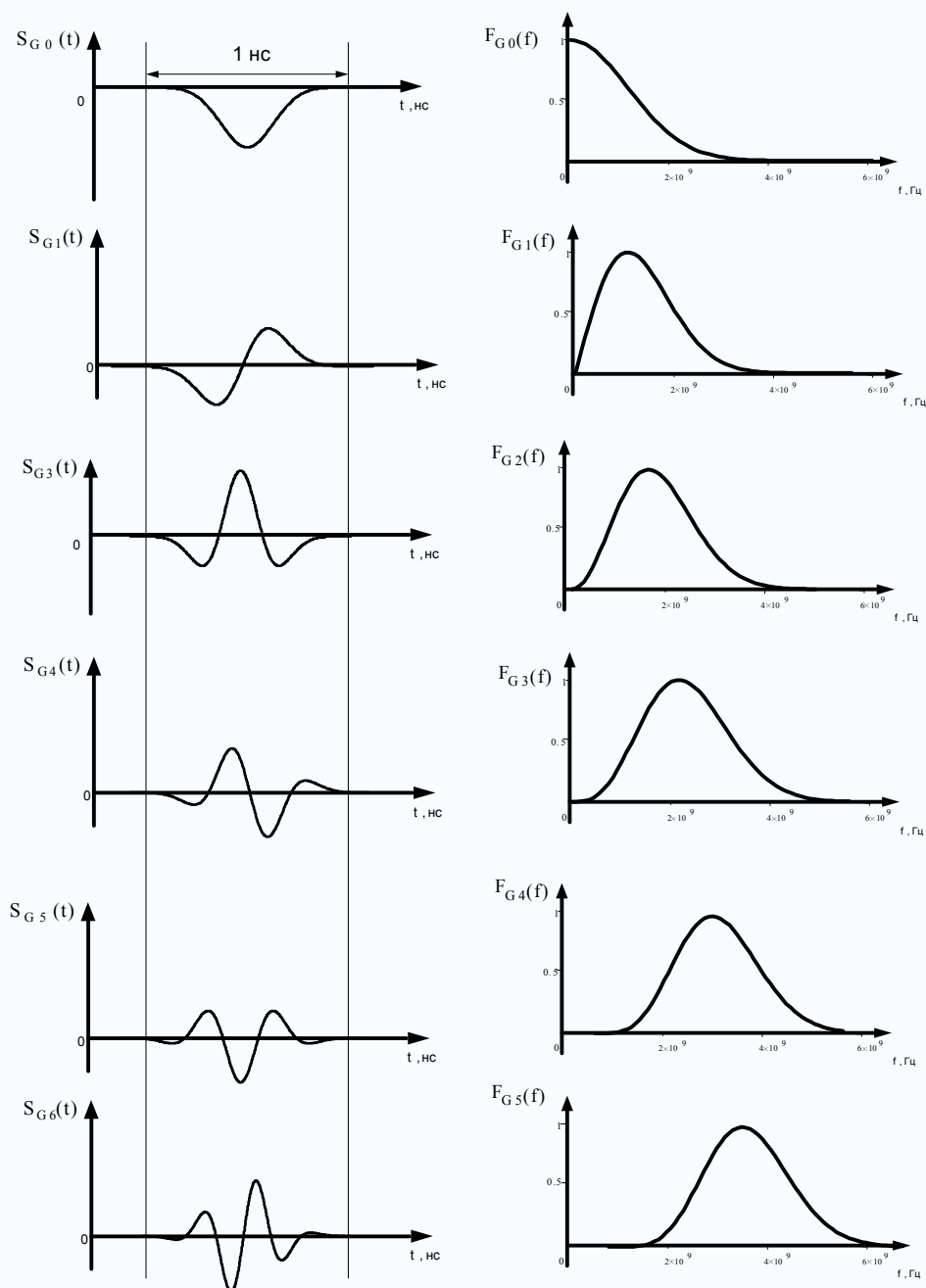


Рисунок 2 – Процесс изменения положения спектра сигнала с фиксированной длительностью и различной внутриимпульсной модуляцией.

Увеличение отсчетов в оцифрованном сигнале приводит к уменьшению искажения его формы и к росту его энергетики, расчет которой производился по выражению (2)

$$Sp_{z,k} = \sum_{n=1}^{N_{max}-2} \left(\int_{\frac{n \cdot \Delta t}{z}}^{\frac{(n+1) \cdot \Delta t}{z}} \left[\frac{x \cdot S\left(\frac{n \cdot \Delta t}{z} - \frac{k}{10} \cdot 10^{-9}\right) - S\left(\frac{(n+1) \cdot \Delta t}{z} - \frac{k}{10} \cdot 10^{-9}\right)}{\frac{\Delta t}{z}} \right] + \dots \right. \\ \left. + \left[\frac{\frac{n \cdot \Delta t}{z} \cdot S\left(\frac{(n+1) \cdot \Delta t}{z} - \frac{k}{10} \cdot 10^{-9}\right) - \frac{(n+1) \cdot \Delta t}{z} \cdot S\left(\frac{n \cdot \Delta t}{z} - \frac{k}{10} \cdot 10^{-9}\right)}{\frac{\Delta t}{z}} \right] \right)^2 dx, \quad (2)$$

где $\Delta t = \frac{1}{F_\delta}$ – шаг дискретизации оцифрованного сигнала, при условии

$F_\delta = 1 \Gamma \Gamma \mu$;

$z = 1 \dots 10$ – вектор чисел, определяющей шаг дискретизации оцифрованного сигнала;

$k = 1 \dots 100$ – вектор чисел, определяющей сдвиг СШП сигнала по времени на каждые 0,01 нс на участке времени от 1 до 10 нс;

$N_{max} = 10 \cdot 10^9 \cdot F_\delta$ – максимальное число отсчетов при заданной частоте дискретизации АЦП;

$S(\dots)$ – закон изменения амплитуды СШП импульса описываемого первой производной гауссовой функции (1).

В результате анализа были получены зависимости энергии оцифрованного сигнала при фиксированных значениях временных сдвигов СШП импульса длительностью 2 нс описываемого первой производной гауссовой функции (рисунок 3) от фиксированной частоты дискретизации АЦП.



Рисунок 3 – Пример зависимости энергии оцифрованного сигнала при фиксированных значениях временных сдвигов СШП импульса длительностью 2 нс описываемого первой производной гауссовой функции

Анализ полученных зависимостей показал, что в результате оцифровки СШП импульса любой длительности, описываемого первой производной гауссовой функции, различными АЦП, существует пороговое значение энергии оцифрованного СШП импульса, после которого оно только увеличивается. Так на пример при $\tau_u = 1$ нс пороговое значение энергии оцифрованного СШП импульса соответствует $F_0 = 4$ ГГц, при $\tau_u = 2$ нс $F_0 = 2$ ГГц, а при $\tau_u = 4$ нс $F_0 = 1$ ГГц и т.д.

Во всех случаях пороговое значение соответствует 60% энергии оцифрованного СШП импульса описываемого первой производной гауссовой функции и определяет частоту дискретизации АЦП, после которой значение энергии СШП оцифрованного импульса только увеличивается. Соответственно предложено использовать полученные частоты дискретизации в качестве наименьших при соответствующих длительностях СШП импульсов описываемых первой производной гауссовой функции.

Литература

1. PulsON Technology Overview. – Time Domain Co., July, 2001.
2. Басараб М. А., Зелкин Е. Г., Кравченко В. Ф., Яковлев В. П. Цифровая обработка сигналов на основе теоремы Уиттекера-Котельникова-Шеннона. Статья. Москва: Радиотехника, 2004.
3. Джерри А. Дж. Теорема отсчетов Шеннона, ее различные обобщения и приложения. Учебник. Москва: ТИИЭР, 1977. с. 53-89.

*И.Л. Жбанов, к. т. н.; Д.Л. Бондаренко к. т. н., Д.С. Грибанов, курс.
(ВА ВПВО ВС РФ в г. Смоленске)*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАЧКИ ИМПУЛЬСОВ НЕОБХОДИМОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЗАДАННОГО ЧИСЛА ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК

Рассмотрим пример построения пачки импульсов последовательного анализа кодовой последовательности сверхширокополосных (СШП) сигналов. На основании того, что символы в пачке предполагается располагать не симметрично, друг относительно друга на различных временных задержках t_z (рисунок 1), рассмотрим пример моделирования пачки, число импульсов h_u в которой равно 10.

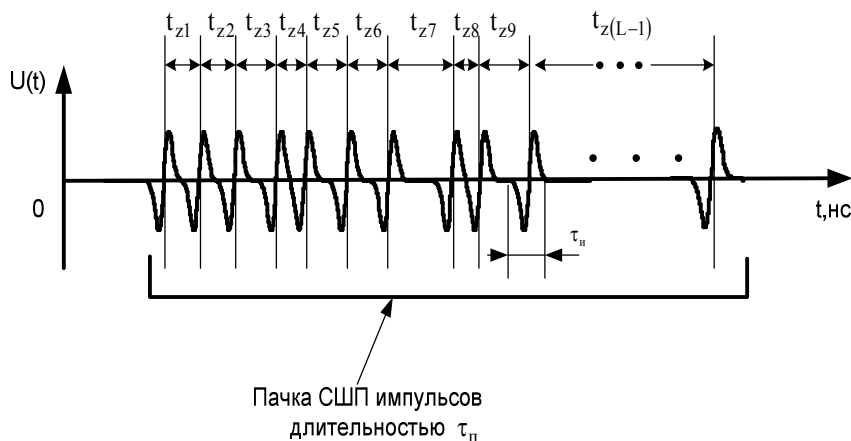


Рисунок 1 – Пачка информационных символов

Соответственно K количество временных задержек в пачке будет определяться из выражения

$$K = h_u - 1 = 10 - 1 = 9. \quad (1)$$

Для удобства дальнейшего описания, представим семейство временные задержек между импульсов, одностолбцовой матрицей Z (2).

$$Z = \begin{pmatrix} t_{z1} \\ t_{z2} \\ t_{z3} \\ t_{z4} \\ t_{z5} \\ t_{z6} \\ t_{z7} \\ t_{z8} \\ t_{z9} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Причем, так как временные задержки произвольны, между каждой соседней парой импульсов то пусть они равны $t_{z1} = 5$ нс, $t_{z2} = 5$ нс, $t_{z3} = 6$ нс, $t_{z4} = 4$ нс, $t_{z5} = 6$ нс, $t_{z6} = 6$ нс, $t_{z7} = 9$ нс, $t_{z8} = 1$ нс, $t_{z9} = 10$ нс (рисунок 2).

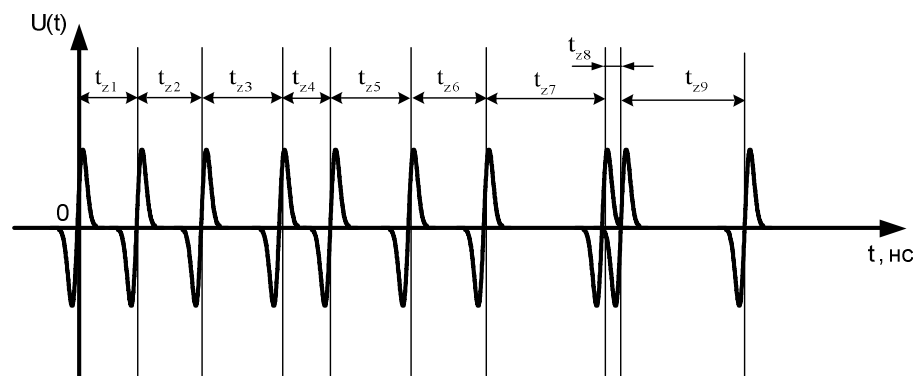


Рисунок 2 – Построение пачек сверхширокополосных импульсов

В результате при известной аналитической форме записи одиночного СШП импульса (3), можно составить аналитическую форму записи для всей пачки импульсов (4) [1-3].

$$S_1(t) = \frac{At}{2a} \cdot \exp\left[\frac{-t^2}{4a^2}\right], \quad (3)$$

$$S_{начкi}(t) = \sum_{k=1}^K S_1(t - Z_k - Z_{k-1}), \quad (4)$$

где A – амплитуда импульса;

a – величина, характеризующая половину длительности импульса на уровне 0,707;

k – порядковый номер строки в одностолбцовой матрице Z .

Исходя из полученных выражений, можно так же на основании предлагаемого способа кодирования получить аналитическую форму записи элементарного сообщения в виде одной логической «единицы» или «нуля» (5) (рисунок 3), причем пусть $T1 = 54\text{нс}$, а $T2 = 60\text{нс}$, $T = T2 + \tau_n$.

$$\begin{aligned} S_{сообщ\ 1}(t) &= \sum_{k=1}^K S_{G0}(t - Z_k - Z_{k-1}) + \sum_{k=1}^K S_{G0}(t - Z_k - Z_{k-1} - T1) \\ S_{сообщ\ 0}(t) &= \sum_{k=1}^K S_{G0}(t - Z_k - Z_{k-1}) + \sum_{k=1}^K S_{G0}(t - Z_k - Z_{k-1} - T2) \end{aligned} \quad (5)$$

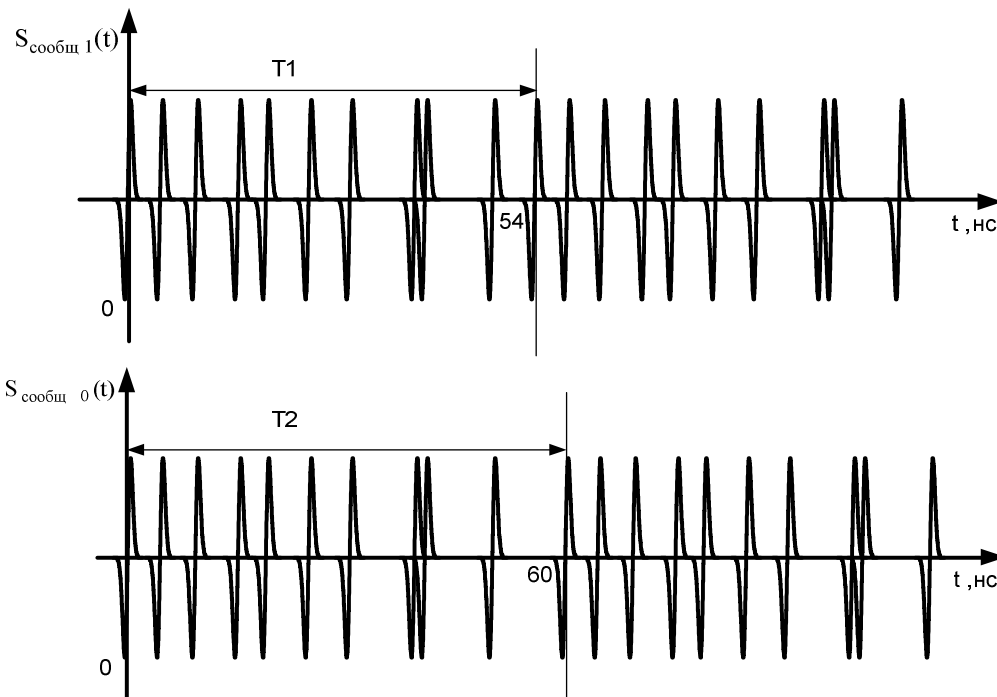


Рисунок 3 – Построение сообщения в виде одной логической «единицы» или «нуля» на основе предложенного аналитического описания

Литература

1. PulsON Technology Overview. – Time Domain Co., July, 2001.
2. Басараб М. А., Зелкин Е. Г., Кравченко В. Ф., Яковлев В. П. Цифровая обработка сигналов на основе теоремы Уиттекера-Котельникова-Шеннона. Статья. Москва: Радиотехника, 2004.
3. Джерри А. Дж. Теорема отсчетов Шеннона, ее различные обобщения и приложения. Учебник. Москва: ТИИЭР, 1977. с. 53-89.

РЕЖИМ МИКРОСКАНИРОВАНИЯ В МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКАХ

На сегодняшний день широкое применение в разных областях науки и техники нашли матричные фотоприемники. В отличие от ранее используемых пленок, матрицы имеют ряд недостатков. Одним из них является разрешение малых объектов съемки. Стандартная матрица состоит из сенсоров и обвязки сенсора. При этом сама чувствительная область (сенсор) может занимать только 30% всей поверхности матрицы. Поэтому при попадании изображения малоразмерного объекта в межэлементный промежуток матрицы фотоприемника происходит искажение реального изображения. Для лучшего разрешения мелких деталей, применяются матричные фотоприемники с технологией микросканирования, что позволяет повысить детализацию изображения [1, 2]. Таким образом, решается задача детектирования малоразмерных объектов.

На рисунке 1 приведены изображения объектов до микросканирования и после в зависимости от их начального положения относительно элементов матрицы [2].

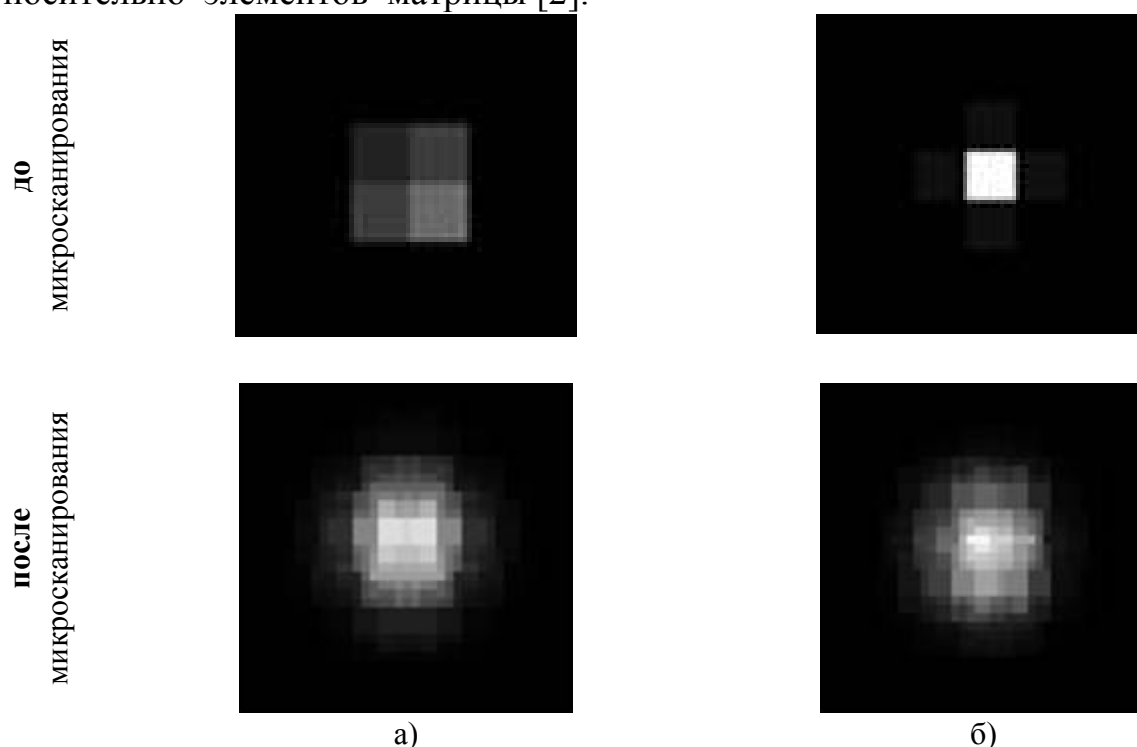


Рисунок 1 – Рабочие объекты: а) объект попал между элементами матрицы;
б) объект попал на элемент матрицы

Существуют различные алгоритмы режима микросканирования. Для увеличения разрешения применяют микросканеры, располагаемые перед матрицей. Часто это одна или несколько наклонных плоскопараллельных пластинок. Применение микросканера усложняет механизм такой камеры и используется в основном только в специальной технике. Более широкое применение нашел способ, микросканирования при котором происходит

поочередное смещение матрицы фотоприемника по осям, и таким образом регистрация изображений проводится в нескольких позициях, в результате чего получаются последовательности кадров. Затем полученные снимки объединяются в одно изображение с более высоким разрешением.

Основой современного микросканирования является смещение матрицы на заданный шаг с целью получения субпикселей. От направления и периода сдвига во многом зависит качество полученного изображения. Множество исследований посвящено решению этой проблемы на уровне только яркостной составляющей снимка. В то время как цветовая составляющая снимка не рассматривается в данном контексте. Хотя микросканирование цветовыми матрицами играет важную роль прежде всего для аэрофотосъемки, съемки с космоса и телескопов.

В основе цветоделения матриц лежит заданный шаблон по типу шаблона Байера RGBG (рисунок 2, а). Для захвата полноцветного снимка в этих системах цветоделения предлагается технология попиксельного сдвига. Применяется «обычный» сенсор с фильтром Байера, снабженный механизмом попиксельного сдвига в плоскости изображения с помощью пьезоэлементов. После съемки одного кадра сенсор сдвигается вправо на один пиксель. После съемки второго кадра сенсор сдвигается вниз на один пиксель. Таким образом, в трех кадрах содержатся все три цветных составляющих индивидуально для каждого пикселя. Как заявляют производители, увеличивается в 2,5 раза цветовое разрешение по сравнению с таким же сенсором, но без сдвига, увеличивается и пространственное разрешение так же примерно в 2,5 раза. Подобная технология является весьма эффективной для получения цветовой характеристики цвета, но про цветовую резкость изображения в данном случае говорить нельзя.

Для решения проблемы цветовой резкости матричных фотоприемников предлагается два новых шаблона с использованием многослойной технологии полупроводника, которая позволяет сразу в одном пикселе регистрировать два основных цвета RB, RG и/или GB (рисунок 2, б, в) [3-5].

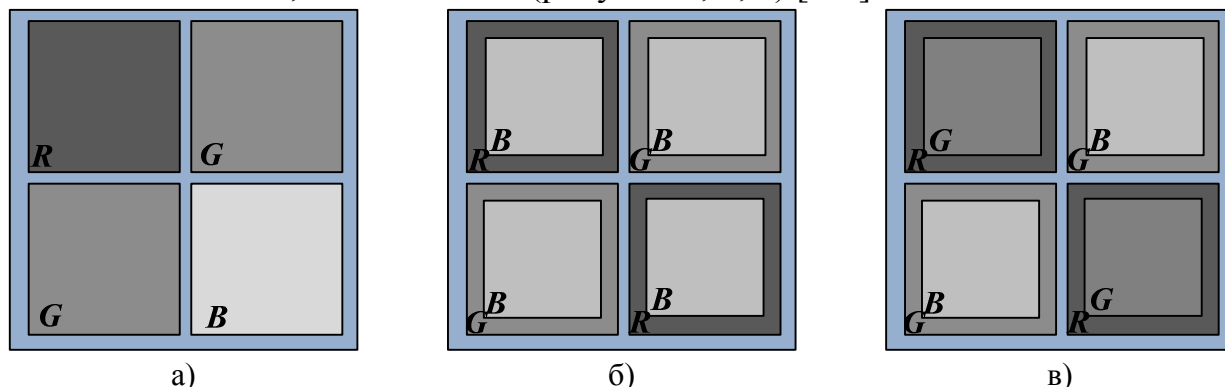


Рисунок 2 – Шаблоны систем цветоделения матричных фотоприемников:
а) Байера; б) предлагаемый шаблон №1; в) предлагаемый шаблон №2

Предлагаемые шаблоны позволят многократно увеличить цветовое разрешение снимка еще на аппаратном уровне, что позволит повысить разрешение всего снимка в целом и открывает возможности для различных

модификаций полученного снимка на программном уровне. Предлагаемые матрицы разрабатывались для адекватной цветопередачи в сине-зеленой области оттенков. Также возможны другие комбинации основных цветов в одном пикселе. При этом предлагается сдвигать матрицу не на пиксель, а на половину пикселя, что позволит получить субпиксели и увеличить разрешение минимум в 4 раза.

На рисунке 3 наглядно показано разбиение пикселя на субпиксели при микросканировании для простого шаблона и шаблона предлагаемых систем.

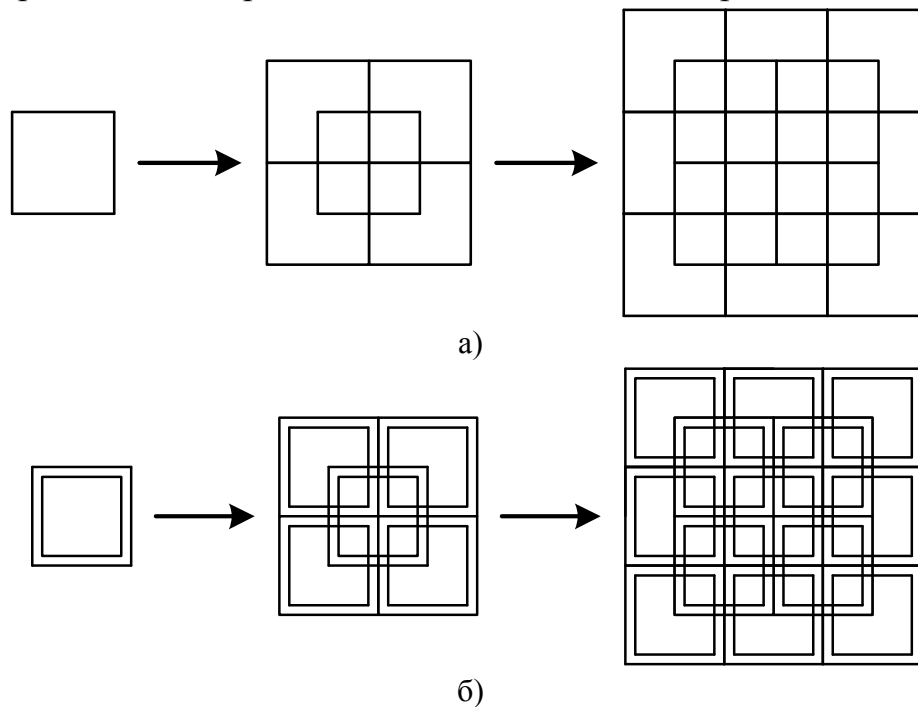


Рисунок 3 – Режим микросканирования для одного пикселя:
а) шаблона Байера; б) предлагаемых шаблонов двухслойных систем

Из рисунка 3 видно, что применение режима микросканирования для многослойных систем увеличивает количество цветных субпикселей в два раза. Таким образом, предлагаемые системы в исследуемом режиме позволят получать более плавные тоновые переходы цветовых оттенков даже без применения сложных алгоритмов интерполяции цвета [4, 5]. В дальнейшем планируется провести расчет предлагаемых систем по одному из алгоритмов микросканирования и сравнить полученные результаты с существующими системами в аналогичном режиме.

Литература

1. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Некоторые пути совершенствования тепловизионных систем // Специальная техника – 2004 – № 2 – с. 11–19.
2. Шакенов А. К., Будеев Д. Е. Алгоритм фильтрации для обнаружения объектов по изображениям, зарегистрированным матричным фотоприемником в режиме микросканирования // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXVI междунар. науч.-практ. конф. № 7(32). – Новосибирск: СибАК, 2014.
3. Жбанова В.Л., Парвулюсов Ю.Б. Моделирование хода лучей в матричном фотоприемнике с многослойной структурой Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. № 4. С. 108-113.

4. Жбанова В.Л., Мартыненко Г.В. Функции передачи модуляции интерполяции цвета модифицированных матричных фотоприемников. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 2. С. 105-110.

5. Жбанова В.Л. Описание функций передачи модуляции модифицированных многослойных матриц // X Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференция научных работ по оптике и лазерной физике, посвященный 90-летию со дня рождения Н.Г. Басова. – Самара, 2012. – С. 51-57.

С.И. Зиенко, д.т.н., проф.; М.В. Беляков к.т.н., доц.; В.В. Малышкин, маг.;

М. Е. Кондрашова, студ.

(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАРИФИЦИРОВАННЫХ СЕМЯН ГАЛЕГИ И КЛЕВЕРА

Важное значение для улучшения эффекта скарификации имеет определение статистических параметров спектров семян растений в процессе скарификации.

Данный вопрос применительно к семенам растений в литературе не рассматривался.

Для определения статистических характеристик используем математический пакет Microcal Origin, версия 7.

В работе для анализа использовались следующие, хорошо известные из математической статистики числовые характеристики:

- 1) числа, характеризующие положение центра тяжести спектра – математического ожидания M_λ ;
- 2) числа, характеризующие степень разбросанности длин волн люминесценции относительно центра тяжести – дисперсия σ^2 ;
- 3) числа, характеризующие степень асимметрии спектра ФЛ;
- 4) числа, дающие представление о степени крутизны (островершинности) или пологости (плосковершинности) – эксцесса;
- 5) числа, характеризующие энергию люминесценции в диапазоне длин волн.

Полагаем, что спектр ФЛ сплошной и в диапазоне измеряемых длин волн имеет непрерывный характер.

Математическое ожидание (среднее значение) определяется интегралом:

$$M_\lambda = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где $\varphi(\lambda)$ – дифференциальная функция распределения (распределение плотности вероятности);

$\lambda_{\min}$, $\lambda_{\max}$ – минимальное и максимальное значение длин волн.

Дисперсия находится так:

$$\sigma^2 = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (\lambda - M)^2 \varphi(\lambda) d\lambda. \quad (2)$$

Числовой характеристикой асимметричности (скошенности) является центральный статический момент 3-его порядка:

$$\mu_3 = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (\lambda - M)^3 \varphi(\lambda) d\lambda. \quad (3)$$

На практике для оценки асимметричности используют коэффициент асимметрии:

$$As = \frac{\mu_3}{\sigma^3}. \quad (4)$$

При правосторонней асимметрии («хвост» кривой спектра вытянут вправо) $As > 0$. При левосторонней симметрии («хвост» кривой спектра вытянут влево) $As < 0$.

Числовой характеристикой крутости спектра служит оценка центрального статического момента 4-ого порядка:

$$\mu_4 = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (\lambda - M)^4 \varphi(\lambda) d\lambda. \quad (5)$$

На практике за оценку коэффициента крутости принимают искусственно созданную величину, которую называли эксцессом:

$$E_\lambda = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3. \quad (6)$$

Для кривых, более крутых (более островершинных), чем кривая нормального распределения (колоколообразная кривая) эксцесс положителен, а для более плоских – эксцесс отрицателен.

Наибольшая абсолютная величина отрицательного эксцесса составляет -2. При таком значении вершина кривой опускается до оси абсцисс и кривая делится на два самостоятельных пика и их анализ следует рассматривать отдельно. Положительное значение эксцесса может быть любым. Для получения уравнения числовой характеристики энергии ФЛ следует учитывать то, что каждый фотон ФЛ обладает энергией, связанной с длиной волны излучения соотношением: $E_\Phi = 1240/\lambda$, где E_Φ измеряется в эВ, а λ – в нм. Если известна дифференциальная функция распределения $\varphi(\lambda)$, то полная энергия спектра в диапазоне длин волн находится как:

$$E = 1240 \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \frac{1}{\lambda} \varphi(\lambda) d\lambda. \quad (7)$$

Спектры возбуждения люминесценции семян галеги и клевера снимали по методике, описанной в работе [1].

Усредненные спектры возбуждения и люминесценции представлены на рис. 1.

Перед выполнением анализа спектральных характеристик необходимо провести сглаживание и нормировку исходного спектра фотолюминесценции [2].

Рабочий диапазон спектра возбуждения у галеги составляет 420-505 нм, главный максимум находится в диапазоне 460-461 нм, побочный - 483-484 нм. Рабочий диапазон спектра люминесценции составляет 480-630, максимум приходится на 534-535 нм. Рабочий диапазон спектра возбуждения у клевера составляет 380-50 нм, главный максимум приходится на 450 нм, побочный - на 485-486 нм. Рабочий диапазон спектра люминесценции составляет 480-630, максимум находится в диапазоне 514-517 нм. Очевидно, что максимумы спектра возбуждения клевера сдвинуты на 10 нм к коротковолновой области по отношению к максимумам возбуждения козлятника, а максимумы спектра люминесценции - на 20 нм.

Для математической обработки в «PanoramaPro» были рассчитаны интегралы под кривыми возбуждения и люминесценции для обеих культур. Интеграл под кривыми люминесценции является относительной мощностью (поток) люминесценции. Анализируя полученные данные, можно сказать, что после скарификации интенсивность люминесценции у клевера увеличивается на 39%, а у галеги - на 41%.

Для определения соотношения между горбами определим интегралы под кривыми спектров возбуждения в двух диапазонах: для галеги - 420-475 нм и 475-505 нм, для клевера - 380-475 нм и 475-500 нм. Оказалось, что для спектров нескарифицированных семян козлятника среднее значение интеграла в диапазоне 420-475 нм больше среднего значения интеграла в диапазоне 475-505 нм в 1,73 раза; для спектров скарифицированного козлятника - в 2,14 раза. Для спектров нескарифицированного клевера среднее значение интеграла в диапазоне 380-475 нм больше среднего значения интеграла в диапазоне 475-500 нм в 3,12 раза; для спектров скарифицированных семян - в 3,30 раза. Это говорит о том, что побочный максимум у клевера более выражен, чем у галеги, а также соотношение максимумов от скарификации зависит менее изменчиво.

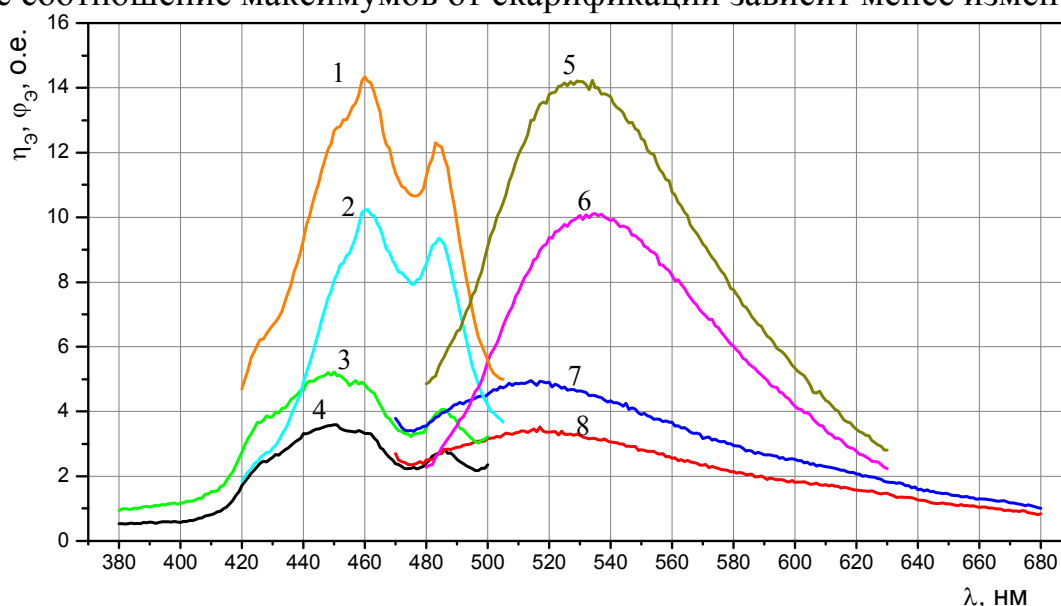


Рис. 1. Сравнение усредненных спектров возбуждения и люминесценции галеги и клевера: 1,5 - спектры возбуждения и люминесценции скарифицированной галеги; 2,6 - спектры возбуждения и люминесценции нескарифицированной галеги; 3,7 - спектры возбуждения и люминесценции скарифицированного клевера; 4,8 - спектры возбуждения и люминесценции нескарифицированного клевера

Основные параметры спектральных составляющих, изображенных на рис. 1 приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Параметры спектров возбуждения и люминесценции нескарифицированных и скарифицированных семян клевера

Спектры люминесценции						Спектры возбуждения			
№		M_{λ} , нм	As	E_{λ}	E , эВ	M_{λ} , нм	As	E_{λ}	E , эВ
1	не ск.	576,55	0,10	-0,84	2,16	460,58	0,00	-0,79	2,70
	ск	554,53	0,29	-0,71	2,25	457,24	0,00	-0,82	2,72
2	не ск.	539,22	0,56	-0,35	2,31	453,60	0,08	-0,77	2,74
	ск	536,86	0,63	-0,27	2,32	450,96	0,17	-0,61	2,76
3	не ск.	540,60	0,49	-0,47	2,31	455,13	0,10	-0,83	2,73
	ск	543,56	0,45	-0,52	2,30	453,71	0,10	-0,80	2,74
4	не ск.	552,34	0,28	-0,65	2,26	457,73	0,00	-0,76	2,72
	ск	548,21	0,37	-0,62	2,28	455,59	0,00	-0,77	2,73
5	не ск.	544,32	0,47	-0,50	2,29	457,07	0,00	-0,81	2,72
	ск	544,30	0,45	-0,57	2,29	457,48	0,00	-0,81	2,72
6	не ск.	539,44	0,59	-0,33	2,31	453,99	0,10	-0,74	2,74
	ск	536,78	0,65	-0,25	2,33	451,38	0,10	-0,63	2,75
7	не ск.	560,89	0,15	-0,84	2,23	458,33	0,00	-0,83	2,71
	ск	547,65	0,34	-0,66	2,28	455,91	0,00	-0,86	2,73
8	не ск.	535,67	0,65	-0,24	2,23	452,13	0,16	-0,66	2,75
	ск	537,96	0,62	-0,29	2,32	453,26	0,11	-0,70	2,74
9	не ск.	550,29	0,40	-0,72	2,27	459,95	0,00	-0,79	2,70
	ск	552,26	0,32	-0,66	2,26	460,36	0,00	-0,85	2,70
10	не ск.	538,19	0,64	-0,23	2,32	457,95	0,00	-0,75	2,71
	ск	534,02	0,78	0,04	2,34	457,47	0,00	-0,76	2,72
11	не ск.	535,60	0,74	-0,10	2,33	456,11	0,04	-0,74	2,73
	ск	533,00	0,80	0,06	2,34	456,12	0,03	-0,71	2,73
12	не ск.	551,96	0,32	-0,66	2,26	460,49	0,00	-0,76	2,70
	ск	542,79	0,50	-0,43	2,30	454,14	0,00	-0,80	2,74
13	не ск.	558,48	0,26	-0,70	2,24	463,52	0,00	-0,72	2,68
	ск	551,11	0,40	-0,60	2,26	458,53	0,00	-0,77	2,71
14	не ск.	536,01	0,87	0,14	2,33	455,05	0,02	-0,76	2,73
	ск	536,32	0,74	-0,10	2,33	456,06	0,00	-0,77	2,73
15	не ск.	544,28	0,53	-0,55	2,29	458,48	0,00	-0,76	2,71
	ск	541,72	0,56	-0,46	2,31	457,73	0,00	-0,77	2,72
16	не ск.	536,64	0,89	-0,07	2,33	454,83	0,05	-0,76	2,73
	ск	534,02	0,81	-0,07	2,34	454,86	0,06	-0,78	2,73
17	не ск.	526,66	0,93	0,60	2,37	455,44	0,00	-0,73	2,73
	ск	525,60	0,95	0,57	2,37	455,45	0,00	-0,73	2,73
18	не ск.	545,60	0,67	-0,37	2,29	461,87	0,00	-0,74	2,69
	ск	534,78	0,68	-0,03	2,33	456,76	0,00	-0,82	2,72
19	не ск.	550,23	0,35	-0,58	2,27	462,23	0,00	-0,66	2,69

	ск	544,33	0,47	-0,45	2,29	458,14	0,00	-0,76	2,71
20	не ск.	527,61	1,49	1,04	2,37	455,89	0,02	-0,82	2,73
	ск	514,91	1,61	4,13	2,42	450,76	0,11	-0,62	2,76

Исследования показывают, что для спектров возбуждения галеги и клевера характерен коэффициент асимметрии, равный нулю (спектры возбуждения симметричны относительно центра тяжести).

Для всех спектров возбуждения и люминесценции исследуемых культур характерен отрицательный эксцесс (кривые спектров более плоские, чем кривая нормального распределения). Единичная скарификация не влияет на такие характеристики, как асимметрия, эксцесс и полная энергия спектра.

Полученные результаты могут быть использованы для создания более совершенных скарификаторов и методов контроля эффективности скарификации.

Литература

1. Беляков М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат02-Панорама» // Научная жизнь. – 2016. – № 3. – С. 18–26.
2. Исаков О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin 7.0. Анализ и обработка спектров. Учебно-методическое пособие – Ростов – на Дону, Южный федеральный университет, 2007

*С.И. Зиенко, д.т.н., проф.; М.В. Беляков к.т.н.; В.В. Малышкин, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)*

ПАРАМЕТРЫ СПЕКТРОВ СЕМЯН ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПРИ МНОГОКРАТНОЙ СКАРИФИКАЦИИ

Важное значение для улучшения эффекта скарификации имеет определение статистических параметров спектров возбуждения и фотолюминесценции в процессе скарификации.

Опыт проводился с целью выявления наличия одинаковой модели поведения спектров семян галеги при увеличении степени скарификации. Скарификации подвергались восемь семян, причем каждое из которых скарифицировали пять раз, и увеличивали степень скарификации с каждым разом.

Для регистрации спектров фотолюминесценции использовался аппаратно-программный комплекс, состоящий из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «Panorama Pro» и внешней камеры для исследуемых образцов.

Спектрофлуориметр «Флюорат-02-Панорама» — многофункциональный прибор, предназначенный для измерения массовой концентрации неорганических и органических примесей в различных средах, технических материалах, продуктах питания, биообъектах в соответствии с методикой выполнения измерений. Прибор может быть использован в качестве автоматического детектора при исследовании спектров возбуждения и

регистрации люминесценции, изучении фотометрических характеристик, характеристик фосфоресценции различных объектов.

Полученные спектры возбуждения и люминесценции представлены на рис. 1.

Для обработки спектра фотолюминесценции семян растений используется математический пакет Microcal Origin, версия 7.

Перед выполнением анализа частотного спектра необходимо провести сглаживание и нормировку исходного спектра фотолюминесценции [1].

Для сглаживания использовали функцию: Анализ → Сглаживание → FFT фильтр (Analysis → Signal Processing → Smooth → Open Dialog → FFT Filter. В работе использовали 12 точек. После сглаживания спектра, провели его нормировку по амплитуде.

В работе для анализа использовались следующие, хорошо известные из математической статистики числовые характеристики:

- 6) числа, характеризующие положение центра тяжести спектра – математического ожидания;
- 7) числа, характеризующие степень разбросанности длин волн люминесценции относительно центра тяжести – дисперсия;
- 8) числа, характеризующие степень асимметрии спектра ФЛ;
- 9) числа, дающие представление о степени крутизны (островершинности) или пологости (плосковершинности) – эксцесса;
- 10) числа, характеризующие энергию люминесценции в диапазоне длин волн.

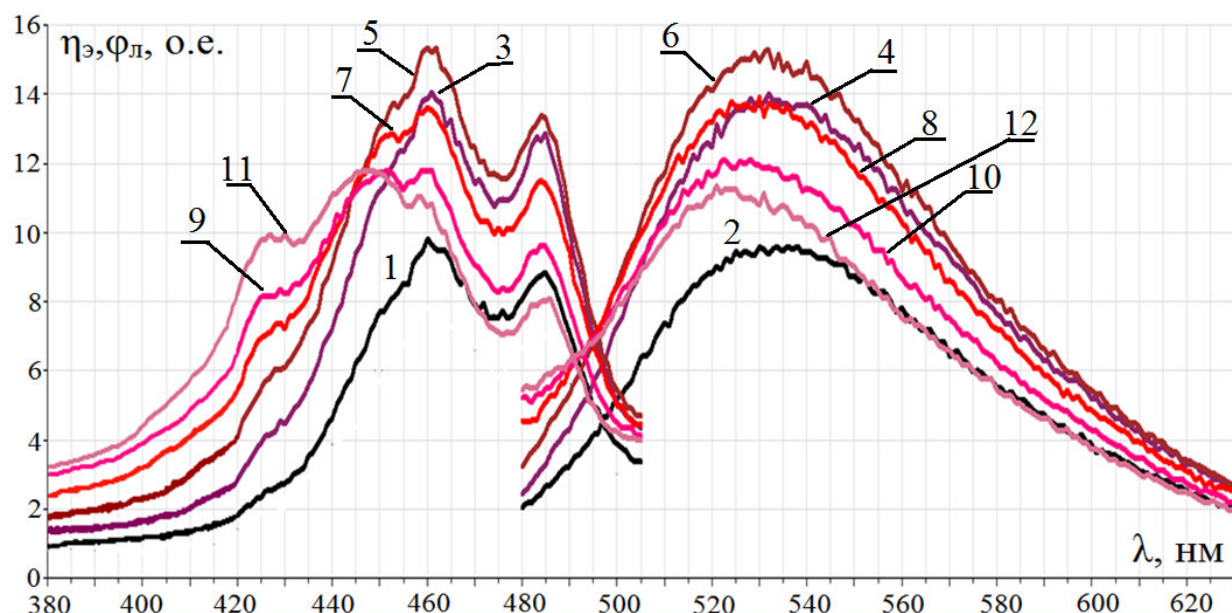


Рисунок 1 - Спектры возбуждения и люминесценции семян галеги: 1,2 – нескарифицированные; скариффицированные: 3,4 – один раз, 5,6 – два раза, 7,8 – три раза, 9,10 – четыре раза, 11,12 – пять раз

Экспериментально-расчетные данные для семян галеги приведены в таблице 1.

В ней M_λ – положение центра тяжести спектра; σ^2 – степень разбросанности длин волн относительно центра тяжести, As – степень асимметрии; E_λ – степень крутизны (островершинности) или пологости (плосковершинности) спектра; E – энергию люминесценции в диапазоне длин волн.

Таблица 1 - Параметры спектров возбуждения и люминесценции нескарифицированных и скарифицированных семян клевера

№	Спектры люминесценции						Спектры возбуждения				
	Скарификация	M_λ , нм	σ^2	As	E_λ	E , эВ	M_λ , нм	σ^2	As	E_λ	E , эВ
1	Нескар.	546,13	843,94	0,27	-0,56	2,28	468,75	315,24	0,01	-0,83	2,65
	1я	543,20	843,46	0,30	-0,51	2,29	466,87	304,15	0,05	-0,80	2,66
	2я	542,78	858,49	0,30	-0,51	2,29	464,91	288,24	0,09	-0,76	2,67
	3я	540,46	889,41	0,30	-0,49	2,30	461,54	315,59	0,01	-0,69	2,69
	4я	536,71	954,62	0,31	-0,51	2,32	449,62	379,59	0,52	-0,54	2,76
	5я	542,60	850,11	0,28	-0,42	2,29	448,31	362,45	0,58	-0,43	2,77
2	Нескар.	543,55	830,27	0,32	-0,50	2,29	468,93	295,12	0,00	-0,76	2,65
	1я	543,14	808,28	0,35	-0,48	2,29	468,04	295,83	0,00	-0,76	2,65
	2я	541,04	825,32	0,35	-0,43	2,30	466,03	288,21	0,04	-0,76	2,66
	3я	542,51	820,40	0,33	-0,47	2,29	466,69	292,45	0,01	-0,77	2,66
	4я	542,46	839,21	0,30	-0,48	2,29	465,39	289,57	0,04	-0,78	2,67
	5я	539,25	885,80	0,33	-0,46	2,31	457,80	348,24	0,10	-0,74	2,71
3	Нескар.	543,38	831,47	0,33	-0,49	2,29	467,29	290,81	0,01	-0,75	2,66
	1я	543,09	805,81	0,35	-0,47	2,29	467,31	290,05	0,01	-0,75	2,66
	2я	542,72	819,89	0,35	-0,47	2,29	466,45	287,86	0,00	-0,76	2,66
	3я	541,00	819,16	0,37	-0,42	2,30	465,63	279,41	0,01	-0,76	2,67
	4я	534,32	953,11	0,42	-0,45	2,33	452,01	356,48	0,36	-0,65	2,75
	5я	534,92	914,24	0,40	-0,45	2,33	452,39	368,53	0,33	-0,69	2,75
4	Нескар.	544,32	857,30	0,28	-0,53	2,28	467,83	314,59	0,03	-0,82	2,65
	1я	543,91	849,34	0,32	-0,51	2,29	463,76	272,28	0,06	-0,75	2,68
	2я	542,70	829,40	0,33	-0,48	2,29	463,56	275,13	0,03	-0,71	2,68
	3я	537,01	935,93	0,34	-0,49	2,32	453,82	378,05	0,27	-0,76	2,74
	4я	541,47	896,11	0,30	-0,51	2,30	460,07	336,43	0,01	-0,73	2,70
	5я	537,19	935,87	0,34	-0,47	2,32	450,37	362,02	0,45	-0,58	2,76
5	Нескар.	543,87	858,87	0,28	-0,56	2,29	468,46	306,44	0,01	-0,80	2,65
	1я	546,06	850,45	0,32	-0,52	2,28	468,34	302,34	0,00	-0,78	2,65
	2я	545,27	825,64	0,30	-0,57	2,28	467,39	303,49	0,02	-0,80	2,66
	3я	541,90	890,46	0,30	-0,51	2,30	464,43	285,81	0,06	-0,79	2,67
	4я	538,36	941,61	0,34	-0,52	2,31	456,99	364,53	0,13	-0,79	2,72
	5я	535,35	980,82	0,39	-0,51	2,32	453,19	367,69	0,33	-0,69	2,74
6	Нескар.	545,13	824,10	0,30	-0,52	2,28	470,37	309,21	0,00	-0,84	2,64
	1я	544,11	830,08	0,30	-0,51	2,29	468,22	302,21	0,00	-0,79	2,65
	2я	542,05	882,49	0,29	-0,51	2,29	468,39	312,51	0,00	-0,81	2,65
	3я	532,09	999,09	0,46	-0,49	2,34	456,38	348,17	0,19	-0,71	2,72
	4я	529,55	984,07	0,54	-0,39	2,35	453,19	367,10	0,32	-0,70	2,74
	5я	527,79	978,51	0,62	-0,30	2,36	450,75	348,68	0,42	-0,55	2,76
7	Нескар.	544,34	784,39	0,34	-0,46	2,28	466,56	293,85	0,05	-0,73	2,66

	1я	543,69	777,90	0,36	-0,43	2,29	467,67	293,45	0,00	-0,76	2,66
	2я	541,42	819,12	0,37	-0,41	2,30	466,70	285,17	0,00	-0,74	2,66
	3я	541,78	840,88	0,30	-0,43	2,30	455,93	360,03	0,16	-0,77	2,72
	4я	542,10	834,80	0,33	-0,43	2,29	462,09	326,07	0,00	-0,71	2,69
	5я	540,53	869,43	0,32	-0,45	2,30	457,14	370,38	0,09	-0,82	2,72
8	Нескар.	542,24	859,05	0,30	-0,49	2,29	467,83	300,62	0,02	-0,76	2,65
	1я	542,51	834,15	0,32	-0,48	2,29	466,59	291,53	0,05	-0,75	2,66
	2я	536,74	933,24	0,34	-0,49	2,32	454,58	374,97	0,21	-0,79	2,73
	3я	537,77	928,90	0,33	-0,49	2,31	455,28	377,12	0,19	-0,79	2,73
	4я	540,22	902,34	0,31	-0,47	2,30	454,39	383,25	0,23	-0,81	2,73
	5я	540,04	880,95	0,33	-0,42	2,30	449,65	369,55	0,49	-0,57	2,76

Из анализа таблицы 1 следует:

- первая скарификация - спектр возбуждения: спектральные характеристики (положение центра тяжести, коэффициент асимметрии, эксцесс, полная энергия спектра) не претерпели изменений. Спектр люминесценции: незначительное увеличение коэффициента асимметрии и эксцесса; остальные характеристики изменений не претерпели.
- вторая скарификация - спектр возбуждения: незначительное изменение центра тяжести спектра и коэффициента асимметрии; остальные характеристики изменений не претерпели. Спектр люминесценции: незначительное изменение центра тяжести спектра (на 8нм); остальные характеристики не изменились.
- третья скарификация - спектр возбуждения: незначительное смещение центра тяжести в левую сторону; резкий скачек коэффициента асимметрии (более чем в два раза); остальные характеристики не претерпели значимых изменений. Спектр люминесценции: незначительное смещение центра тяжести в левую сторону; незначительное увеличение остальных характеристик.
- четвертая скарификация - спектр возбуждения: смещение центра тяжести в левую сторону (на 5нм); резкий скачек коэффициента асимметрии (в два раза); заметное увеличение эксцесса; полная энергия спектра не изменилась. Спектр люминесценции: все характеристики претерпели незначительное изменение.
- пятая скарификация - спектр возбуждения: смещение центра тяжести в левую сторону (на 4нм); резкий скачек коэффициента асимметрии (более чем в полтора раза); заметное увеличение эксцесса; полная энергия спектра изменилась незначительно. Спектр люминесценции: заметное

увеличение значения эксцесса; незначительное изменение остальных характеристик.

Исследования показали, что с увеличением степени скарификации происходит смещение спектров люминесценции и возбуждения в левую сторону, а остальные характеристики постепенно увеличиваются. При четвертой – пятой скарификации наблюдается скачкообразное увеличение коэффициента асимметрии и значения эксцесса.

Полученные результаты могут быть использованы для создания более совершенных скарификаторов и методов контроля эффективности скарификации.

Литература

1. Богданов А.А. Визуализация данных в Microsoft Origin. – Альтекс-А, 2003.
2. Беляков М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат02-Панорама» // Научная жизнь. – 2016. – № 3. – С. 18–26.

*С.И. Зиенко, д.т.н., проф.; М.В. Беляков к.т.н., доц.; В.В. Малышкин, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО "НИУ"МЭИ" в г. Смоленске)*

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОВ ИСПУСКАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МАТЕРИАЛА ПОВЕРХНОСТИ СЕМЯН РАСТЕНИЙ

Целью данной работы является исследование спектров испускания люминесценции материала поверхности семян различных растений: пшеница, кукуруза, ячмень, рожь.

В настоящее время актуальной задачей является изучение свойств материала поверхности семян растений как часть молекулярной электроники [1].

Спектры люминесценции снимали по методике, описанной в работе [2].

Частотные характеристики люминесценции получали путём перехода от длин волн к энергии фотонов. Для этого использовали известное оптике соотношение $E=1240/\lambda$, где λ измеряется в нм, а E – в электронвольтах (рис. 1 б). Для упрощения понимания физики процессов на стадии излучения люминесценции, полагаем, в известном соотношении $E=h\nu$, где $h=4,1 \cdot 10^{-15}$ эВ·с – постоянная Планка, ν – частота излучения, постоянную $h=1$. В этом случае текущая частота излучения $\nu=E$. Условная частота колебаний f отличается от текущей на величину 1,96 Гц (начальное значение энергии на рис. 1. б). Частотная характеристика спектра люминесценции изображена на рис. 1. в.

Огибающая спектра содержит высокочастотные помехи. Для их подавления воспользуемся Фурье-фильтрацией. Оценим частоту среза фильтра F_c , которая обеспечивает выделение из спектральной кривой составляющих, обладающих СШП свойствами. За наименьшее значение показателя широкополосности примем величину $\mu_{\min}=0,2$. В этом случае, при известной величине верхней граничной частоты f_m , частота среза находится как

$F_C = f_m / \mu_{\text{мин}}$. В нашем случае $F_C = 3,8 \text{ Гц}$. В эксперименте устанавливали частоту $F_C = 5 \text{ Гц}$.

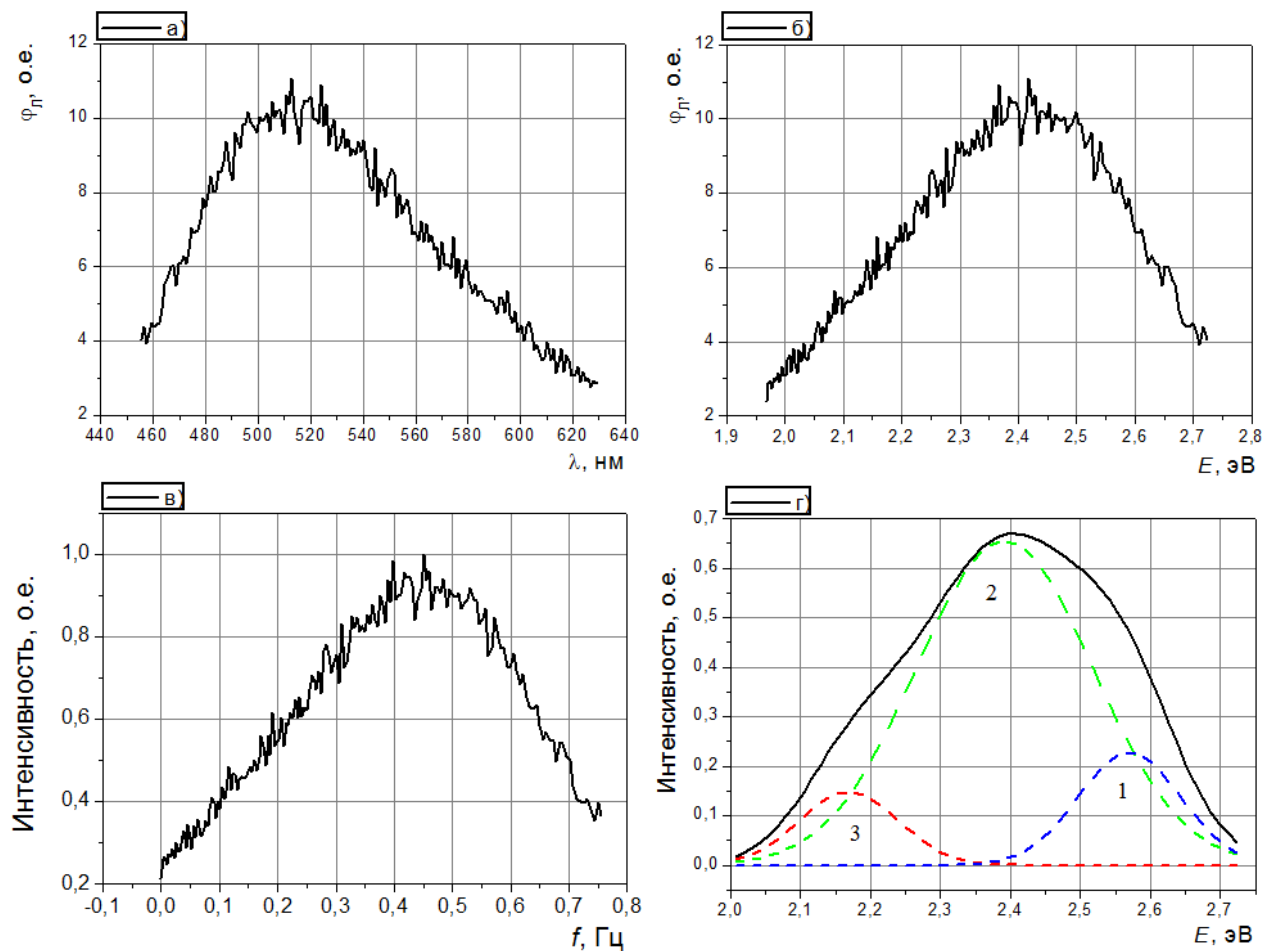


Рис. 1. Этапы преобразования спектра люминесценции семян ячменя: а) исходный спектр с шкалой длин волн; б) с шкалой энергии; в) с шкалой частот; г) форма спектра после Фурье-фильтрации, нормирования по амплитуде на единицу и вычитания постоянной составляющей спектра равной 0,22 отн. ед. Пунктиром показано разложение спектра (сплошная кривая) на составляющие 1, 2 и 3. Частота среза фильтра 5 Гц.

Фурье-фильтрация реализована в пакете Origin. После фильтрации следует процедура нормирования спектра по амплитуде на единицу. В данном случае спектральная кривая содержит постоянную составляющую, равную $W_0 = 0,27$ отн. ед., которую необходимо устранить. Полезный сигнал люминесценции получаем путём спектрального вычитания величины W_0 из исходного (нормированного) спектра. Огибающая спектра содержит все признаки компонентного состава. Для разложения огибающей спектров использовали аналитическую функцию Гаусса:

$$W(f) = W_0 + A e^{-2.8 \left(\frac{f - f_0}{\Delta f} \right)^2} \quad (2)$$

где W_0 – постоянная составляющая спектра, A – амплитуда кривой Гаусса.

С целью получения количественных параметров компонент разложения использовали программу Origin. На рис. 1 представлено разложение на три компоненты (кривые 1, 2 и 3 рис. 1. г). Заметим, что амплитуда огибающей

меньше единицы и составляет примерно 0,67 отн. ед. Связано это, как отмечалось выше, с наличием постоянной составляющей спектра.

Аналогичным образом были получены спектральные составляющие люминесценции ржи, пшеницы и кукурузы.

Основные параметры спектральных составляющих, изображенных на рис. 1. г приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Основные параметры спектральных составляющих семян ячменя

№ спектра	№ пика	Area	Пик, эВ	Пик, Гц	Ширина	Высота	Весовой коэффициент	μ
1	1	0,0577	2,5506	0,5826	0,1730	0,3098	0,2197	0,2969
	2	0,1701	2,3776	0,4096	0,2718	0,5863	0,6478	0,6636
	3	0,0357	2,1676	0,1996	0,1853	0,1808	0,1359	0,9284
	Общий	0,2626	-	0,4533	0,4296	0,6235	-	0,9477
2	1	0,0350	2,5506	0,1808	0,1447	0,1931	0,1388	0,8003
	2	0,1903	2,3653	0,3923	0,2449	0,6199	0,7549	0,6243
	3	0,0292	2,1429	0,5815	0,1366	0,1705	0,1158	0,2349
	Общий	0,2521	-	0,3970	0,4296	0,6200	-	1,0821
3	1	0,0634	2,4983	0,1502	0,1656	0,3038	0,2339	1,1025
	2	0,1733	2,3175	0,3549	0,2337	0,5917	0,6392	0,6585
	3	0,0384	2,1126	0,5329	0,1452	0,2109	0,1416	0,2725
	Общий	0,2711	-	0,3556	0,4711	0,6107	-	1,3248
4	1	0,0371	2,5534	0,2092	0,1595	0,1860	0,1467	0,7624
	2	0,1768	2,3833	0,4166	0,2310	0,6108	0,6991	0,5545
	3	0,0409	2,1767	0,5812	0,1540	0,2120	0,1617	0,2650
	Общий	0,2529	-	0,4385	0,4000	0,6403	-	0,9122
5	1	0,0208	2,5825	0,2093	0,1368	0,1404	0,0735	0,6536
	2	0,2041	2,4063	0,4325	0,2531	0,6435	0,7209	0,5852
	3	0,0591	2,1830	0,6144	0,1544	0,3056	0,2088	0,2513
	Общий	0,2831	-	0,4711	0,4267	0,6712	-	0,9058
6	1	0,0641	2,5695	0,0615	0,1896	0,3324	0,2140	3,0829
	2	0,2082	2,4036	0,4356	0,2845	0,6861	0,6952	0,6531
	3	0,0277	2,1784	0,2104	0,1659	0,1545	0,0925	0,7885
	Общий	0,2995	-	0,4948	0,3941	0,7517	-	0,7965
7	1	0,0411	2,5656	0,5976	0,1702	0,2266	0,1503	0,2848
	2	0,2069	2,3954	0,4274	0,2917	0,6536	0,7565	0,6825
	3	0,0262	2,1645	0,1965	0,1702	0,1482	0,0958	0,8662
	Общий	0,2735	-	0,4445	0,4178	0,6671	-	0,9399
8	1	0,0326	2,5777	0,6097	0,1702	0,1852	0,1286	0,2792
	2	0,1974	2,3833	0,4153	0,3038	0,6114	0,7787	0,7315
	3	0,0241	2,1645	0,1965	0,1580	0,1426	0,0951	0,8041
	Общий	0,2535	-	0,4267	0,4296	0,6141	-	1,0068
9	1	0,0346	2,5643	0,5963	0,1716	0,1938	0,1324	0,2878
	2	0,1984	2,3805	0,4125	0,3063	0,6249	0,7593	0,7425
	3	0,0290	2,1599	0,1919	0,1716	0,1647	0,1110	0,8942
	Общий	0,2613	-	0,4207	0,4326	0,6287	-	1,0283
10	1	0,0628	2,5807	0,6127	0,1904	0,3339	0,2175	0,3108
	2	0,2009	2,4022	0,4342	0,2976	0,6454	0,6959	0,6854
	3	0,0256	2,1761	0,2081	0,1666	0,1484	0,0887	0,8006
	Общий	0,2887	-	0,4889	0,4207	0,6897	-	0,8605
11	1	0,0571	2,5656	0,5976	0,1823	0,3012	0,2063	0,3051
	2	0,1883	2,3833	0,4153	0,2917	0,6131	0,6803	0,7024
	3	0,0321	2,1767	0,2087	0,1702	0,1787	0,1160	0,8155
	Общий	0,2768	-	0,4622	0,4474	0,6425	-	0,9680

12	1	0,0545	2,5682	0,6002	0,1912	0,3026	0,1944	0,3186
	2	0,1933	2,4009	0,4329	0,2869	0,6347	0,6894	0,6627
	3	0,0292	2,1857	0,2177	0,1673	0,1618	0,1041	0,7685
	Общий	0,2804	-	0,4770	0,4237	0,6775	-	0,8883
13	1	0,0631	2,5656	0,5976	0,1823	0,3284	0,2267	0,3051
	2	0,1848	2,3833	0,4153	0,2917	0,6206	0,6640	0,7024
	3	0,0310	2,1767	0,2087	0,1823	0,1631	0,1114	0,8735
	Общий	0,2783	-	0,4770	0,4207	0,6701	-	0,8820
14	1	0,0671	2,5801	0,6121	0,1912	0,3489	0,2193	0,3124
	2	0,2125	2,4009	0,4329	0,2988	0,6893	0,6944	0,6902
	3	0,0270	2,1857	0,2177	0,1673	0,1545	0,0882	0,7685
	Общий	0,3060	-	0,4830	0,4179	0,7371	-	0,8652
15	1	0,0481	2,5954	0,6274	0,1748	0,2639	0,2002	0,2786
	2	0,1771	2,4206	0,4526	0,3029	0,5459	0,7370	0,6692
	3	0,0154	2,1760	0,2080	0,1515	0,0999	0,0641	0,7284
	Общий	0,2403	-	0,4948	0,4178	0,5731	-	0,8444
16	1	0,0340	2,5789	0,6110	0,1808	0,2113	0,1266	0,2959
	2	0,1998	2,3981	0,4301	0,2893	0,6435	0,7441	0,6726
	3	0,0299	2,1812	0,2132	0,1567	0,1707	0,1114	0,7350
	Общий	0,2685	-	0,4563	0,4207	0,6606	-	0,9220
17	1	0,0418	2,5658	0,5976	0,1702	0,2303	0,1484	0,2848
	2	0,2116	2,3833	0,4153	0,3038	0,6644	0,7512	0,7315
	3	0,0289	2,1645	0,1965	0,1702	0,1642	0,1026	0,8662
	Общий	0,2817	-	0,4356	0,4326	0,6744	-	0,9931
18	1	0,0272	2,5643	0,5963	0,1593	0,1561	0,0995	0,2671
	2	0,2089	2,3927	0,4247	0,2941	0,6678	0,7644	0,6925
	3	0,0379	2,1724	0,2041	0,1716	0,2061	0,1387	0,8408
	Общий	0,2733	-	0,4296	0,4237	0,6739	-	0,9863
19	1	0,0401	2,5662	0,5982	0,1694	0,2234	0,1505	0,2832
	2	0,1962	2,3968	0,4288	0,3026	0,6107	0,7365	0,7057
	3	0,0308	2,1789	0,2109	0,1816	0,1652	0,1156	0,8611
	Общий	0,2664	-	0,4445	0,4445	0,6223	-	1,0000
20	1	0,0298	2,5492	0,5812	0,1868	0,1593	0,1408	0,3214
	2	0,1539	2,3624	0,3944	0,2865	0,5171	0,7273	0,7264
	3	0,0285	2,1631	0,1951	0,1744	0,1514	0,1347	0,8939
	Общий	0,2116	-	0,4059	0,4148	0,5257	-	1,0219

Полосы люминесценции по величине частот пиков (табл. 2) занимают области верхних, средних и нижних частот (рис. 2). Основной полосой является центральная (вторая). У всех образцов семян весовой коэффициент для области средних частот принимает значения от 0,594 до 0,779 и значительно превышает коэффициенты для области верхних и нижних частот.

Исследования показали, что для всех исследуемых семян растений выделяются три области спектров люминесценции: область верхних, нижних и средних частот.

Общим является то, что основной вклад в люминесценцию вносит излучение, расположенное в области средних частот.

В дальнейшем стоит задача определения происхождения оптически активных центров, расположенных в области верхних, нижних и средних частот фоновых колебаний.

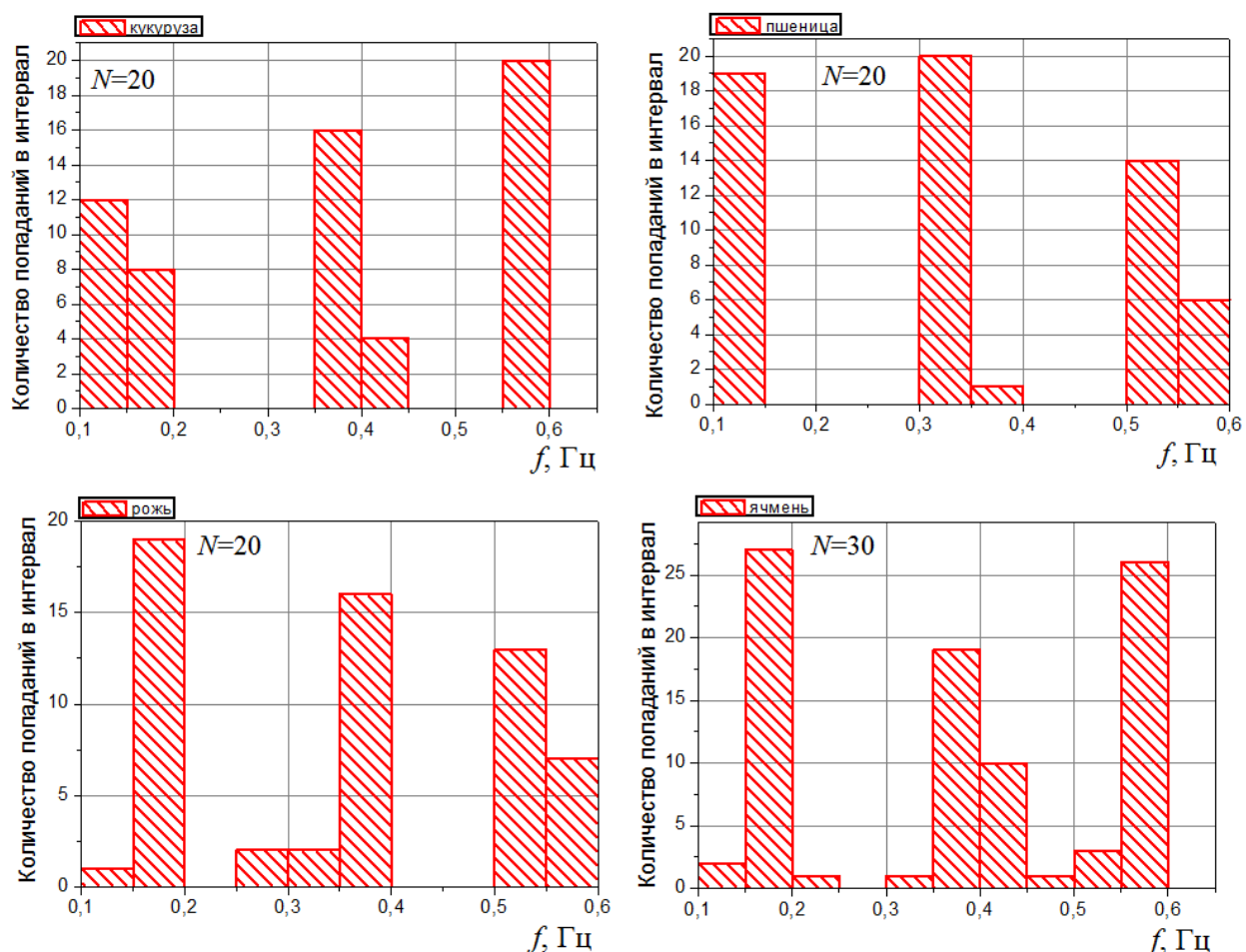


Рис. 2. Распределение частот пиков первой, второй и третьей полос люминесценции

Литература

1. Молекулярная электроника и углеродные наноструктуры. [учебное пособие]/ И.Б. Захарова, Т.Л. Макарова — СПб., 2008
2. Беляков М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат02-Панорама» // Научная жизнь. – 2016. – № 3. – С. 18–26.

*С.С. Зубарев маг.; А.К. Комиссарова маг.; Образцов С.А. к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ПРИСУТСТВИЯ С ДИСТАНЦИОННЫМ СИГНАЛИЗАТОРОМ

В настоящее время среднестатистический представитель социума может быть уверен в той или иной мере в своей безопасности, благодаря работе специальных служб, наличию индивидуальных средств защиты. Если же этого покажется ему мало, гражданин может обезопасить свое жилище, установив системы видеонаблюдения и мониторинга присутствия. Однако эти системы становятся малоэффективны без соответствующего уведомления пользователя, что удорожает их, заставляя прибегать к дополнительным средствам уведомления (мониторы наблюдения, звуковые сигнализации, личный охранник). Помимо прочего, данные системы практически всегда стационарны и не имеют возможности сопровождать пользователя в поездках и походах. Предложенная концепция устройства позволит уведомлять пользователя о

присутствии посторонних лиц в пределах 10-20 метрах от устройства при нахождении его за пределами постоянного места пребывания.

Устройство представляет собой совокупность инфракрасных датчиков движения типа HC-SR501, заключенных во влагозащищенный корпус с круговым обзором. Корпус имеет гибкие крепления для возможности позиционирования его на различных поверхностях, внутри корпуса располагается плата управления, Bluetooth модуль, 4 сервопривода и аккумулятор с величиной 1000мАч. Корпус оснащен 4 светодиодами, для индикации состояния датчика.

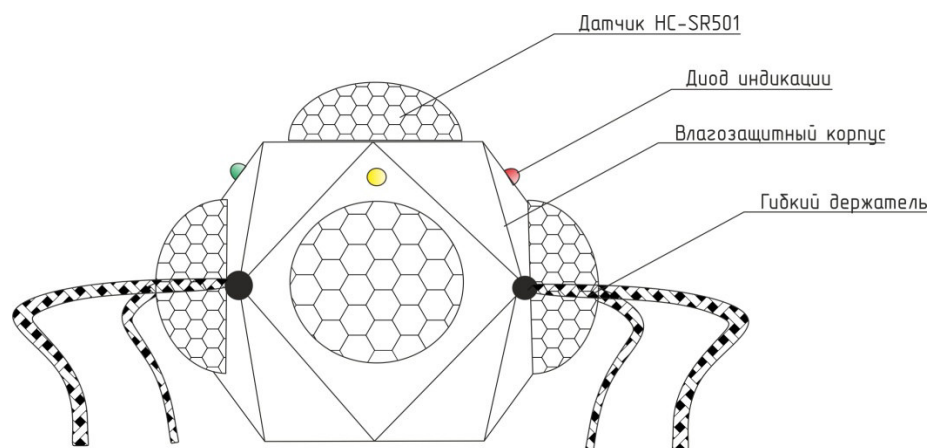


Рисунок 1 – Эскиз устройства

Принцип работы устройства:

После установки устройства, пользователь при помощи приложения на смартфоне на базе Android/IOS/Windows Phone, либо на "копии" данного приложения, установленного на смарт часы, указывает степень чувствительности и питания каждого датчика устройства, иными словами если пользователю не нужен круговой обзор и он не хочет, чтобы устройство реагировало на ту сторону, где возможно будет нахохлиться он сам, он может отключить соответствующий датчик дистанционно.

После установки настроек, пользователь нажимает клавишу применить и сигнал по сети Bluetooth передается на плату управления устройством, которая в свою очередь подает команду на включение датчиков и установку их чувствительности при помощи серводвигателей(происходит подстройка переменного резистора), зажигаются светодиоды, сигнализирующие о наличии питания включенных датчиков.

При срабатывании датчика, сигнал поступает на плату, откуда передается по каналу связи на смартфон/смарт часы, который в свою очередь сигнализирует о срабатывании устройства вибрационным, либо звуковым сигналом. Помимо прямого использования смартфона в качестве сигнализирующего устройства, предусмотрена возможность использования в качестве сигнализатора фитнес браслета, базирующегося на смартфоне.

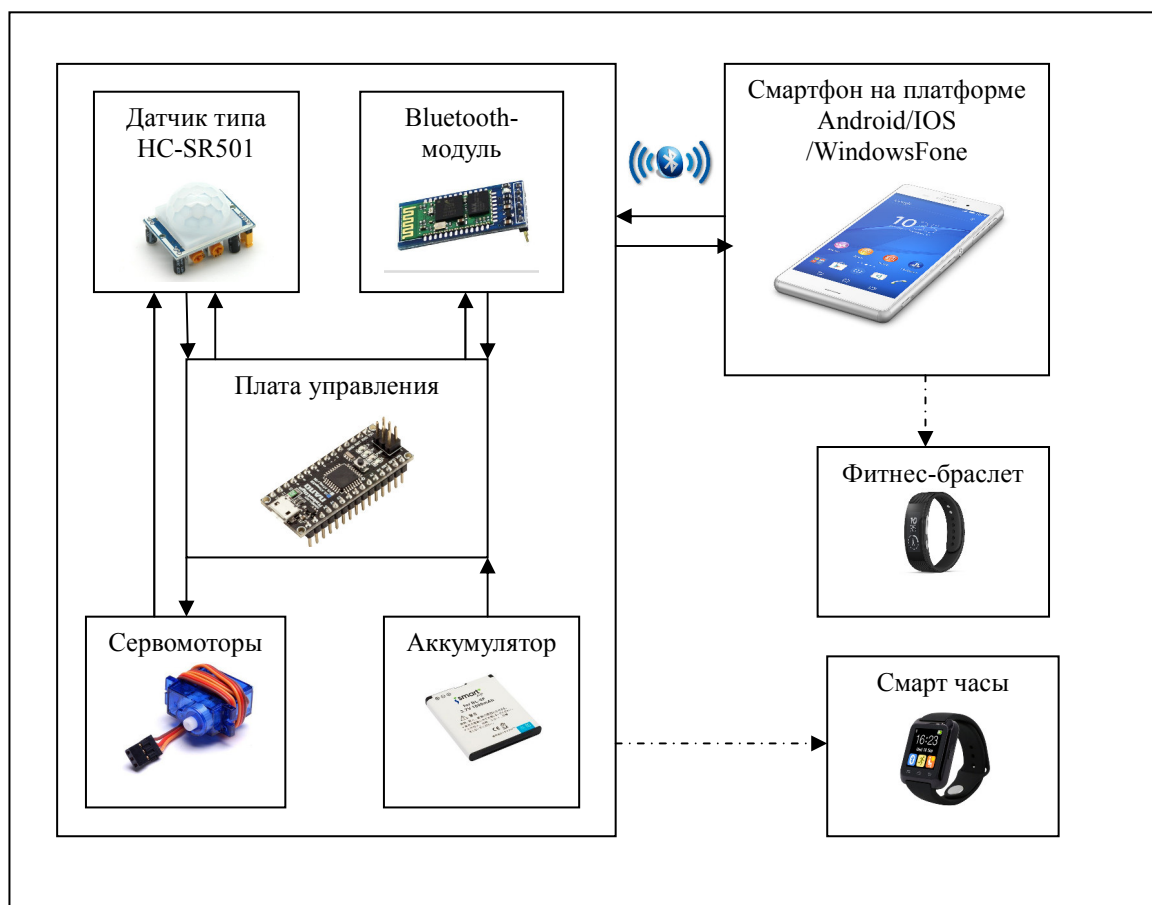


Рисунок 2 – Структурная схема

Программное обеспечение для устройства написано на языке C# с применением фреймворка Xamarin, позволяющего вести кроссплатформенную разработку мобильных приложений для систем типа iOS, Android, Windows Phone. Использование данного фреймворка позволяет расширить спектр возможных устройств управления, захватив практически все мобильные платформы на современном рынке.

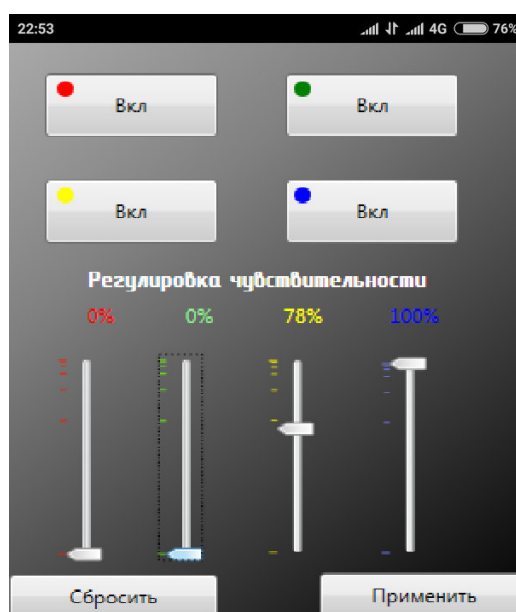


Рисунок 3 – Интерфейс первичной версии приложения(демонстрация с устройства Android)

В области применения устройства входят:

- Туристические поездки и походы(устройство устанавливается на "крышу" палатки)
- Дальние путешествия на автомобиле (устройство крепится к "торпеде", либо крыше автомобиля)
- Охота(в данном случае устройство применяется для сигнализации о присутствии дичи, крепится на ствол дерева)
- Пейнтбол /страйкбол(устройство позволяет заранее узнать о приближении условного противника, не выдав при этом пользователя за счет вибрационного, а не звукового сигнала)
- Охрана объектов в дороге(например, прицепы большегрузных машин)

Таблица 1 – аналоги устройства

	Предложенное устройство	Doberman Security и ее аналоги	Стационарные системы мониторинга движения
Питание	Аккумулятор с зарядкой по USB	Аккумулятор типа "батарейка"	Сеть 220В
Обзор	Круговой	Узконаправленный	В зависимости от вида устройства и способа установки
Наличие дополнительного сигнализатора	В качестве сигнализатора используется устройство на платформе Android/IOS/Windows Phone	Отдельный блок звуковой/световой сигнализации	Отдельный блок звуковой/световой сигнализации
Управление устройством	Дистанционное, через приложение	Необходимо прямое вмешательство	В зависимости от ПО
Стоимость	2000р	1600-5000р	От 1500р

В настоящий момент ведется работа над созданием корпуса устройства посредством моделирования в среде SolidWorks, а также проведение первичных испытаний корректности работы устройства.

Литература

1. Язык программирования C#. Классика Computers Science / А. Хейлсберг, М. Торгерсен, С. Вилтамут, П. Голд . 4-е изд. СПб.: Питер, 2011. – 784 с.
2. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#/ Д. Рихтер,. 4-е изд. СПб.: Питер, 2017. – 896с.
3. Arduino programming notebook / Brian W. Evans,. СПб.: Питер, 2007. – 40с.
4. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-е изд., стер. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. — 560 с.
5. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров / Сост. Ю.А. Шпак — К.: "МК-Пресс", 2006. — 400 с, ил.
6. ТРОИЦКИЙ Ю.В. Программирование микроконтроллеров семейства AVR в устройствах промышленной электроники: Методическое пособие по курсу «Основы микропроцессорной техники» [Текст]: Методическое пособие/ Ю.В. Троицкий. – Смоленск: РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2014. – 68 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ NUV В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА

Рынок современных систем охранного видеонаблюдения переживает сегодня бурный рост, связанный с повышением интереса, как к коллективной, так и личной безопасности, особенно актуальной в условиях возрастания интенсивности террористических угроз.

Вместе с тем, задача по охране объектов, особенно режимных, становится все более сложной, так как при проникновении на объект, злоумышленники часто используют современные средства маскировки, отличающиеся разнообразием раскраски, подходящей под практически любой тип местности, что делает задачу их визуализации с помощью средств визуального или оптико-электронного обнаружения, работающими в видимом диапазоне, трудновыполнимой.

Тепловизионные средства наблюдения, эффективные при использовании их в холодное время года или в ночное время, когда температура фона существенно меньше температуры человеческого тела, могут оказаться бесполезными при использовании специальных защитных средств или днем, когда температура окружающей среды и земных поверхностей близка к 36°C .

Кроме того, подавляющее большинство тепловизионных средств наблюдения имеют стоимость от нескольких тысяч до десятков тысяч долларов, что делает их не всегда доступными для приобретения.

Вместе с тем, в свободной продаже есть множество оптико-электронных приборов, которые позволяют вести наблюдение в диапазоне NUV (так называемый ближний ультрафиолет с границами 300 – 400 нм [1]).

Например, можно купить цветную видеокамеру и адаптировать ее штатную оптическую систему для съемки в диапазоне NUV в режиме реального времени.

На видеоизображении, полученном с помощью такой видеокамеры, большинство синтетических тканей, так распространенных в настоящее время, будут отображаться как яркие синие пятна, которые можно легко обнаружить с некоторого расстояния [5].

Относительно к количеству видимого излучения, падающего на земную поверхность, количество излучения в диапазоне NUV может увеличивается в сумерках, на рассвете, в пасмурные дни, особенно много его в приполярных областях: в зависимости от условий наблюдения его доля от всего солнечного излучения дошедшего до земной поверхности варьируется в диапазоне 1 – 9 % [2].

Применение диапазона NUV в качестве рабочего спектрального, например цифровой зеркальной камеры, позволит отображать детали объекта даже на большом расстоянии: есть сведения, что измененная цифровая зеркальная

камера может обнаружить одетого в камуфляж человека на расстоянии до тысячи метров [6].

Точная дальность действия для этой категории камер наблюдения неизвестна по одной причине, что никто такими измерениями пока серьезно не занимался [6].

Следует предположить, что применение теле- и фотокамер с рабочим спектральным диапазоном *NUV* будет максимально эффективным в зимнее время, поскольку снег отражает ультрафиолетовое излучение лучше, чем большинство белых красок и тканей, при этом человек одетый в белый маскировочный костюм должен отображаться в виде темного пятна на заснеженной поверхности [5].

Применение теле- и фотокамер с рабочим спектральным диапазоном *NUV* в летнее время так же является перспективным: это связано с тем, что зеленая листва деревьев и кустарников и травы практически полностью поглощают ультрафиолетовое излучение, (отражая всего 6 %), тогда как большинство тканей, как синтетических, так и натуральных отражают не менее 30 % ультрафиолетового излучения.

Песок в зависимости от содержания кремния отражает всего лишь около 3 % ультрафиолетового излучения, в то время как многие желтовато-коричневые и серые камуфляжные ткани – до 50 % и больше [7].

В таблице 1 представлены средние значения коэффициента отражения (альбедо) в УФ распространенных природных и техногенных объектов (материалов).[3]

Таблица 1 – Средние значения коэффициента отражения (альбедо) в УФ некоторыми поверхностями

Подстилающая поверхность	Коэффициент отражения (альбедо), %
Асфальт черный	1-4
Асфальт серый	1-5
Шифер	7-18
Бетон	2-9
Зеленая трава	1-6
Сухая трава	2-14
Хвоя сосны	1-3
Листва деревьев (тополь)	7
Земля	4-6
Камни	7-12
Палуба корабля	6-8
Соленая вода	8
Влажный песок	7
Сухой песок	15-18
Снег	50-85
Металлические поверхности	85
Белая х/б ткань	50
Синтетическая ткань (камуфляж)	30-55

Анализ значений величин из таблицы показывает, что коэффициент отражения объектов окружающей среды и тканей одежды на порядок отличны

друг от друга. Это будет давать четкое изображение, с различными границами объектов, в УФ спектре.

Так как рынок систем охранного видеонаблюдения основывается на камерах в видимом спектре, которые утратили свою эффективность в связи с быстрым развитием средств маскировки. Они практически не изменились за последнее десятилетие (не считая угла обзора и компактности). Таким образом, исследование и разработка средств охранного телевидения, использующего пуч в качестве рабочего спектрального диапазона позволит улучшить не только качество охраны режимных объектов но и даст развитие нового направления на рынке систем охранного видеонаблюдения.

Литература

- 1 ISO 21348 Process for Determining Solar Irradiances.
- 2 Советская Военная Энциклопедия:[в 8 томах] [Текст] / Пред. Гл. ред. комиссии Н. В. Огарков. – М.: Воениздат, Т. 8. 1978. – С. 191.
- 3 Кринов, Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Е.Л. Кринов ; АН СССР, Лаб. аэрометодов. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1947. – 270, [2] с. – Библиогр.: с. 114–116.
- 4 Мейер А. Ультрафиолетовое излучение [Текст] / А. Мейер, Э. Зейтц. –М.: Наука, 1982. – 63 с.
- 5 UVR Diferend Tech [Электронный ресурс]: // USA [2014-]. URL: <http://www.uvrdefensetech.com/index.php?videos> (дата обращения: 16.09.2016)
- 6 UVR Diferend Tech [Электронный ресурс]: Improvised Ultraviolet Spotting Scopes // USA [2014-]. URL: <http://www.uvrdefensetech.com/index.php?scopes> (дата обращения: 16.09.2016)
- 7 UVR Diferend Tech [Электронный ресурс]: Military Recognition of the Ultraviolet Sensor Threat // USA [2014-]. URL: <http://www.uvrdefensetech.com/index.php/armyconcerns> (дата обращения: 16.09.2016)

*А.В. Ковалев, маг., В.Д. Ковалев, маг., М.Г. Степанов, маг.; Строев Н.Н. к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИЛЫ

Ручные приспособления для перевозки грузов до сих пор широко используются в промышленности, строительстве, в гражданских и военных областях. В традиционных системах тяговое, толкающее и тормозящее усилия формируются исключительно вручную, что требует большой затраты сил человека и мало эффективно. Замена ручного труда на автоматизированные процессы является одной из главных задач научно-технического прогресса. При всей сложности и высокой стоимости роботов, их эффективное использование возможно лишь при обеспечении внешних условий, адекватно воспринимаемых сенсорами и программой управления. В современных реалиях это практически невозможно, что ограничивает развитие и широкое применение робототехнических комплексов. Альтернативным вариантом является так называемая малая автоматизация, основанная на использовании технических объектов, снижающих долю ручного труда и повышающую его эффективность. Мотокары, автопогрузчики давно известны и широко используются в различных областях промышленности, строительства и сельского хозяйства. Обычно они представляют собой полнофункциональные машины, в которых человек исполняет роль управляющего звена. Все усилия и механические перемещения в таких машинах выполняются двигателями по управляющему воздействию человека. Естественно, техническая сложность машины

определяет ее высокую стоимость и невысокую надежность.

В связи с этим представляется актуальной разработка систем, где осуществляется повышение реальных физических сил человека за счет применения электронных и электромеханических узлов.

В данной работе предложена система, обеспечивающая компенсацию физических усилий человека, возникающих при перевозке грузов в так называемом ручном транспорте (тележки, тачки и т.д.). Подобные средства широко используются как в гражданских, так и военных областях.

Электромеханические усилители находят широко применение в различных областях военной и гражданской техники. Наиболее известным примером подобных систем может служить усилитель руля автомобиля. Основное назначение данного устройства – усиление ручного воздействия рулевого колеса с помощью сервисного электродвигателя. В качестве датчиков и источника управляющего воздействия в подобных системах используют электромеханические устройства, следящие системы с датчиками положения, следящие системы с датчиками перемещения. По принципу действия все эти системы являются следящими система с компенсационной обратной связью.

Принцип действия таких систем заключается в следующем: усилие, подаваемое человеком на механизм, считывается датчиками. Это могут быть как датчики положения и угла, так и тензометрические датчики силы и тому подобные. Далее сигнал с датчиков, который может быть предварительно усилен, поступает в электронный блок управления. Как правило, ЭБУ представляет собой микропроцессорную систему управления. На основании данных, полученных с датчиков, ЭБУ вычисляет необходимое компенсационное усилие и подает команду на исполнительные двигатели.

Интересным решением в данном направлении являются конструкции, называемые экзоскелетами [3]. Это устройства, расширяющие возможности человека посредством компенсации механического усилия. Они могут использоваться как в областях, где необходимы затраты большого количества механической энергии со стороны человека, так и в качестве опоры людям, которые в силу своего возраста или состояния здоровья имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом. Основным недостатком таких систем является их высокая цена, сложность конструкции, а также отсутствие компактных источников электроэнергии, способных обеспечить длительное время автономной работы устройства.

В данной работе разработана система, обеспечивающая компенсацию физических усилий человека, возникающих при перевозке грузов в так называемом ручном транспорте (тележки, тачки и т.д.). Подобные средства широко используются как в гражданских, так и военных областях. Переноска даже небольших тяжестей в большом количестве вызывает быстрое утомление человека. Основной задачей разработки стал поиск технически несложного решения, универсального для многих ручных операций. В качестве сенсоров в системе решено было применить тензодатчики и датчик угла поворота. С их помощью должно определяться механическое усилие, которое должно компенсироваться электромеханической системой. Разработанная система

состоит из блока тензодатчиков, датчика угла поворота, микроконтроллера с формирователями управляющих напряжений, исполнительных двигателей постоянного тока привода колес и аккумулятора. Конфигурация системы приведена на рис 1.

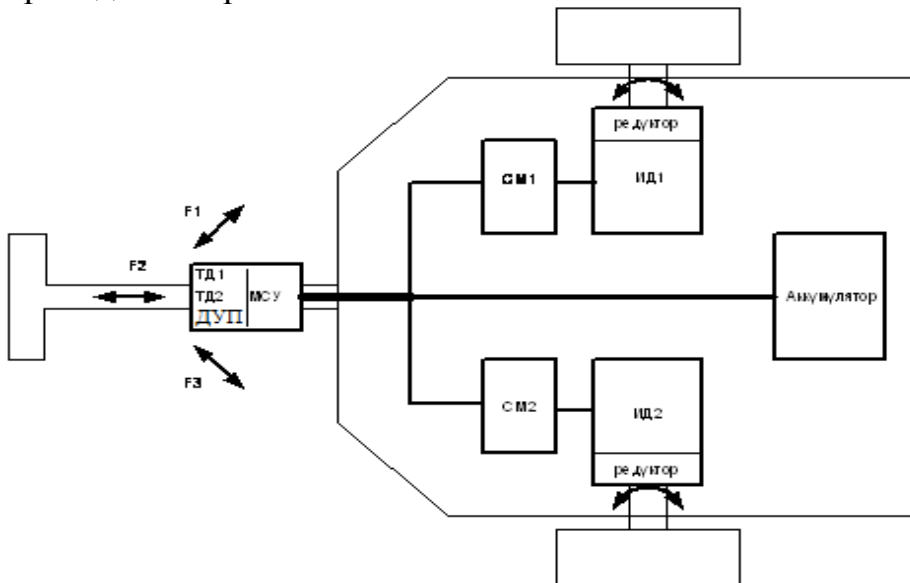


Рисунок 1 — Конфигурация устройства

Когда пользователь тянет тележку на себя, прилагаемое к ручке усилие передается на ТД1. Если же происходит торможение или движение тележки назад, то усилие передается на ТД2, что включает реверсивный ход исполнительных двигателей. Угол поворота ручки фиксируется при помощи ДУП.

На рис. 2 изображена структурная схема устройства.

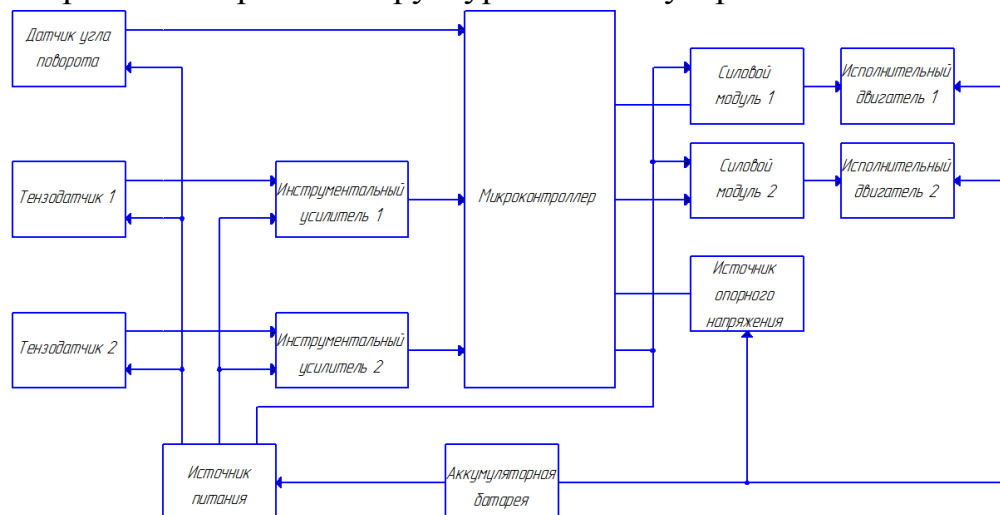


Рисунок 2 – Структурная схема устройства

Сигналы с тензодатчиков ТД1 и ТД2 поступают на входы инструментальных усилителей ИУ1-ИУ2, обеспечивающих усиление сигналов и компенсацию основных погрешностей. Усиленные и нормированные сигналы с выходов ИУ1 и ИУ2, а также с датчика угла поворота [3] поступают на входы АЦП микроконтроллера, где преобразуются в цифровые коды. Микроконтроллер обрабатывает сигналы с трех датчиков и в соответствии с

алгоритмом формирует ШИМ сигналы управления исполнительными двигателями (ИД1, ИД2). Для управления двигателями предлагается использовать ключи на мощных MOSFET-транзисторах (CM1, CM2)[1].

Функциональная схема устройства представлена на рис. 3.

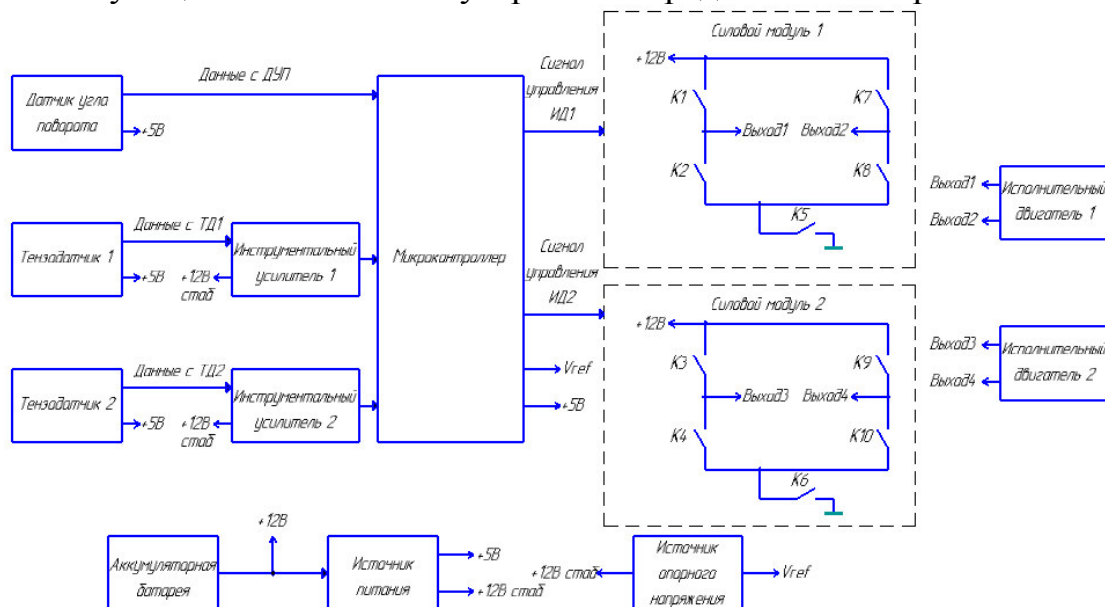


Рисунок 3 — Функциональная схема устройства

Управление ключами K1-K10 осуществляется с портов микроконтроллера. Ключи K5 и K6 отвечают за подачу управляющего ШИМ-сигнала на исполнительные двигатели, а ключи K1-K4 и K7-K10, подключенные по схеме Н-моста, осуществляют изменение полярности подключения двигателей.

В качестве среды моделирования была выбрана демонстрационная версия программы схемотехнического моделирования ISIS Proteus 7. Данная программа позволяет смоделировать работу программируемого микроконтроллера [2], что и требуется согласно поставленной задаче.

Подстроечными резисторами RV1-RV3 осуществляется регулировка напряжения, поступающего на порты АЦП микроконтроллера. С выводов OC0 и OC2 осуществляется передача ШИМ-сигналов на исполнительные двигатели. Порты PC0 и PC1 отвечают за полярность подключения ИД.

Результаты моделирования представлены на рисунках 4-5: первая осциллограмма отображает сигнал, управляющий правым двигателем, вторая — левым, третья и четвертая отображают, в какую сторону вращаются исполнительные двигатели (если на третьей осциллограмме логическая единица, а на четвертой — логический ноль, оба двигателя вращаются в прямом направлении, если наоборот, то в обратном).

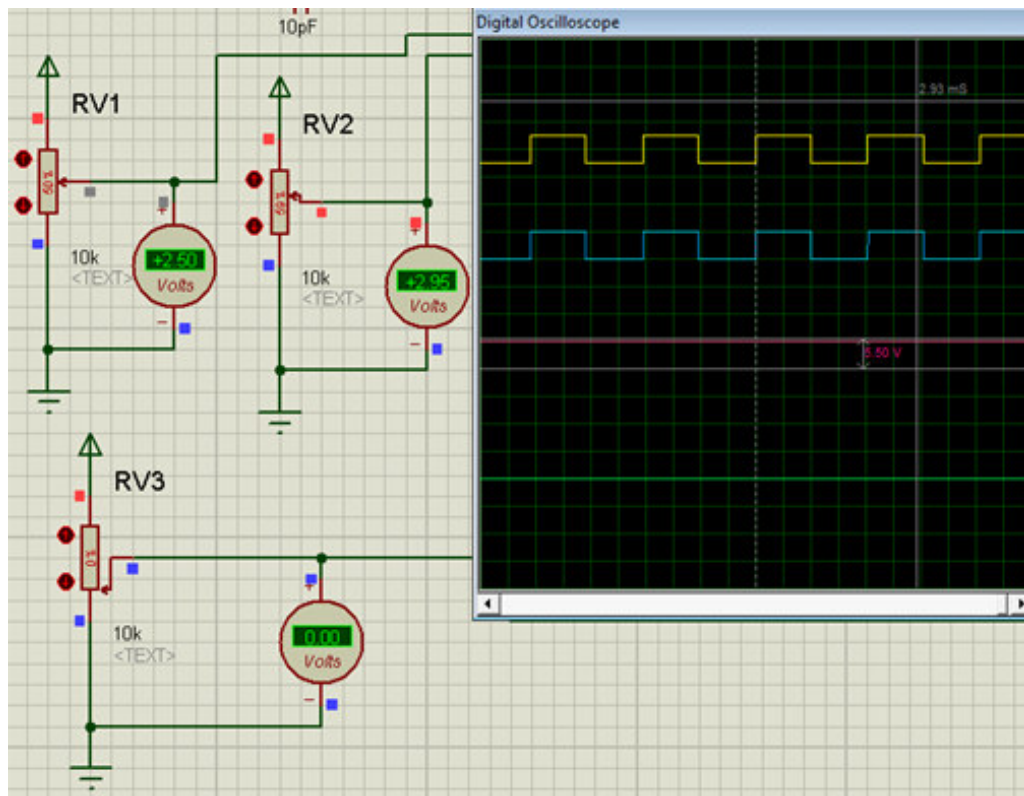


Рисунок 2.15 — Результаты моделирования: с тензодатчика 1 поступает сигнал величиной 2,95 В, на модуль управления двигателями поступает ШИМ-сигнал с коэффициентом заполнения 0,5, полярность подключения двигателей прямая

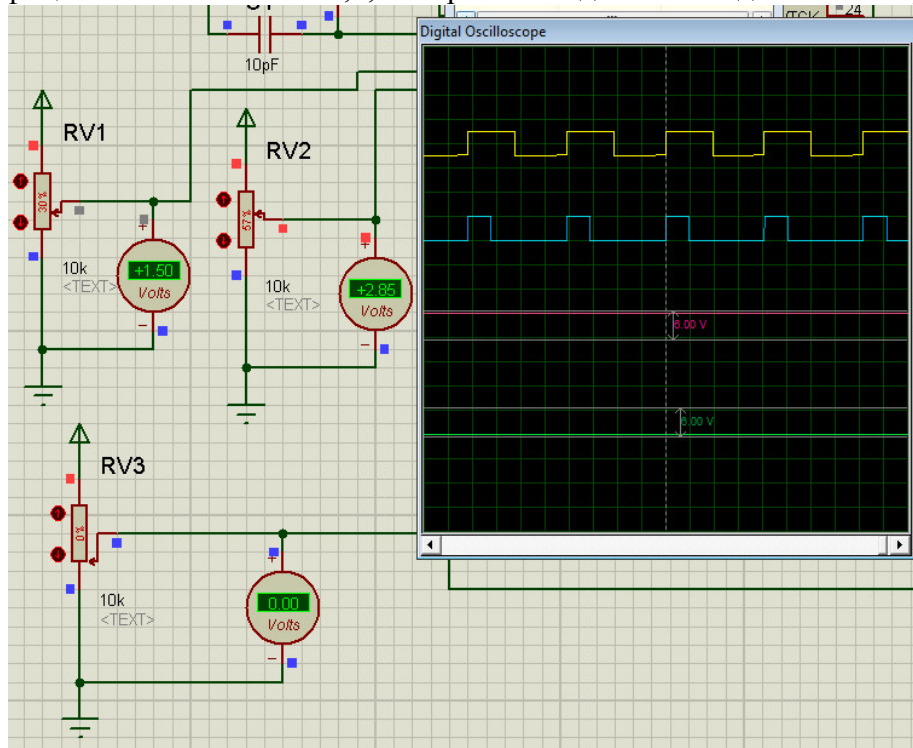


Рисунок 2.16 — Результаты моделирования: с тензодатчика 1 поступает сигнал величиной 2,85 В, на модуль управления правого двигателя поступает ШИМ-сигнал с коэффициентом заполнения 0,5, левый двигатель управляется ШИМ-сигналом со скважностью 0,25 — тележка поворачивает влево. Полярность подключения двигателей прямая

Литература

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – М.: Мир, Бином, 2011. – 704 с. : ил.
2. ATmega16 Datasheet. [Электронный ресурс]: Datasheet. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
3. ПО СТРОЙТЕХНИКА. [Электронный ресурс] : URL : http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADR121_125_127.pdf
4. SPS-A100D-HAMS Smart Position Sensors [Электронный ресурс] : URL : <http://sensing.honeywell.com/SPS-A100D-HAMS-Smart-Position-Sensors>.

*В.Д. Ковалев, маг., А.В. Ковалев, маг., М.Г. Степанов, маг.; Н.Н. Строев к.т.н., доц..
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПУСКА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ

В настоящее время при разработке различных устройств используют МДП-транзисторы, в процессе которого практически не обойтись без имитационного моделирования. Однако это не всегда представляется возможным.

Одна из причин заключается в том, что в настоящее время отсутствуют SPICE библиотеки отечественных мощных МДП-транзисторов, соответственно их нужно создать. Для этого необходимо узнавать параметры каждого транзистора в отдельности. Поскольку самих отечественных транзисторов не мало, снимать характеристики каждого из них при помощи цифровых осциллографов слишком затратно.

Используя современную элементную базу, можно разработать стенд, который позволит быстро и без больших временных затрат получить значение времени запуска МДП-транзистора. Аналогичным образом можно разработать другие стенды для измерения других необходимых характеристик транзистор и, получив все необходимые характеристики, разработать SPICE модель.

В разрабатываемом стенде будет измеряться время фронта МДП-транзистора. Поскольку транзисторы мощные, необходим внешний источник питания с напряжением порядка 50 В.

Результат измерения должен выводиться в таком виде, который будет удобен пользователю. Поскольку требуется узнать только одну физическую величину, её удобно выводить, к примеру, на текстовый ЖК-индикатор.

Управлять ЖК-индикатором можно с использованием микроконтроллера и с его же помощью производить вычисления. В этом случае удобно использовать микроконтроллер, при помощи которого можно записать в память значения необходимых величин (двоичные данные 8-разрядного счетчика). В этом случае возникает необходимость получить эти величины.

Чтобы измерить время фронта можно использовать два компаратора и счетчик, подключенные к стоку МДП-транзистора. Для получения значения времени нужно измерить интервал времени от 0.1Еп до 0.9Еп.

В соответствии с изложенными выше требованиями разработана структурная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора (рис. 1).



Рисунок 1 – Структурная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора

В данной структурной схеме используется внешний источник питания.

Открытие транзистора происходит путём подачи на затвор напряжения. На следующем этапе пороговое устройство измеряет уровни 0.1 и 0.9 от E_p и отправляют сигнал на измеритель длительности импульса, который в свою очередь производит счет и отправляет данные на микроконтроллер Atmega16, который также отправляет на счетчик сигнал сброса и выводит значение времени запуска в наносекундах на устройстве индикации. В данном случае микроконтроллер в качестве высокого уровня сигнала имеет величину +5 В, достаточную для открытия транзистора.

Для разработки принципиальной схемы и последующего выбора компонентов необходимо разработать функциональную схему устройства.

В схеме используется внешний источник питания 50 В. Открытие транзистора происходит путём подачи на затвор напряжения. После этого в блоке порогового устройства поставим резистивный делитель, который уменьшит напряжение для стоящих далее компараторов. Эти компараторы измеряют уровни 0.1 и 0.9 от E_p с помощью опорного напряжения. Чтобы произвести счет, перед счетчиком в блоке измерителя длительности импульсов требуется поставить логический элемент XOR, который является ключом.

После того как данные придут на счетчик, он должен отправить их на микроконтроллер Atmega16 в двоичном виде, который впоследствии отправляет на счетчик сигнал сброса и выводит значение времени запуска в наносекундах на LCD-индикаторе. Напряжения от микроконтроллера будет достаточно чтобы следующий далее блок формирователя смог открыть МДП-транзистор. Также следует добавить, что к счетчику будет присоединен тактовый генератор на 200 МГц для того, чтобы он удовлетворял временные потребности схемы.

На рис. 2. представлена функциональная схема стенда, выполненная исходя из наработок по структурной схеме.

Сигнал запуска с устройства управления подается на блок формирователя, который состоит из двух биполярных транзисторов, усиливающих сигнал для открытия МДП-транзистора.

Напряжение от источника питания подается на два последовательно включенных делителя напряжения в блоке порогового устройства. Первый

делитель устанавливает напряжение на исследуемом МДП-транзисторе, авторой понижает напряжение для измерения компараторами. Пониженное напряжение на компараторах упрощает выбор элементной базы и источников опорного напряжения. В качестве ИОН возьмем напряжение с DC/DCпреобразователя и установим нужные уровни с помощью резистивных делителей.

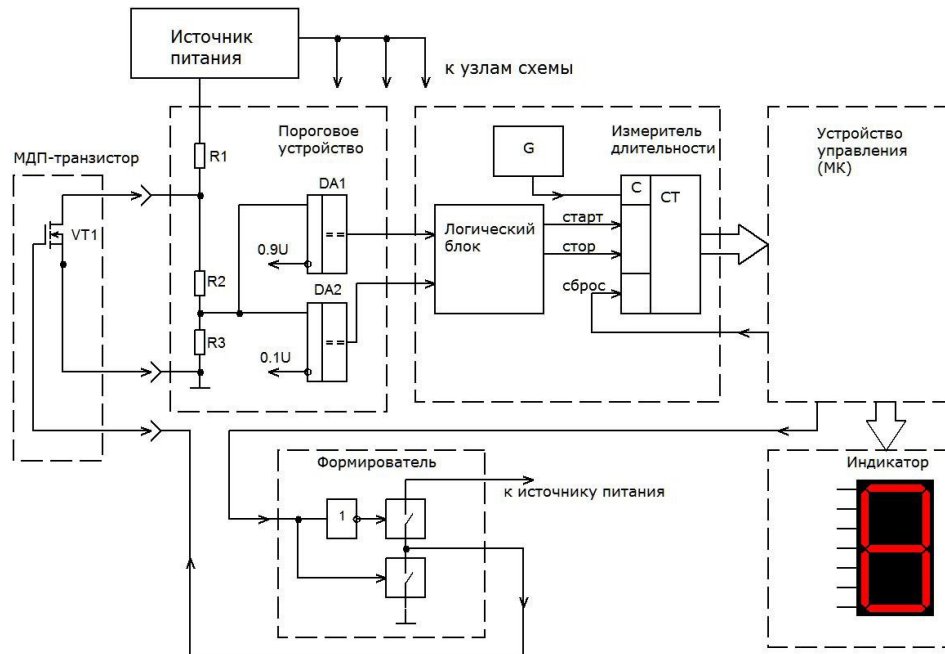


Рисунок 2 – Функциональная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора

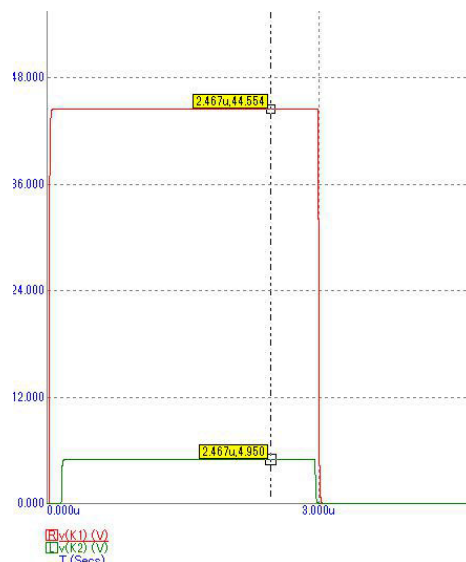


Рисунок 3 – Результат работы порогового устройства

Сигнал с компараторов поступает на логический блок, который состоит из элементов XOR и NAND3. Элементы соединены таким образом, чтобы обеспечить выходной сигнал в нужные моменты времени. Далее тактовый сигнал попадает на счетчик.

8-разрядный двоичный код с выхода счетчика подается на устройство

управления которое представляет собой микроконтроллер. Программа преобразует данные и отправляет их на индикатор в форме понятной для пользователя.

Для проверки работоспособности разработанного алгоритма было проведено имитационное моделирование в программах Proteus 7.10 SP0 и Microcap 10 (рис. 4-5).

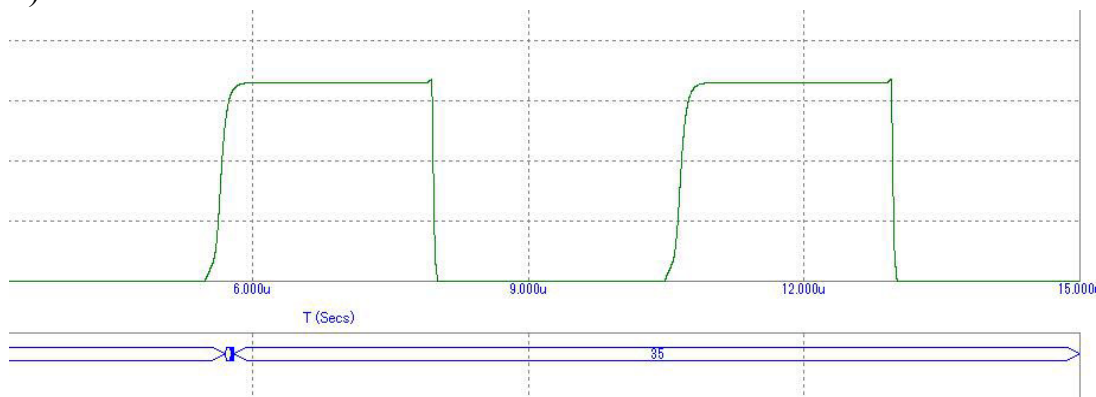


Рисунок 4 – Результат моделирования стенда в среде Microcap 10

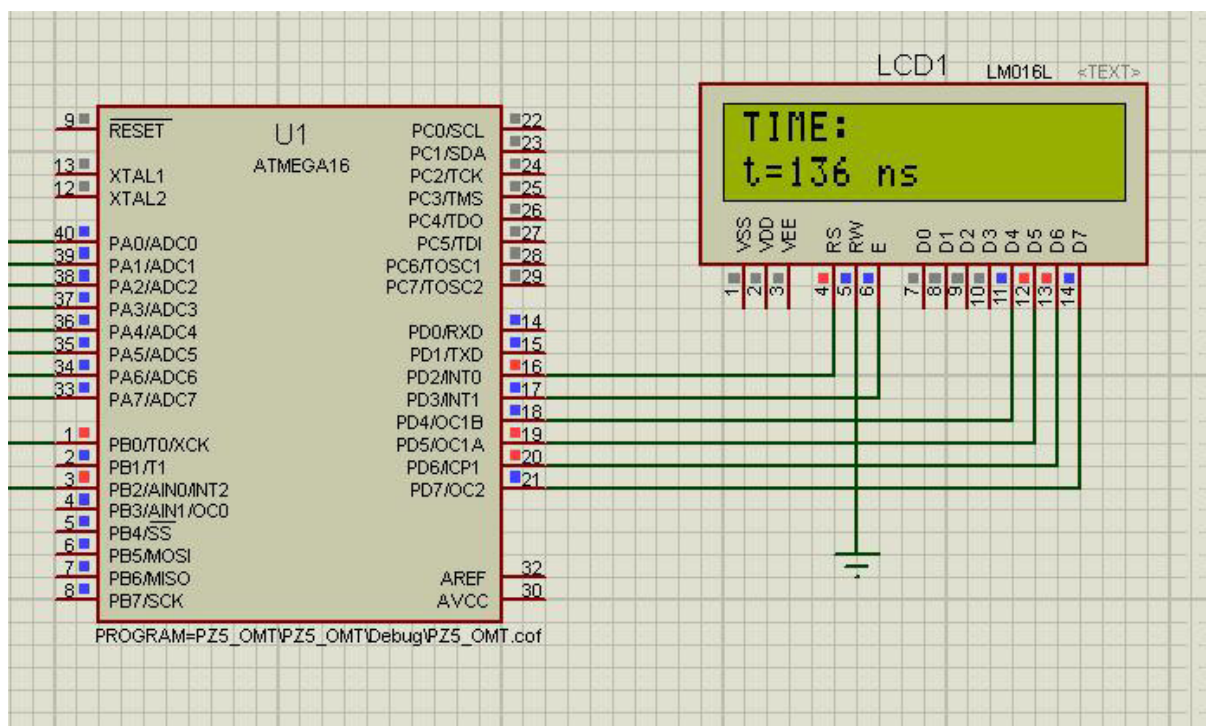


Рисунок 5 – Результат моделирования стенда в среде Proteus 7.10

Литература

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – М.: Мир, Бином, 2011. – 704 с. : ил.
2. ATmega16 Datasheet. [Электронный ресурс]: Datasheet. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
3. Затулов С.Л. Моделирование переходных режимов работы ограничителя выбросов напряжения, работающего в режиме ограничения мощности/Затулов С.Л., Амелин С.А., Амелина М.А.// Практическая силовая электроника. – 2016. – №1. – С.52-56
4. Амелин С. А. Проблемы создания SPICE-моделей ШИМ-контроллеров источников вторичного электропитания /Амелин С.А., Варфоломеева Д.Н. //Сборник трудов V Международной научно-технической конференции: В 2 томах. филиал ФГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. – 2015. – С.243-245

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИЛЫ

Ручные приспособления для перевозки грузов до сих пор широко используются в промышленности, строительстве, в гражданских и военных областях. В традиционных системах тяговое, толкающее и тормозящее усилия формируются исключительно вручную, что требует большой затраты сил человека и мало эффективно. Замена ручного труда на автоматизированные процессы является одной из главных задач научно-технического прогресса. При всей сложности и высокой стоимости роботов, их эффективное использование возможно лишь при обеспечении внешних условий, адекватно воспринимаемых сенсорами и программой управления. В современных реалиях это практически невозможно, что ограничивает развитие и широкое применение робототехнических комплексов. Альтернативным вариантом является так называемая малая автоматизация, основанная на использовании технических объектов, снижающих долю ручного труда и повышающую его эффективность. Мотокары, автопогрузчики давно известны и широко используются в различных областях промышленности, строительства и сельского хозяйства. Обычно они представляют собой полнофункциональные машины, в которых человек исполняет роль управляющего звена. Все усилия и механические перемещения в таких машинах выполняются двигателями по управляющему воздействию человека. Естественно, техническая сложность машины определяет ее высокую стоимость и невысокую надежность.

В связи с этим представляется актуальной разработка систем, где осуществляется повышение реальных физических сил человека за счет применения электронных и электромеханических узлов.

В данной работе предложена система, обеспечивающая компенсацию физических усилий человека, возникающих при перевозке грузов в так называемом ручном транспорте (тележки, тачки и т.д.). Подобные средства широко используются как в гражданских, так и военных областях.

Электромеханические усилители находят широко применение в различных областях военной и гражданской техники. Наиболее известным примером подобных систем может служить усилитель руля автомобиля. Основное назначение данного устройства – усиление ручного воздействия рулевого колеса с помощью сервисного электродвигателя. В качестве датчиков и источника управляющего воздействия в подобных системах используют электромеханические устройства, следящие системы с датчиками положения, следящие системы с датчиками перемещения. По принципу действия все эти системы являются следящими системами с компенсационной обратной связью.

Принцип действия таких систем заключается в следующем: усилие, подаваемое человеком на механизм, считывается датчиками. Это могут быть как датчики положения и угла, так и тензометрические датчики силы и тому подобные. Далее сигнал с датчиков, который может быть предварительно

усилен, поступает в электронный блок управления. Как правило, ЭБУ представляет собой микропроцессорную систему управления. На основании данных, полученных с датчиков, ЭБУ вычисляет необходимое компенсационное усилие и подает команду на исполнительные двигатели.

Интересным решением в данном направлении являются конструкции, называемые экзоскелетами [3]. Это устройства, расширяющие возможности человека посредством компенсации механического усилия. Они могут использоваться как в областях, где необходимы затраты большого количества механической энергии со стороны человека, так и в качестве опоры людям, которые в силу своего возраста или состояния здоровья имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом. Основным недостатком таких систем является их высокая цена, сложность конструкции, а также отсутствие компактных источников электроэнергии, способных обеспечить длительное время автономной работы устройства.

В данной работе разработана система, обеспечивающая компенсацию физических усилий человека, возникающих при перевозке грузов в так называемом ручном транспорте (тележки, тачки и т.д.). Подобные средства широко используются как в гражданских, так и военных областях. Переноска даже небольших тяжестей в большом количестве вызывает быстрое утомление человека. Основной задачей разработки стал поиск технически несложного решения, универсального для многих ручных операций. В качестве сенсоров в системе решено было применить тензодатчики и датчик угла поворота. С их помощью должно определяться механическое усилие, которое должно компенсироваться электромеханической системой. Разработанная система состоит из блока тензодатчиков, датчика угла поворота, микроконтроллера с формирователями управляющих напряжений, исполнительных двигателей постоянного тока привода колес и аккумулятора. Конфигурация системы приведена на рис 1.

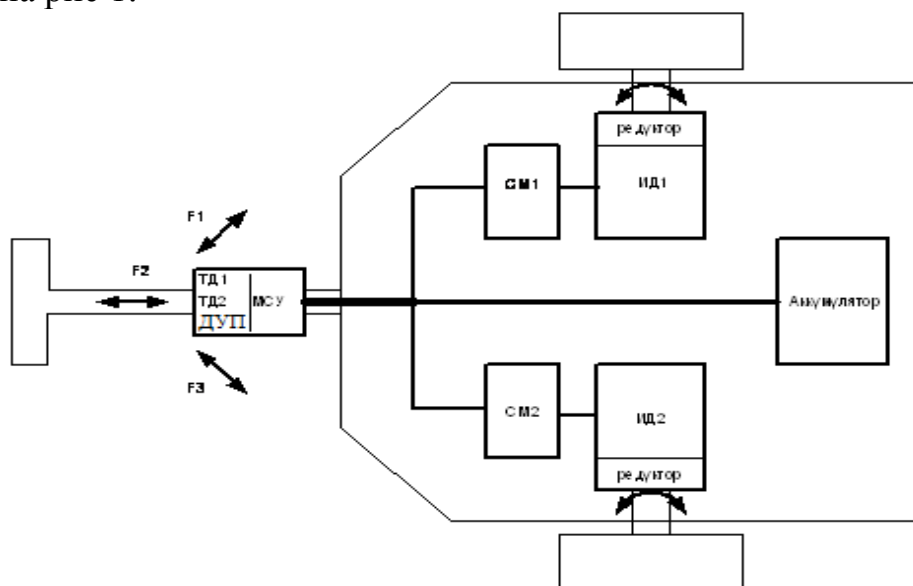


Рисунок 1 — Конфигурация устройства

Когда пользователь тянет тележку на себя, прилагаемое к ручке усилие передается на ТД1. Если же происходит торможение или движение тележки

назад, то усилие передается на ТД2, что включает реверсивный ход исполнительных двигателей. Угол поворота ручки фиксируется при помощи ДУП.

На рис. 2 изображена структурная схема устройства.

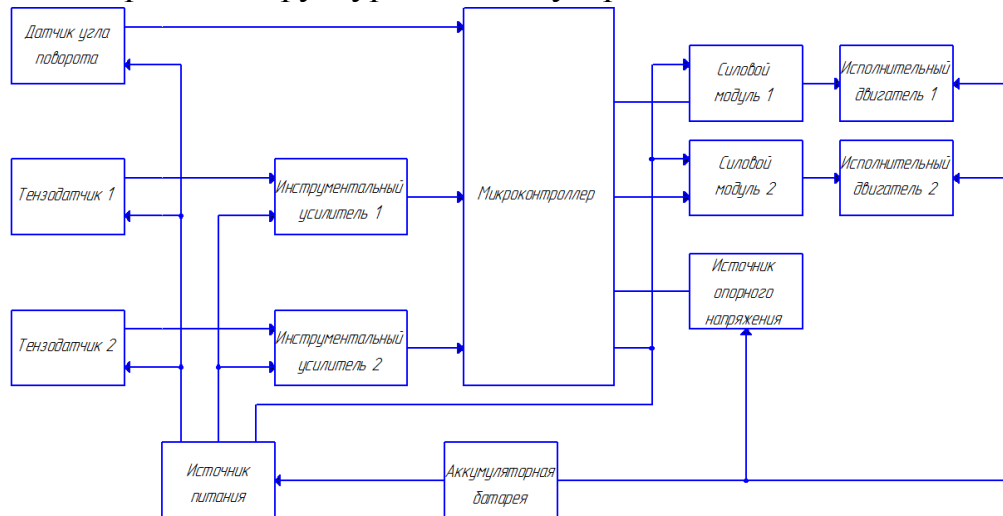


Рисунок 2 – Структурная схема устройства

Сигналы с тензодатчиков ТД1 и ТД2 поступают на входы инструментальных усилителей ИУ1-ИУ2, обеспечивающих усиление сигналов и компенсацию основных погрешностей. Усиленные и нормированные сигналы с выходов ИУ1 и ИУ2, а также с датчика угла поворота [3] поступают на входы АЦП микроконтроллера, где преобразуются в цифровые коды. Микроконтроллер обрабатывает сигналы с трех датчиков и в соответствии с алгоритмом формирует ШИМ сигналы управления исполнительными двигателями (ИД1, ИД2). Для управления двигателями предлагается использовать ключи на мощных MOSFET-транзисторах (CM1, CM2)[1].

Функциональная схема устройства представлена на рис. 3.

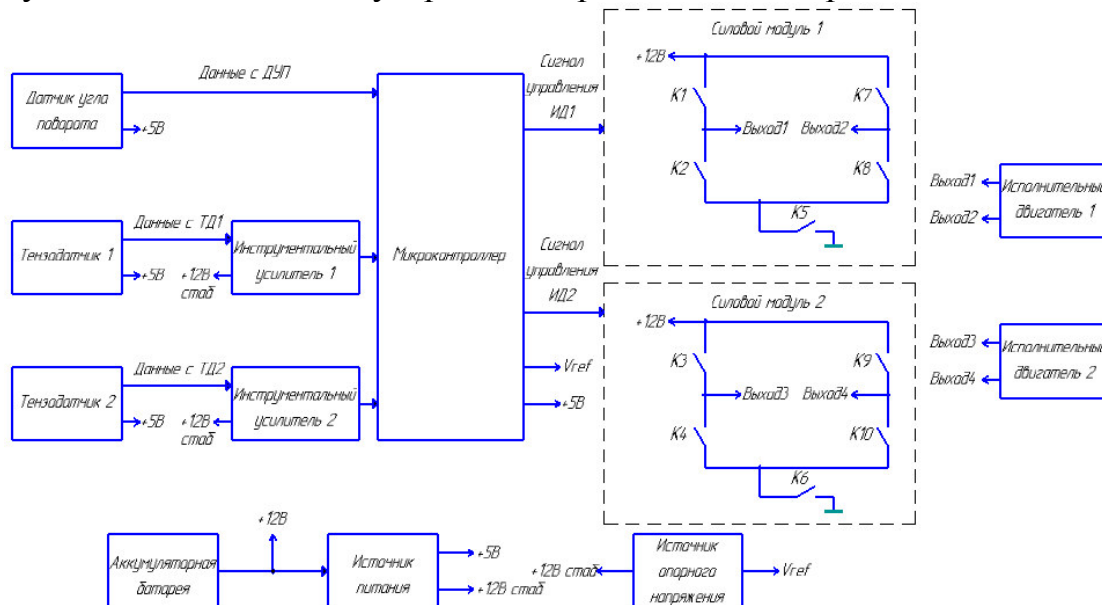


Рисунок 3 — Функциональная схема устройства

Управление ключами К1-К10 осуществляется с портов микроконтроллера. Ключи К5 и К6 отвечают за подачу управляющего ШИМ-сигнала на

исполнительные двигатели, а ключи K1-K4 и K7-K10, подключенные по схеме Н-моста, осуществляют изменение полярности подключения двигателей.

В качестве среды моделирования была выбрана демонстрационная версия программы схемотехнического моделирования ISIS Proteus 7. Данная программа позволяет смоделировать работу программируемого микроконтроллера [2], что и требуется согласно поставленной задаче.

Подстроечными резисторами RV1-RV3 осуществляется регулировка напряжения, поступающего на порты АЦП микроконтроллера. С выводов OC0 и OC2 осуществляется передача ШИМ-сигналов на исполнительные двигатели. Порты PC0 и PC1 отвечают за полярность подключения ИД.

Результаты моделирования представлены на рисунках 4-5: первая осциллограмма отображает сигнал, управляющий правым двигателем, вторая — левым, третья и четвертая отображают, в какую сторону вращаются исполнительные двигатели (если на третьей осциллограмме логическая единица, а на четвертой — логический ноль, оба двигателя вращаются в прямом направлении, если наоборот, то в обратном).

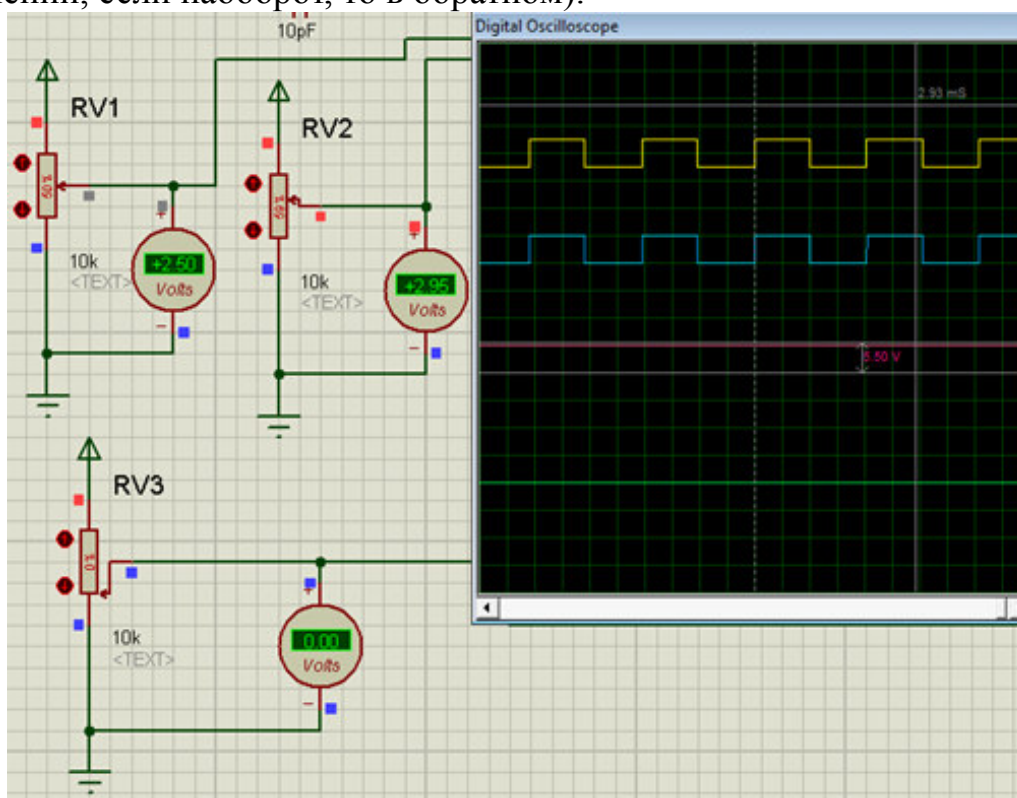


Рисунок 2.15 — Результаты моделирования: с тензодатчика 1 поступает сигнал величиной 2,95 В, на модуль управления двигателями поступает ШИМ-сигнал с коэффициентом заполнения 0,5, полярность подключения двигателей прямая

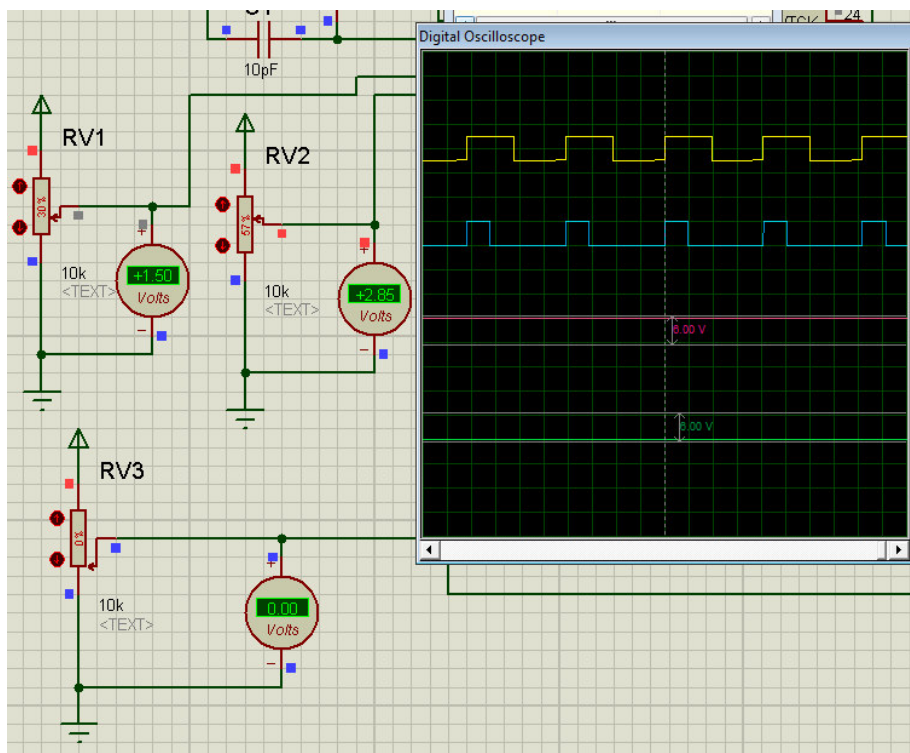


Рисунок 2.16 — Результаты моделирования: с тензодатчика 1 поступает сигнал величиной 2,85 В, на модуль управления правого двигателя поступает ШИМ-сигнал с коэффициентом заполнения 0,5, левый двигатель управляется ШИМ-сигналом со скважностью 0,25 — тележка поворачивает влево. Полярность подключения двигателей прямая

Литература

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – М.: Мир, Бином, 2011. – 704 с. : ил.
2. ATmega16 Datasheet. [Электронный ресурс]: Datasheet. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
3. ПО СТРОЙТЕХНИКА. [Электронный ресурс] : URL : http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADR121_125_127.pdf
4. SPS-A100D-HAMS Smart Position Sensors [Электронный ресурс] : URL : <http://sensing.honeywell.com/SPS-A100D-HAMS-Smart-Position-Sensors>.

*А.К. Комиссарова маг.; Н.Н. Строев к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРЕДСТВО ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАТОРА АНАЛОГОВЫХ И ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОЕКТОВ АСУ ТП

В настоящее время разработчики получили в свои руки набор мощных и эффективных инструментальных программных средств, предназначенных для разработки ПО АСУ ТП, однако для отображения уровней поступающих на коммутатор сигналов и получения выходных величин с блоков коммутатора, пользователю приходится прибегать к использованию дополнительного измерительного и осциллографического оборудования, поставляющегося отдельно от коммутирующих комплексов. Как правило, такое оборудование

подразумевает использовать его в широком спектре разработки электронных устройств, что усложняет его конструкцию, повышает стоимость и ограничивает наличие в нем простого интерфейса подключения к коммутатору с возможной постоянной фиксацией. Предложенное устройство позволяет избежать этих недостатков при использовании коммутирующего оборудования для разработки средств АСУ ТП, что в свою очередь является средством упрощения работы с программируемыми логическими контроллерами.

Аналоговый сигнал в системах передачи называется непрерывный электрический или оптический сигналы параметры которого (амплитуда, частота или фаза) изменяются по закону непрерывной функции времени источника информации.

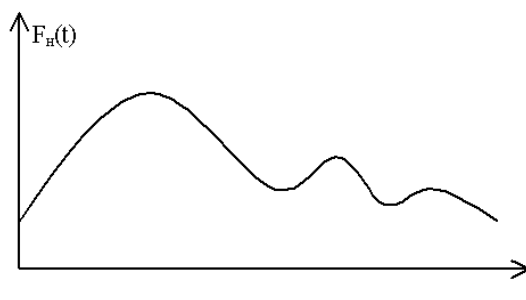


Рисунок 1 – Аналоговый непрерывный сигнал

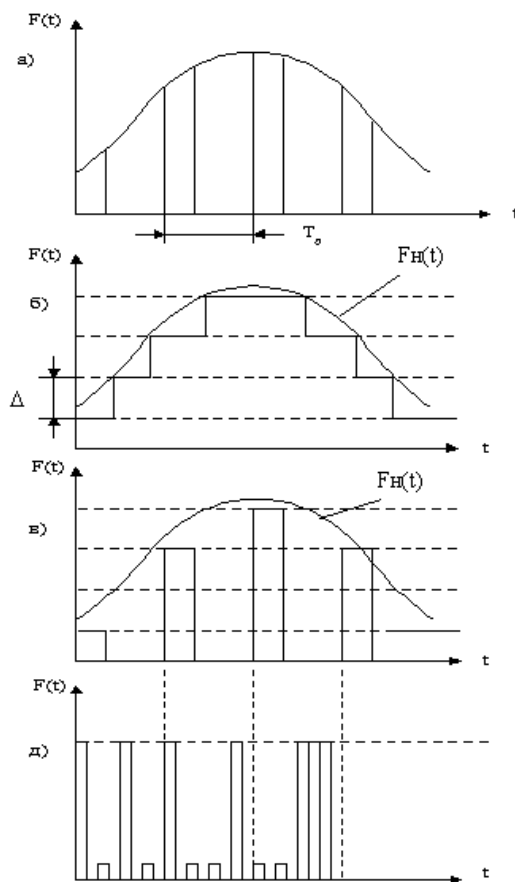


Рисунок 2 – Дискретные сигналы:

- а) - дискретный по времени; б) - дискретный по уровню;
- в) - дискретный по времени и по уровню; г) - цифровой двоичный сигнал.

Дискретный сигнал — сигнал, имеющий конечное число значений (уровней).

Дискретные сигналы - состоят из отдельных элементов, принимающих конечное число различных значений. Аналоговые дискретные сигналы можно получить, используя дискретизацию по времени квантование по амплитуде или их одновременно.

Коммутация таких сигналов служит для объединения нескольких сигналов, поступающих от нескольких источников в определенном порядке одной линии. Затем эти сигналы обрабатываются, и, при помощи другого коммутатора, могут быть направлены в различные исполнительные устройства. Упорядоченный ввод и вывод сигналов осуществляется при помощи адресации источников и приемников сигналов, а также связанных с передачей сигналов коммутаторов.

Коммутатор состоит из двух блоков: аналогового и дискретного ввода, аналогового и дискретного вывода.

Каждый блок состоит из двух уровней. На нижнем уровне блока ввода расположен модуль аналогового ввода, на верхнем – дискретного. Аналогично модули расположены и в модуле вывода. Также, на блоке вывода (справа) расположен тумблер, которым осуществляется отключение от имитатора одного ПЛК и подключение другого.

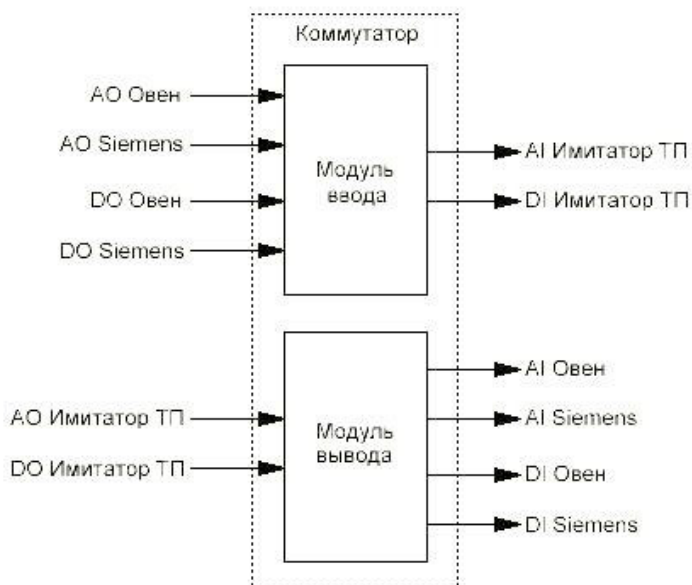


Рисунок 3– Функциональная схема коммутатора

Однако данное оборудование поставляется без средств индикации величин входных и выходных сигналов, что заставляет пользователя программно, либо при помощи стороннего оборудования сверять уровень сигнала с необходимым для работы, что замедляет и усложняет процесс изучения программируемых логических контроллеров и разработки проектов АСУ ТП.

Концепция предложенного устройства:

Основными блоками коммутирующего устройства являются аналоговый мультиплексор и микроконтроллер с соответствующим "обвесом".

В качестве аналогового мультиплексора был выбран монолитный аналоговый мультиплексор ADG406.

В качестве микроконтроллера – ATmega328 на базе Arduino Nano.

Чтобы входной сигнал был пригоден для восприятия МК, его необходимо преобразовать. Для начала необходимо привести дифференциальный сигнал к потенциальному. Для этого используется дифференциальный усилитель. В качестве операционного усилителя используется микросхема NE5532P.

Входы МК необходимо защитить от перенапряжения, в цепь дифференциального усилителя была включена пара стабилитронов, ограничивающая напряжение. Для подавления высокочастотных помех необходимо ввести ёмкость параллельную сопротивлению.

После масштабирования сигнала к диапазону от минус 5 В до плюс 5 В необходимо выделить модуль сигнала и его знак. Для этого используется схема выделения модуля, основанная на двух инвертирующих усилителях. Чтобы получить информацию о знаке входного сигнала применяется схема содержащая триггер Шмитта и транзисторный ключ.

В качестве средства отображения информации был выбран LCD – дисплей WH1602B-УУК-СТК. Данный монохромный дисплей имеет опциональную подсветку и может отображать 2 строки по 16 символов. Разрешение символов — 5x8 точек.

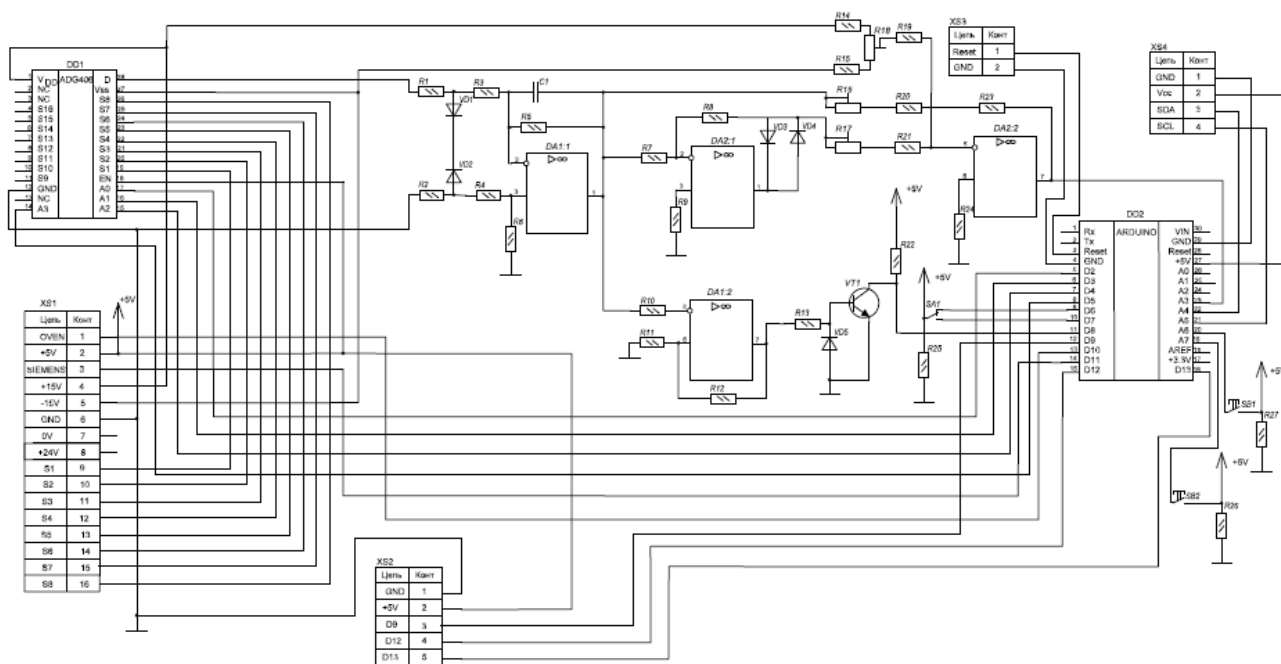
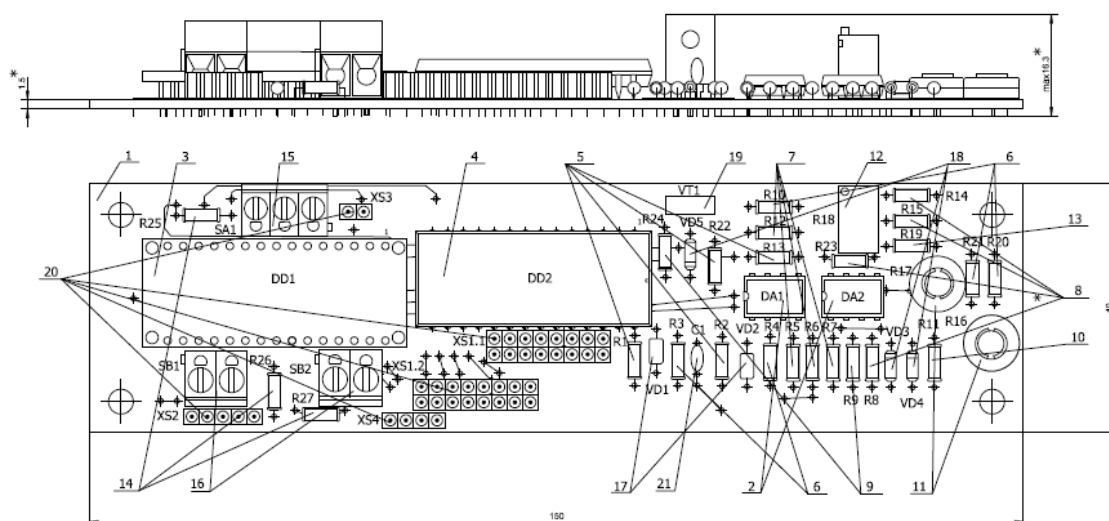


Рисунок 4 – Принципиальная схема разработки средств отображения коммутатора аналоговых и дискретных сигналов комплекса для разработки и отладки АСУ ТП



1. Плату изготовить химическим способом.
2. * Размеры для справок.
3. Пайку выполнить припоем ПОС61 ГОСТ 21930-76.
4. Выполнено в соответствии с электрической принципиальной схемой, представленной на чертеже А-421.08.02Э3.

Рисунок 5 – Сборочный чертеж устройства

Конструктивно система выполнена в виде нескольких отдельных узлов(блок, который состоит из АСУ на базе ОВЕН ПЛК-154, АСУ на базе ПЛК Siemens Simatic S7-300; платы аналогового и дискретного ввода/вывода PCI 1711 и PCI 1723; коммутатор аналоговых и дискретных сигналов и персональный компьютер, который необходим для связи с ПЛК). Соединены они между собой посредством линий связи.

Система может эксплуатироваться в помещениях категории пожароопасности Д (используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии). Класс П-III (горючих материалов не содержит).

Пожаробезопасность устройства определяется уровнем электрической изоляции между токоведущими частями и корпусом. Амплитуда рабочего напряжения значительно меньше 34В, значение воздушного зазора превышает 2мм.

В процессе работы исправное устройство не нагревается выше температуры 60°С, это соответствует допустимым требованиям по ГОСТ 12.2.006-87 (Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогичного общего применения. Общие требования и методы испытаний).

В процессе эксплуатации устройства вредные электромагнитные излучения и выделение вредных веществ в атмосферу отсутствуют.

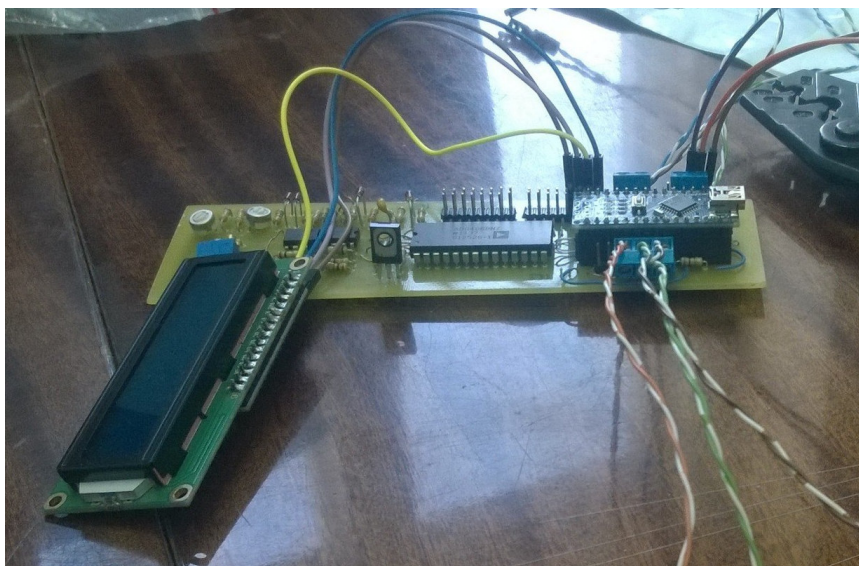


Рисунок 6 – Вид устройства без корпуса

В настоящий момент ведется работа над корпусом устройства, а также над созданием пакета документации для подачи заявки на полезную модель.

Литература

7. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-е изд., стер. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. — 560 с.
8. Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров / Сост. Ю.А. Шпак — К.: "МК-Пресс", 2006. — 400 с, ил.
9. ТРОИЦКИЙ Ю.В. Программирование микроконтроллеров семейства AVR в устройствах промышленной электроники: Методическое пособие по курсу «Основы микропроцессорной техники» [Текст]: Методическое пособие/ Ю.В. Троицкий. – Смоленск: РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2014. – 68 с.

*М.Г. Куликова, к.т.н., доцент; М.В. Беляков, к.т.н., доцент; М.А. Новикова, маг.;
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект 16-48-670810 p_a

Отражение и преломление, поглощение и рассеяние – основные эффекты, которые препятствуют свободному распространению световых волн при взаимодействии оптического излучения с веществом.

Количественные характеристики каждого из этих эффектов в значительной степени определяются двумя факторами: длиной волны падающего излучения и типа вещества. От длины волны зависит показатель преломления, который определяет полную отражательную способность среды и коэффициенты поглощения и рассеяния.

При взаимодействии излучения с биообъектами и биологическими средами их свойства являются определяющими. Биообъекты чаще всего представляют собой оптически неоднородные поглощающие среды, показатель преломления которых имеет среднее значение, большее, чем значение показателя преломления воздуха. Имеет место обратное рассеяние – при котором значительная доля излучения распространяется в обратном

направлении. Кроме того происходит преобразование поглощённого света в тепло, его переизлучение в виде фосфоресценции или флуоресценции, а некоторая часть расходуется в фотобиохимических реакциях. Спектр поглощения в значительной степени зависит от типа преобладающих поглощающих центров и от содержания воды в биологической среде. [1].

Основными факторами, влияющими на взаимодействие излучения с продуктами растениеводства являются следующие: цвет, химический состав семян (соотношение белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементный состав), размер и форма (присутствие бороздок, наростов и сколов). Именно цвет в значительной степени определяет коэффициент отражения семян т. к. темные семена поглощают практически все падающее излучение а светлые отражают его большую часть (около 80 процентов).

Кроме физических процессов, связанных с превращением энергии, свет, вызывает в биологических средах химические реакции. Эти процессы могут быть представлены следующим образом:

$$-\Delta C = \text{const} \cdot A_{\Delta} \cdot t = \text{const} \cdot I_0(1 - e^{-E_{cl}}) \Delta t \quad (1)$$

За время Δt концентрация C светочувствительного вещества уменьшается на ΔC .

Светочувствительная система находится в виде слоя толщиной (l), а световая энергия, поглощаемая ежесекундно концентрацией C , равна $A = I_0(1 - e^{-E_{cl}})$, где I_0 – энергия падающего монохроматического света на $1 \text{ см}^2/\text{сек}$, а E – молярный коэффициент поглощения.

Подобный процесс взаимодействия излучения с семенами сельскохозяйственных растений можно применить к семенам различных культур, например, зернобобовых. Физические и оптические законы отражения, поглощения и преломления излучения в веществе остаются неизменными. Количественно доля отражённого и поглощённого света может изменяться в широких пределах от культуры к культуре, всё зависит от особенностей строения тех или иных семян (наличие дополнительных оболочек, цвет, химический состав) [1].

Для исследования оптических характеристик использовали семена сельскохозяйственных культур, всего более чем 20 видов. Влажность исследованных образцов 8,0 – 14,0%. Из зерновых культур – пшеница, рожь, тритикале, ячмень, просо, овес, кукуруза, гречиха; зернобобовых - горох, фасоль, соя; масличных - подсолнечник; кормовых - амарант, рапс, козлятник, клевер; технических - лен; овощных - тыква, кабачок. В процессе исследования применяли методику, специально разработанную для измерения спектров возбуждения и люминесценции растительного сырья [2]. Для математической обработки результатов измерений использовали поставляемое программное обеспечение предусматривающее возможность экспорта результатов измерений в форматы ASCII и MS Excel.

При исследовании влияния продолжительного облучения при определении качественных и количественных характеристик на «Панораме» на всхожесть

семян проводили экспериментальные исследования по проращиванию семян. Для сравнения использовали контрольные образцы семян взятых из одной партии. В качестве экспериментальных методик использовали стандартные методики проращивания для каждой исследованной культуры. Результаты исследований свидетельствуют о том, что воздействие приборного комплекса «Панорама» на семена не оказывает значительного влияния на их всхожесть. Результаты спектральных измерений семян пшеницы приведены на рис. 1 и 2.

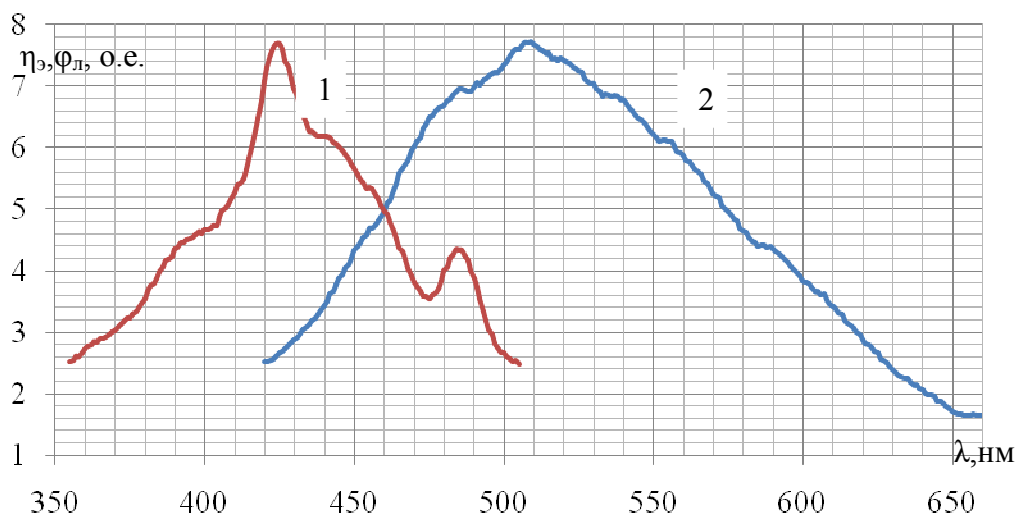


Рис.1. Спектральные характеристики возбуждения (1) и люминесценции (2) семян пшеницы

Для каждого вида растительного сырья проводили синхронное сканирование. Следующий этап исследований предусматривал сканирование по регистрации и возбуждению, которое проводили уже в уточнённых спектральных интервалах, что обеспечивало повышение точности и чувствительности аппаратного комплекса. Для получения трёхмерных графиков возбуждения и люминесценции отдельно проводилось двумерное сканирование

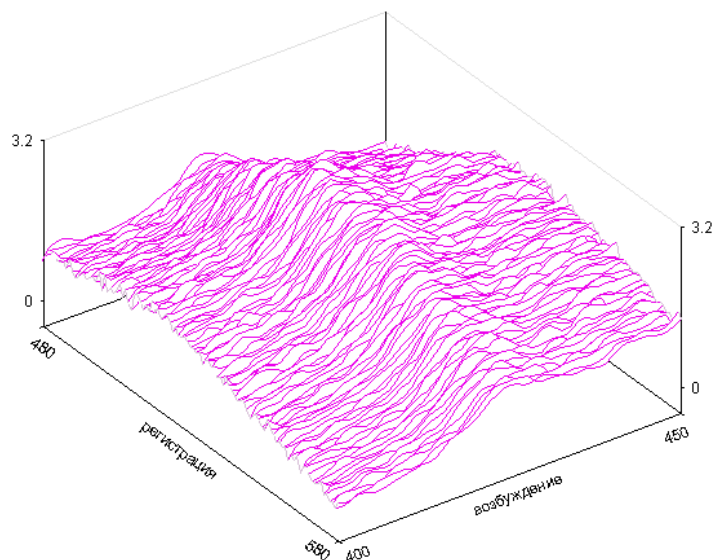


Рис.2. Спектр семян пшеницы при двумерном сканировании

Спектр возбуждения семян пшеницы лежит в диапазоне 355 – 500 нм и имеет два максимума: главный на 424 нм и побочный на 485 нм. Спектр люминесценции лежит в диапазоне 420 – 650 нм и имеет максимум в области 500 – 520 нм. Максимум люминесценции менее выражен, чем у спектра возбуждения.

Спектры семян ржи практически идентичны спектрам пшеницы: спектр возбуждения лежит в диапазоне 355 – 500 нм и имеет два максимума: главный на 423 нм и побочный на 485 нм. Спектр люминесценции лежит в диапазоне 420 – 650 нм и имеет максимум в области 510 – 520 нм. Максимум люминесценции также менее выражен, чем у спектра возбуждения.

Результаты спектральных измерений тритикале приведены на рис 3.

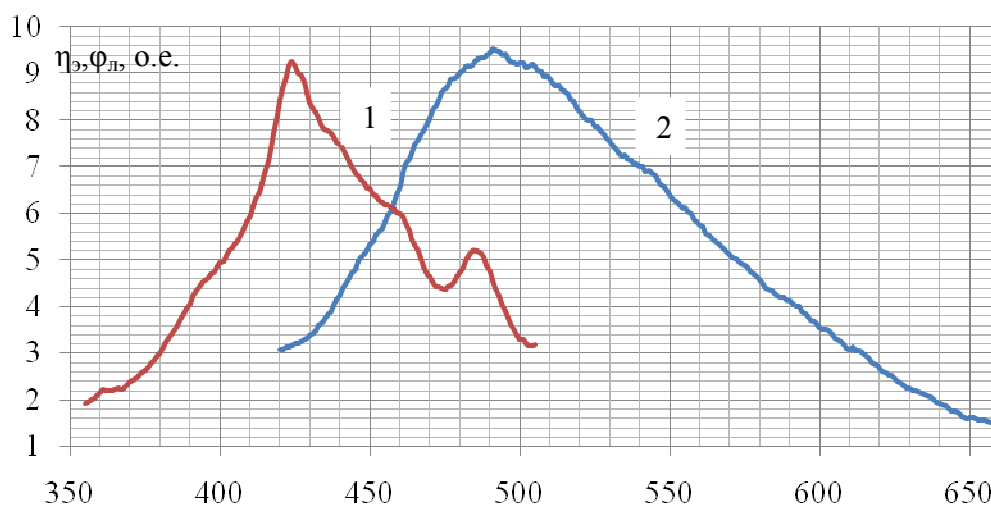


Рис.3. Спектральные характеристики возбуждения (1) и люминесценции (2) семян тритикале

Спектры семян тритикале также идентичны спектрам пшеницы и ржи, но максимум люминесценции смещён в коротковолновую область 480 – 500 нм.

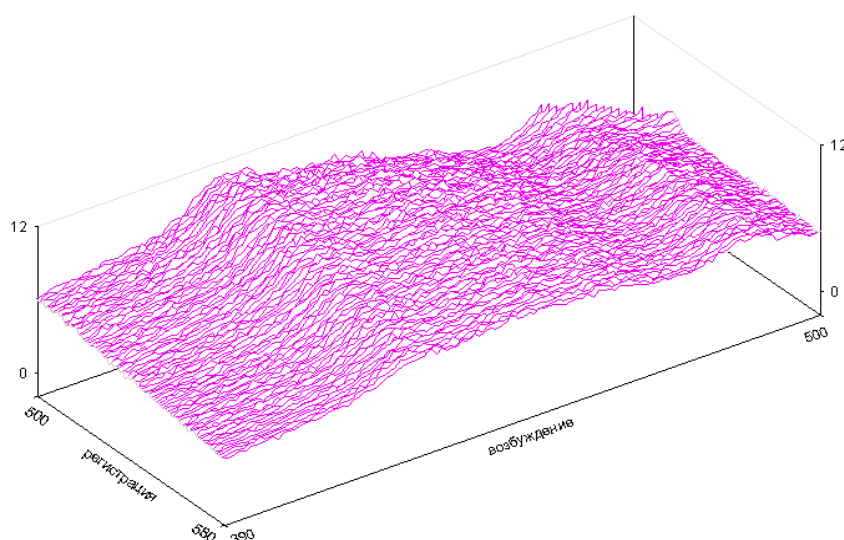


Рис.4. Спектр семян тритикале при двумерном сканировании

Сравнение положений пиковых областей у тритикале и ржи показывает, что они практически совпадают. Интенсивность люминесценции тритикале при этом в среднем больше на 11% для первой области и на 33% для второй.

Спектры семян ячменя также идентичны спектрам пшеницы и ржи, но максимум люминесценции смещён в коротковолновую область 480 – 500 нм.

У семян ячменя в спектре возбуждения наряду с основным максимумом 424 нм имеется почти равный ему спектр с максимумом на 443 нм, отчего область основных максимумов имеет вид дублета. График люминесценции, вместе с тем, аналогичен остальным зерновым культурам.

Таким образом, семена всех исследованных растений содержат в своём спектре возбуждения максимумы 424 и 485 нм, реже 455, 530 и другие. Спектры люминесценции одномодальны, расположены в видимой области и имеют максимумы в диапазоне 480 – 520 нм.

Уровень сигнала люминесценции сильно зависит от цвета семян. Из-за нечётко выраженного максимума спектров (особенно, люминесценции) точное определение стоксова сдвига затруднено. Он равен примерно 68 – 96 нм между наибольшими максимумами. Для всех исследованных спектров выполняется закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии (правило Левшина) не выполняется, что говорит о свечении простых молекул.

Полуширина спектра возбуждения меньше полуширины спектра люминесценции (например, для семян пшеницы 85 – 105 нм и 155 нм соответственно).

При этом установлено, что семена таких культур как амарант, подсолнечник, рапс, вика практически не люминесцируют, что вызвано их тёмным цветом. Спектры возбуждения и люминесценции семян большинства зерновых (пшеница, рожь, тритикале, гречиха, овёс), зернобобовых (горох, фасоль) и овощных (перец, томат) культур схожи между собой [3].

Для большинства пассивных веществ выполняется следующее соотношение:

$$\rho_{\lambda} + \alpha_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1, \quad (2)$$

где ρ_{λ} – коэффициент отражения для излучения с длиной волны λ , α_{λ} – коэффициент поглощения для излучения с длиной волны λ , τ_{λ} – коэффициент пропускания для излучения с длиной волны λ .

Так как семена исследуемых растений являются непрозрачными для излучения оптического диапазона (коэффициент пропускания $\tau_{\lambda}=0$), то по измеренной зависимости $\rho(\lambda)$ можно качественно судить о поглощении излучения слоем семян.

Исследование спектральных зависимостей интенсивности рассеянного в различных направлениях излучения связано со значительными экспериментальными трудностями, и с необходимостью модернизации серийных спектральных приборов. Однако результаты данных исследований представляют значительный интерес, так как на их основании возможно разработать экспресс методики оценки состояния биологических объектов [2]. Результаты проведенных исследований дают возможность использовать

определение оптических спектральных свойств растительного сырья для оценки других показателей качества, в том числе и для определения технологических свойств сельскохозяйственной продукции.

Литература

1. Multiple scattering theory for waves in discrete random media and comparison with experiments [Text] / V.K. Varadan [et al.] // Radio Sci. - 1983. -V. 18.- № 3. - P. 321-327.
2. Беляков, М. В. Методика исследования люминесцентных свойств семян растений на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама». [Текст] // Научная жизнь, 2016 №3, с. 18-26.
3. Belyakov M., Kulikova M., Novikova M. Spectral photoluminescence characteristics of the seeds of cereal plants in different humidity. // International scientific review. 2016. № 11 (21). С. 22-25.

*А.В. Купреев, к. т. н., доцент; А.А. Купреев, курсант
(ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск)*

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ ПРОЕКЦИИ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ НА КАРТИННУЮ ПЛОСКОСТЬ В ИНТЕРЕСАХ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ

При сопровождении воздушной цели оптико-электронным обнаружителем в поле зрения прибора попадает как сама воздушная цель, так и участок облачного неба (фон), ограниченный диаметром пятна (рисунок 1).

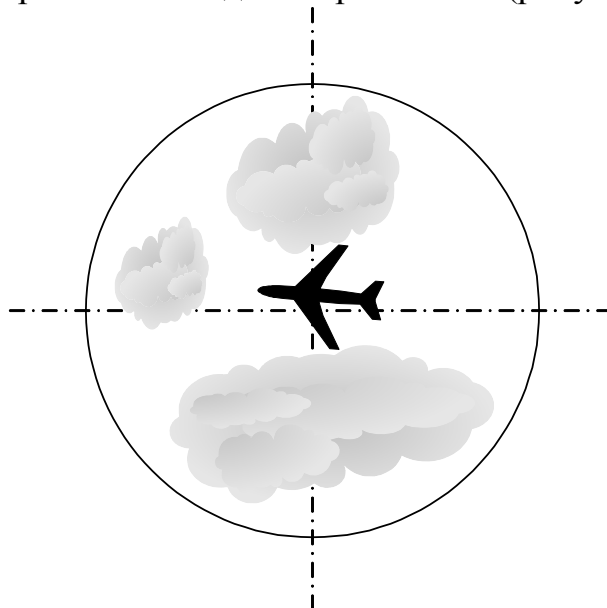


Рисунок 1

По этой причине на выходе измерительного устройства будет регистрироваться сигнал, соответствующий как излучению самолета, так и излучению фона, т. е. энергетическая яркость смеси излучения фона и цели. Для выделения полезного сигнала, т. е. сигнала цели, необходимо из суммарного сигнала произвести вычитание энергетической яркости фона [1].

Параметры фонового излучения неба при различных видах облачности исследовались ранее с помощью измерительной аппаратуры, которая привлекалась для исследования излучений целей, поэтому фоновое излучение

можно рассчитать с учетом коэффициента перекрытия целью поля зрения измерительного устройства k_n

$$k_n = \frac{S_n - S_{cn}}{S_n}, \quad (1)$$

где S_n – площадь пятна, образуемого полем зрения радиометра на дальности r_u

$$S_n = \frac{\pi d_n^2}{4} = \frac{\pi r_u^2 (\operatorname{tg}(\delta\theta))^2}{4}, \quad (2)$$

где S_{cn} – площадь проекции самолета на картинную плоскость, перпендикулярную направлению визирования цели.

В этом случае энергетическая яркость фона в поле зрения измерительного устройства B'_ϕ рассчитывается по формуле

$$B'_\phi = B_\phi k_n, \quad (3)$$

где B_ϕ – энергетическая яркость фона при отсутствии цели при заданном виде облачности и угловых координатах ε и β , определяемая с помощью математической модели излучения фона, полученной на основании результатов многолетних экспериментальных исследований.

Теперь при известной фоновой составляющей излучения можно из выходного сигнала радиометра определить энергетическую яркость цели B_ψ

$$B_\psi = B_{\phi\psi} - B'_\phi. \quad (4)$$

Для того чтобы реализовать процедуру вычислений по формулам (1 – 4), необходимо определить коэффициент перекрытия фона целью, что в свою очередь требует нахождения площади проекции воздушной цели на картинную плоскость, перпендикулярную линии визирования цели как функции угловых координат ε и β . Поскольку каждая воздушная цель имеет свою конфигурацию эту задачу следует решать для каждого типа самолета отдельно. Ниже приводится решение такой задачи применительно к спортивному самолету, по которому были получены результаты экспериментальных исследований, проводимых в течение длительного времени в Военной академии.

Спортивный самолет имеет достаточно сложную конфигурацию, поэтому строгое вычисление площади его проекции на картинную плоскость вызывает затруднения. В связи с этим задачу можно упростить, если представить самолет, состоящим из простых фигур (рисунок 2). В частности, фюзеляж представляется усеченным конусом, крыло, горизонтальный и вертикальный

стабилизаторы – плоскостями с цилиндрическими кромками. Общая площадь проекции самолета на картинную плоскость будет определяться как сумма площадей проекций перечисленных выше фигур с учетом их взаимного перекрытия.

Приближенно можно считать, что крыло самолета имеет прямоугольную форму с размерами: l_k – размах крыла, b_k – средняя ширина крыла.

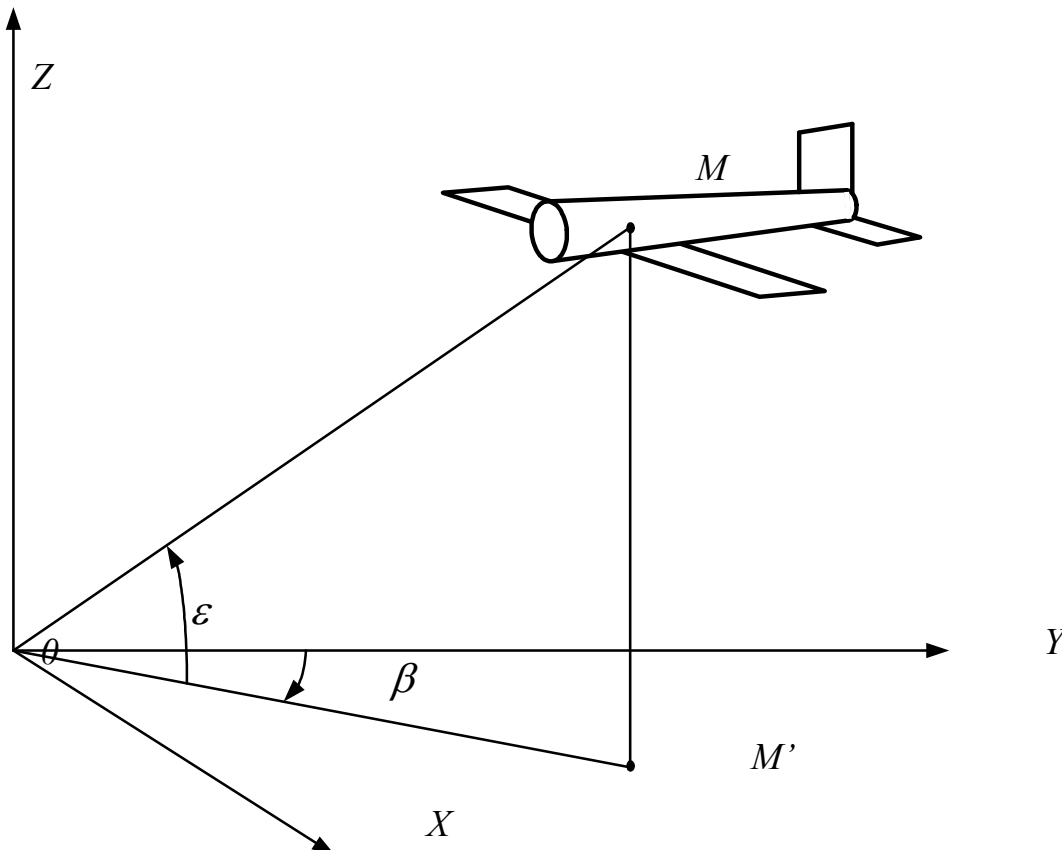


Рисунок 2

При горизонтальном полете самолета проекция крыла на картинную плоскость изменяет свою конфигурацию в зависимости от азимута и угла места самолета относительно точки наблюдателя (рисунок 3). В случае, когда азимут цели равен нулю (цель приближается с параметром $P = 0$), проекция крыла имеет форму прямоугольника, высота которого увеличивается с возрастанием угла места ε . По мере увеличения азимута β проекция крыла приобретает форму параллелограмма, наклоненного на угол γ (рисунок 3, б).

При азимуте, равном 90° проекция крыла вновь становится прямоугольной (рисунок 3, в). Таким образом можно считать, что в общем случае проекция крыла представляет собой параллелограмм, наклон и “складывание” которого зависит от азимута и угла места. Большая сторона параллелограмма AC (рисунок 2, б) является проекцией передней (задней) кромки крыла, которая перпендикулярна направлению полета, а меньшая сторона NE – проекцией боковой кромки крыла, параллельной направлению полета. В связи с этим для

расчета площади проекции крыла необходимо определить вначале проекции широкой и узкой (боковой) кромок.

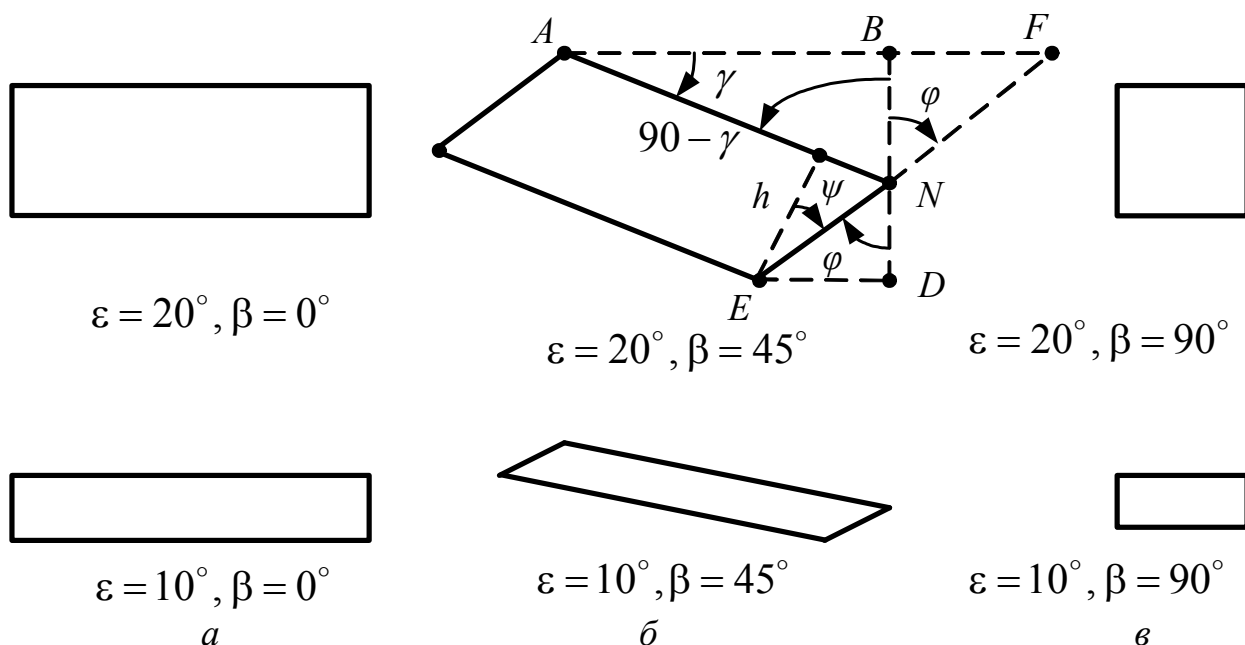


Рисунок 3

Пусть самолет выполняет полет на постоянной высоте по курсу, параллельному оси Y (рисунок 4), с параметром P . Отрезок $AK = l_k$ – передняя кромка крыла. Вначале определим проекцию кромки крыла AC на плоскость $ABC'A'$. Эта проекция наклонна, поэтому она имеет горизонтальную составляющую AB и вертикальную BC . Их можно определить из треугольников ABK и CBK .

$$AB = AK \cdot \cos \beta = l_k \cdot \cos \beta;$$

$$BK = AK \cdot \sin \beta = l_k \cdot \sin \beta;$$

$$BC = BK \cdot \operatorname{tg} \beta = l_k \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Проекцией широкой кромки крыла на картинную плоскость является отрезок AN . Ее горизонтальная составляющая – AB , а вертикальная – отрезок BN , который можно определить из треугольника CBN

$$BN = BC \cdot \cos \varepsilon = l_k \cdot \sin \beta \cdot \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \varepsilon.$$

Теперь, когда известны вертикальная и горизонтальная составляющие, можно определить длину проекции передней кромки крыла l_{kn} на картинную плоскость из треугольника ABN по теореме Пифагора

$$l_{kn} = \sqrt{AB^2 + BN^2},$$

$$l_{kn} = l_k \sqrt{\cos^2 \beta + \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \varepsilon}. \quad (5)$$

По аналогичной методике вычисляется величина проекции боковой кромки крыла KL (рисунок 4) на картинную плоскость – отрезок KM .

$$KF = KL \cdot \sin \beta = b_k \cdot \sin \beta,$$

$$FL = b_k \cdot \cos \beta,$$

$$FG = FL \cdot \operatorname{tg} \varepsilon = b_k \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varepsilon,$$

$$FM = FG \cdot \cos \varepsilon = b_k \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \varepsilon.$$

Проекция боковой кромки крыла на картинную плоскость вычисляется по теореме Пифагора из треугольника KFM

$$b_{kn} = \sqrt{KF^2 + FM^2},$$

$$b_{kn} = b_k \sqrt{\sin^2 \beta + \cos^2 \beta \cdot \sin^2 \varepsilon}. \quad (6)$$

Далее для вычисления площади проекции крыла требуется определить высоту параллелограмма h (рисунок 3). С этой целью вначале необходимо определить угол наклона проекции передней кромки крыла к горизонту γ из треугольника ABN (рисунок 2)

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{BN}{AB},$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin \beta \cdot \sin \varepsilon}{\cos \beta} \right]. \quad (7)$$

Из треугольника DEN (рисунок 3) можно определить величину острого угла параллелограмма φ

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{DE}{ND},$$

В конечном итоге площадь проекции крыла на картинную плоскость складывается из площади проекции плоскости крыла и проекции его кромки

$$S_{kn} = S'_{kn} + S_{кркр} = l_{kn} \cdot h_k + 2R_{кркр}(l_{kn} - d_{фср}). \quad (11)$$

Аналогичным образом можно определить площадь проекции горизонтальной части стабилизатора, фюзеляжа, стабилизатора, киля.

Теперь, когда вычислены проекции отдельных элементов планера самолета на картинную плоскость, появляется возможность определения общей площади проекции самолета

$$S_{сн} = S_{kn} + S_{сн} + S_{фн} + S_{ск}. \quad (12)$$

На основании полученных выражений была построена математическая модель с использованием математического пакета «Mathcad-11», описывающая процесс затенения воздушной целью поля зрения измерительного устройства при сопровождении воздушной цели в полете.

Проведенный расчет площади проекции воздушной цели позволяет определить коэффициент перекрытия целью поля зрения измерительного устройства. По известному коэффициенту перекрытия целью поля зрения измерительного устройства представляется возможным определить энергетическую яркость излучения воздушной цели.

Таким образом, в результате расчета площади проекции воздушной цели на картинную плоскость, перпендикулярную линии визирования, появляется возможность получения информации о характере излучения воздушной цели. Информация о характере излучения воздушной цели при полете с различными ракурсами используется в интересах построения оптико-электронных обнаружителей воздушных целей.

Литература

1. Лазарев Л. П. Оптико-электронные приборы наведения. М., Машиностроение, 1989.

*А.В. Купреев, к. т. н., доцент; А.А. Купреев, курсант
(ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск)*

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

При определении требуемой дальности действия оптико-электронных обнаружителей, работающих в инфракрасном диапазоне длин волн необходимо учитывать тактико-технические характеристики той системы, в интересах которой работает обнаружитель. Требуемая дальность действия обнаружителя $R_{\max}$ должна обеспечивать уничтожение воздушных целей на дальней границе зоны поражения и может быть определена с помощью выражения

$$R_{\max} = R_{\text{мзп}} + V_{\text{ц}}(t_{\text{цy}} + t_{\text{пс}}), \quad (1)$$

где $R_{\text{мзп}}$ – расстояние до дальней границы зоны поражения;

$V_{\text{ц}}$ – скорость цели;

$t_{\text{цy}}$ – время выдачи целеуказания;

$t_{\text{пс}}$ – время подготовки стрельбы.

В ходе разработки оптико-электронного устройства возникает необходимость оценки ожидаемой дальности действия прибора при выбранных параметрах оптической системы (объектива), чувствительности приемника лучистой энергии, способе обработки принимаемых сигналов. Ожидаемая дальность действия R должна быть не меньше требуемой $R_{\max}$. В настоящее время оценка ожидаемой дальности производится с использованием известного способа, сущность которого заключается в следующем.

На входной зрачок оптической системы обнаружителя падает лучистый поток, обусловленный как излучением воздушной цели, так и излучением фона, создаваемого облачной атмосферой. Оптическая система фокусирует падающий лучистый поток на чувствительную площадку приемника лучистой энергии, создавая на ней спектральную энергетическую освещенность

$$E_{\text{ф}\lambda} = \frac{\pi B_{\text{ф}\lambda} \tau_{\text{об}}(\lambda)}{4 \left(\frac{f_{\text{об}}}{D_{\text{об}}} \right)^2}, \quad (2)$$

$$E_{\text{ц}\lambda} = \frac{\pi B_{\text{ц}\lambda} S_{\text{ц}} \tau_{\text{об}}(\lambda) \tau_{\text{а}}(\lambda)}{4 R^2 \left(\frac{f_{\text{об}}}{D_{\text{об}}} \right)^2}, \quad (3)$$

где $E_{\text{ф}\lambda}, E_{\text{ц}\lambda}$ – спектральные энергетические освещенности чувствительной площадки приемника, обусловленные излучением фона и цели;

$\tau_{\text{а}}(\lambda), \tau_{\text{об}}(\lambda)$ – спектральные коэффициенты пропускания атмосферы на трассе и оптической системы;

$B_{\text{ф}\lambda}$ – спектральная энергетическая яркость фона на входе оптической системы;

$B_{\text{ц}\lambda}$ – спектральная энергетическая яркость цели;

$S_{\text{ц}}$ – площадь проекции цели на картинную плоскость;

R – расстояние до цели;

$f_{\text{об}}$ – фокусное расстояние оптической системы;

$D_{об}$ – диаметр оптической системы (объектива).

Если известна спектральная чувствительность приемника лучистой энергии $\mathfrak{R}(\lambda)$ можно рассчитать напряжения на его выходе, обусловленные излучением фона и цели при работе прибора в заданном диапазоне длин волн $\lambda_1 - \lambda_2$

$$U_{ц} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{ц\lambda} q_{п} \mathfrak{R}(\lambda) d\lambda, \quad (4)$$

$$U_{ф} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{ф\lambda} q_{п} \mathfrak{R}(\lambda) d\lambda, \quad (5)$$

где $q_{п}$ – площадь чувствительной площадки приемника лучистой энергии.

В работах [1, 2] при оценке дальности действия оптико-электронного устройства фон, создаваемый облачной атмосферой, не учитывается, а приводится анализ отношения сигнал/шум на выходе приемника лучистой энергии, т. е. учитываются только внутренние шумы приемника $U_{п}$, в связи с тем, что статистические характеристики излучения фона пока недостаточно изучены [2]. Для учета влияния фона в предлагается вводить некоторый поправочный множитель, значение которого уточняется по результатам экспериментальных исследований макета разрабатываемого прибора [1].

Отношение напряжения полезного сигнала к напряжению шума на выходе приемника определяется выражением

$$\frac{U_{с}}{U_{п}} = \frac{\pi q_{п}}{U_{п} 4R^2 \left(\frac{f_{об}}{D_{об}} \right)^2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{ц\lambda} \tau_{об}(\lambda) \tau_a(\lambda) \mathfrak{R}(\lambda) d\lambda, \quad (6)$$

где $J_{ц\lambda}$ – спектральная сила излучения цели, равная $B_{ц\lambda} S_{ц}$.

Для того чтобы избежать процесса интегрирования в выражении (6), подынтегральные функции заменяют их усредненными значениями в интервале $\lambda_1 - \lambda_2$ ($J_{ц}, \tau_{об}, \tau_a, \mathfrak{R}$). В результате удастся, задавшись требуемым отношением сигнал/шум, оценить дальность действия оптико-электронного прибора

$$R = \sqrt{\frac{\pi q_{п} J_{ц} \tau_{об} \tau_a \mathfrak{R}}{4U_{п} \left(\frac{U_{с}}{U_{п}} \right) \left(\frac{f_{об}}{D_{об}} \right)^2}}. \quad (7)$$

Приемник лучистой энергии удобнее характеризовать не чувствительностью $\mathfrak{R}$, а удельной обнаружительной способностью D^* , которые связаны между собой зависимостью [2]

$$\mathfrak{R} = \frac{U_{\text{п}} D^*}{\sqrt{q_{\text{п}} \Delta f}}, \quad (8)$$

где $D^* = \frac{\sqrt{q_{\text{п}} \Delta f}}{P_{\text{пор}}}$ – удельная обнаружительная способность приемника;

$P_{\text{пор}}$ – эквивалентная мощность шума на выходе приемника;

Δf – ширина эквивалентной полосы частот шума.

Подставляя в формулу (8) выражение для D^* получим

$$\mathfrak{R} = \frac{U_{\text{п}}}{P_{\text{пор}}}. \quad (9)$$

С учетом соотношения (9) дальность действия оптико-электронного прибора будет определяться исходя из выражения

$$R = \sqrt{\frac{\pi q_{\text{п}} J_{\text{ц}} \tau_{\text{об}} \tau_{\text{а}}}{4 \left(\frac{U_{\text{с}}}{U_{\text{п}}} \right) \left(\frac{f_{\text{об}}}{D_{\text{об}}} \right)^2 P_{\text{пор}}}}. \quad (10)$$

Таким образом, для решения задачи обнаружения беспилотных летательных аппаратов и других воздушных объектов возможно применение оптико-электронных обнаружителей, работающих в инфракрасном диапазоне длин волн в пассивном режиме.

Литература

1. Лазарев Л. П. Оптико-электронные приборы наведения. М., Машиностроение, 1989.
2. Алленов А. М., Алленов М. И., Иванов В. Н., Соловьев В. А. Стохастическая структура излучения облачности. С-Пб.: Гидрометеиздат, 2000.

*Е.В. Лавриненкова, студ.; В.А. Смолин
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске)*

ДЕКОРАТИВНАЯ ПОДСВЕТКА ДЛЯ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

В настоящее время современные технологии сделали огромный прорыв. Так декоративная подсветка является одним из самых перспективных направлений, основанная на использовании светодиодов в качестве источника света. В отличие от обычных ламп светодиодные более экономичны в использовании энергии, имеют большую цветовую гамму свечения и высокую светоотдачу, а также незначительное тепловыделение.

Целью работы является разработка декоративной подсветки для жилого помещения с возможностью широкой настройки освещения согласно требованиям заказчика.

Основным элементом декоративной подсветки является светодиодная лента. Сейчас при производстве светодиодных лент применяются светодиоды двух типов: SMD 3028 и SMD 5050 (рис. 1). Цифра обозначает размеры светодиода в миллиметрах, так SMD 3028 означает, что размер светодиода составляет 3,0 x 2,8 мм, а для SMD 5050, соответственно, 5,0 x 5,0 мм. У SMD 5050 светодиодов яркость свечения выше в 3 раза, нежели SMD 3028, так как состоят из трех кристаллов.

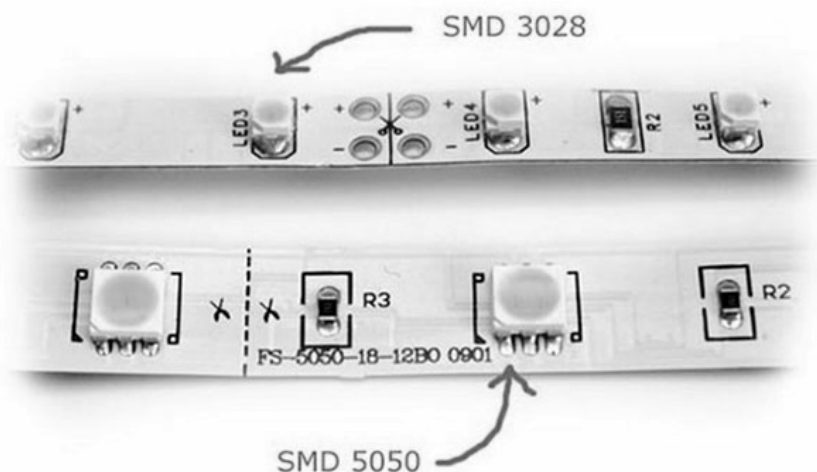


Рисунок 1 – Типы светодиодов

Также степень яркости определяется по насыщенности расположения диодов на 1 метре ленты, а именно, чем больше светодиодов, тем ярче лента (рис. 2). Мощность лент устанавливается в ваттах и непосредственно зависит от размеров диодов и их обилия на линейный метр. Стандартная светодиодная лента SMD 3028 имеет 60 диодов на метр и потребляет 4,8 Вт, лента со 120 диодами на метр использует 9,6 Вт мощности, а лента с 240 диодами на метр – 16,8 Вт. Для ленты SMD 5050: 30 диодов/метр – 7,2 Вт, 60 диодов/метр – 14,4 Вт, 120 диодов/метр – 28,8 Вт. Таким образом выбор источника питания для светодиодного освещения напрямую зависит от мощности и метража этой ленты.

Различают 3 вида светодиодных лент по степени защиты от воздействия пыли и влаги: IP20, IP65 и IP68. IP20 – это открытая диодная лента, которую применяют в помещениях, не требующих дополнительную влагозащиту, т.е. такую ленту можно использовать для подсветки многоуровневого потолка, например, в спальне или зале, для подсветки мебели, полок и т.д. IP65 – влагозащищенная лента, которую хорошо использовать, в ванных комнатах, в подсветке рабочей зоны на кухне, также её можно применить в уличном освещении. IP68 – полностью влагозащищенная лента.

Чтобы декоративная подсветка не была одного цвета применяют RGB-ленты (от англ. Red, Green, Blue). Это многоцветная светодиодная лента, которая может изменять цвет свечения на любой оттенок, так как в одном

таким RGB-диодом установлено 3 кристалла: красный, зелёный и синий, что позволяет получить новые оттенки света.

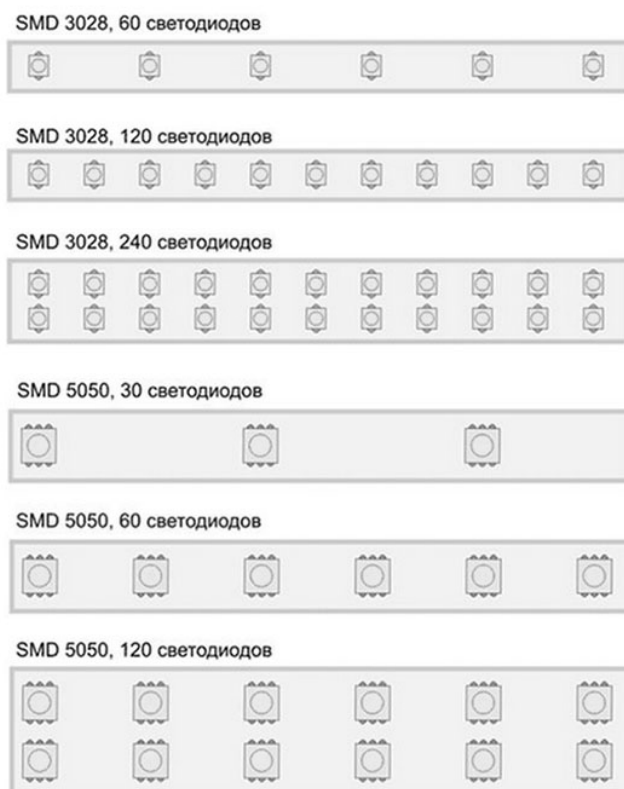


Рисунок 2 – Плотность расположения светодиодов на ленте

Разрабатываемое освещение будет состоять из RGB SMD 5050 ленты. Управление будет осуществляться при помощи пульта управления на 24 кнопки (рис. 3). Пульт управления предназначен для выбора световой палитры (красный, зеленый и синий с четырьмя оттенками каждый), регулировки яркости (светлее или темнее), включения/выключения декоративной подсветки.



Рисунок 3 – Пульт управления светодиодной подсветкой

Сигналы с пульта управления по bluetooth каналу поступают на систему управления (рис. 4), в основе которой лежит микроконтроллер. Необходимые режимы работы светодиодной ленты обеспечиваются с помощью силовых ключей.

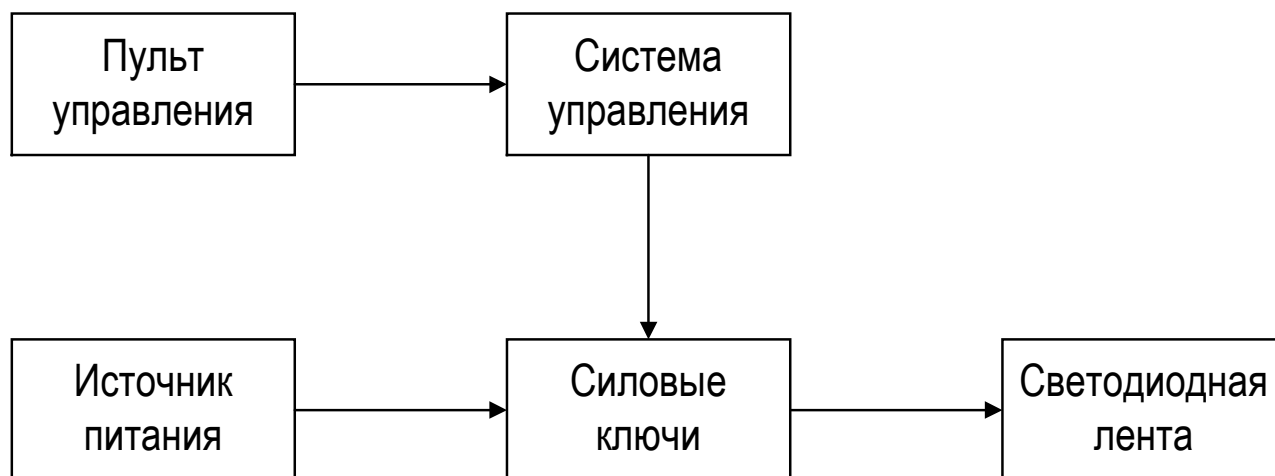


Рисунок 4 – Структурная схема светодиодной подсветки

Таким образом будет разработана декоративная светодиодная подсветка, которая может быть использована не только для обычного освещения комнаты, но и для создания в ней неповторимой атмосферы и уюта.

Литература

1. Типы светодиодных лент / URL <http://lifeandlight.ru/istochniki-sveta/svetodiody/vidy-svetodiodyh-lent.html>
2. Характеристики светодиодных лент / URL http://led-strips.ru/auxpage_tech/

*Л.Л. Лямец к.т.н., доц.; О.Д. Бабенко маг.;
М.А. Старовойтов маг.; Н.А. Умнирович маг.; А.В. Пантюхов маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО БЕЗМОСТОВОГО КОРРЕКТОРА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В СРЕДЕ MICRO-CAP

В последние десятилетия количество электроники, используемой в домашних условиях, в офисах и на производстве, резко увеличилось, и в большинстве устройств применяются импульсные источники питания. Такие источники генерируют гармонические и нелинейные искажения тока, которые отрицательно влияют на проводку электросети и электроприборы.

Европейская организация по стандартизации в электротехнике приняла стандарты, устанавливающие ограничения на содержание гармоник во входном токе вторичных источников электропитания, электронных нагрузках люминесцентных ламп, драйверах двигателей постоянного тока и аналогичных приборах. Также, вследствие повсеместно растущего уровня энергосберегающих технологий, появляется необходимость потребления более чистого синусоидального напряжения от сети. Для решения данной проблемы все чаще используют корректоры коэффициента мощности.

Однако при применении корректора коэффициента мощности возникает несколько проблем, таких как проблема получения общей точки выходного

напряжения с землей, и, вытекающая из нее проблема сложности фильтрации помех, если общая точка отсутствует.

В данной статье рассматривается однофазный безмостовой корректор коэффициента мощности. Использование его вместо мостовой схемы решает проблемы получения общей точки и фильтрации помех.

Цель работы: на основе известных принципов разработать виртуальную модель однофазного безмостового корректора коэффициента мощности.

К рассмотрению был выбран однофазный безмостовой корректор коэффициента мощности, схема которого представлена ниже. (рис.5).

Исходные данные для моделирования:

$P_n = 80(Bm)$ — Отдаваемая в нагрузку мощность.

$U_{ном} = 220(B)$ — Напряжение в сети.

$F_c = 50(Гц)$ — Частота сети.

$\delta U_c = \pm 20\%$ — Пульсации напряжения сети.

$U_d = 400(B)$ — Максимальное напряжение.

$K_n = 2.5\%$ — Коэффициент пульсаций.

$\eta = 90\%$ — Коэффициент полезного действия.

$f = 80 * 10^3 (Гц)$ — Частота работы преобразователя.

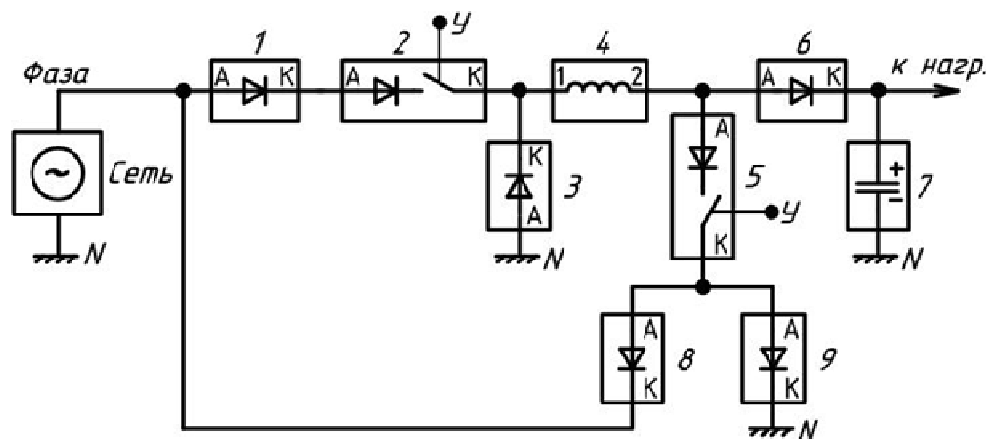


Рисунок 1 — Однофазный безмостовой корректор коэффициента мощности

Для осуществления виртуального моделирования в среде Micro-Cap была собрана схема (рис. 2) безмостового однофазного корректора коэффициента мощности. Параметры элементов схемы взяты из исходных данных для моделирования. Источник V1 используется для того, чтобы промоделировать входную сеть 220 вольт 50 герц. Источники V2 и V3 имитируют систему управления силовыми ключами. Получившиеся в ходе моделирования графики были проанализированы и сопоставлены с исходными данными.

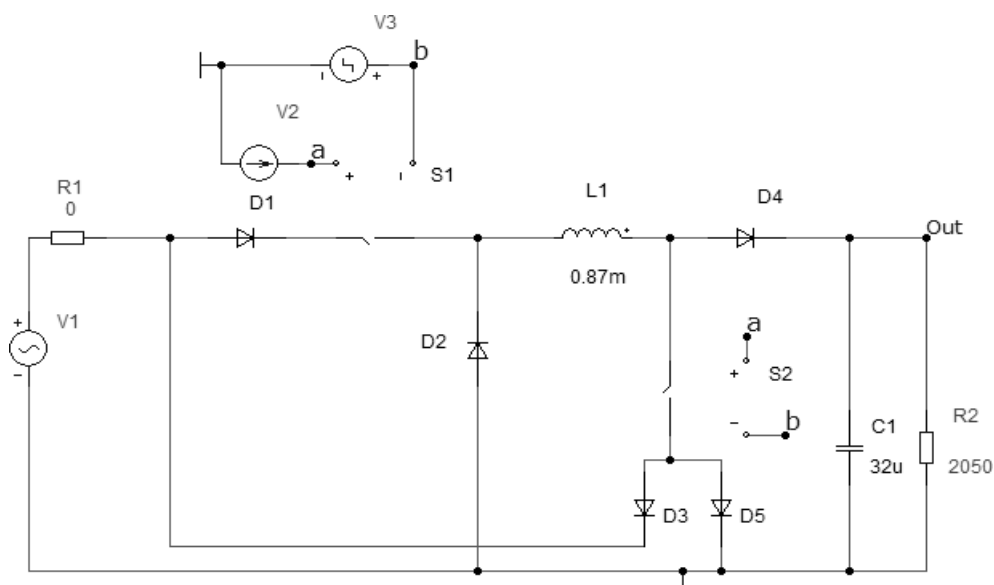


Рисунок 2 — Виртуальная схема безмостового корректора коэффициента мощности в среде Micro-Cap

Далее представлены графики полученные в результате моделирования.

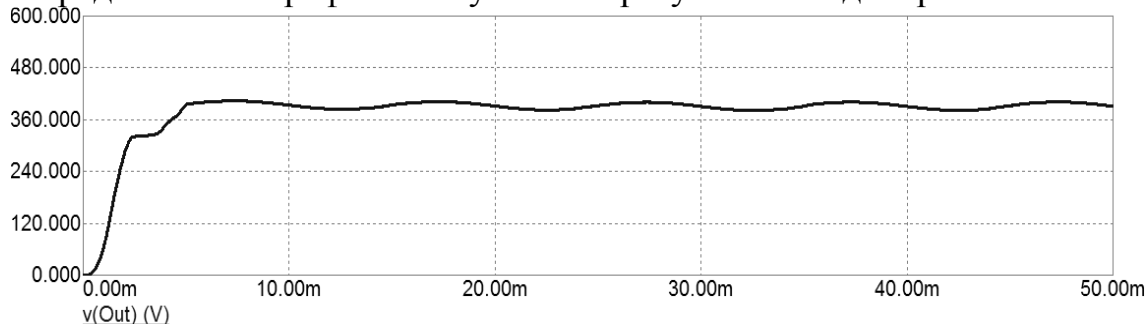


Рисунок 3 — Выходное напряжение безмостового корректора коэффициента мощности

Из рис. 3 видно, что виртуальная модель корректора коэффициента мощности соответствует реальной модели. В установившийся режим схема входит с момента времени 5 миллисекунд. Неустранимые пульсации выходного сигнала и максимальное значение напряжения не превышают заявленные в исходных данных для моделирования. Принципиальное наличие синусоидальных колебаний напряжения на выходе источника можно устранить, увеличивая емкость выходного конденсатора.

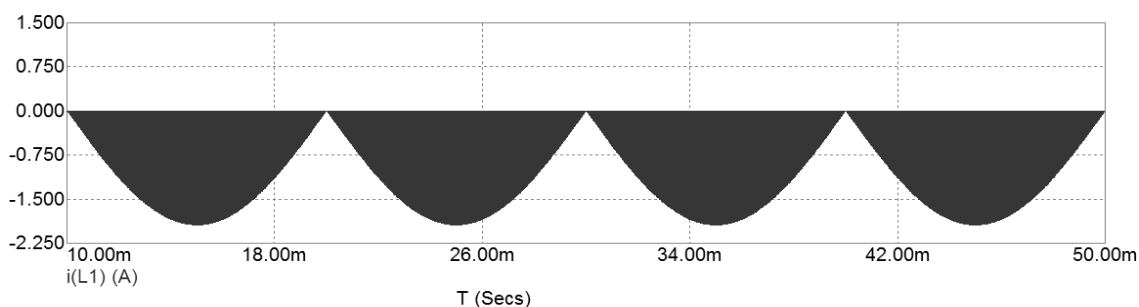


Рисунок 4 — Ток в индуктивном накопителе безмостового корректора коэффициента мощности

Из рис.4 видно, что индуктивный накопитель работает в нужном режиме, средний ток не превышает значения, заданного в исходных данных. Возможно наличие пульсаций, которые можно устранить с помощью демпфирующего контура. Общий вид графика совпал с ожидаемым.

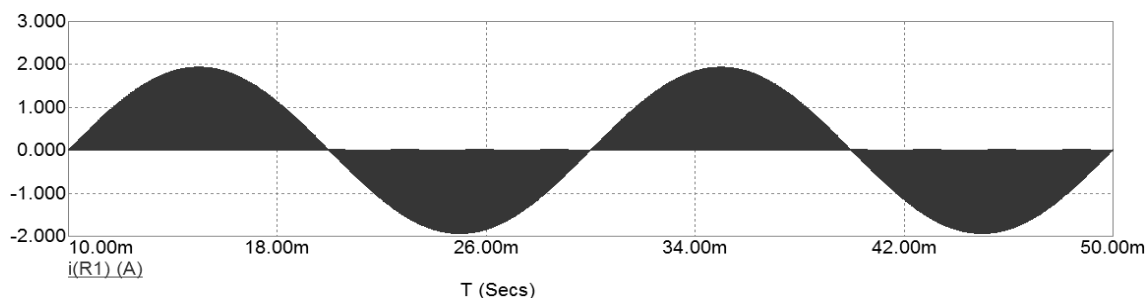


Рисунок 5 — Входной ток безмостового корректора коэффициента мощности

На рис.5 представлен входной ток однофазного безмостового корректора коэффициента мощности. На графике средний ток и максимальное значение пульсаций не превышают исходных значение. Линия, огибающая график имеет синусоидальный вид, следовательно, источник работает правильно.

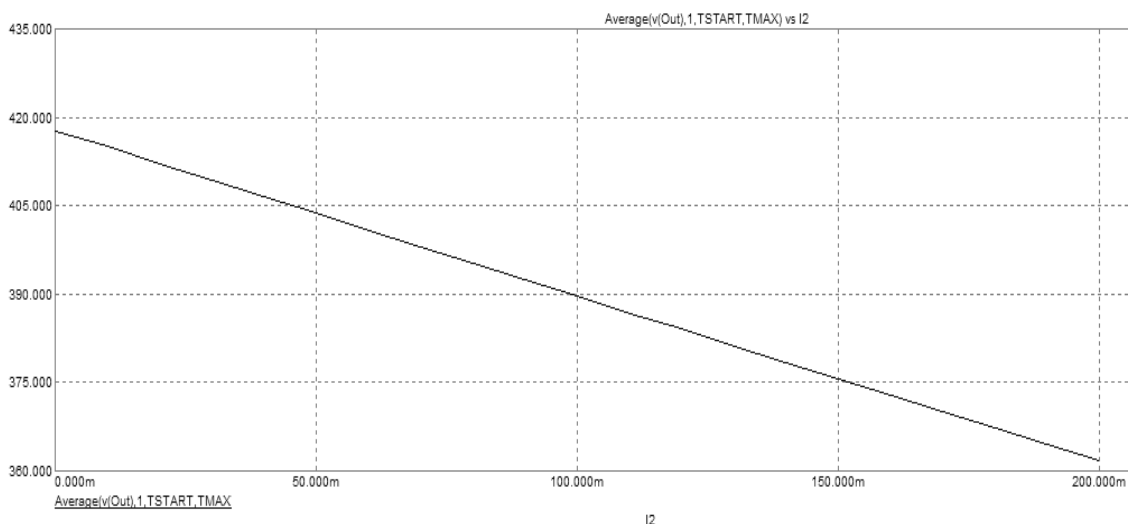


Рисунок 6 — Внешняя характеристика безмостового корректора коэффициента мощности

Внешняя характеристика, представленная на рис. 6, имеет прямолинейный вид так как безмостовой корректор коэффициента мощности работает в режиме прерывистых токов.

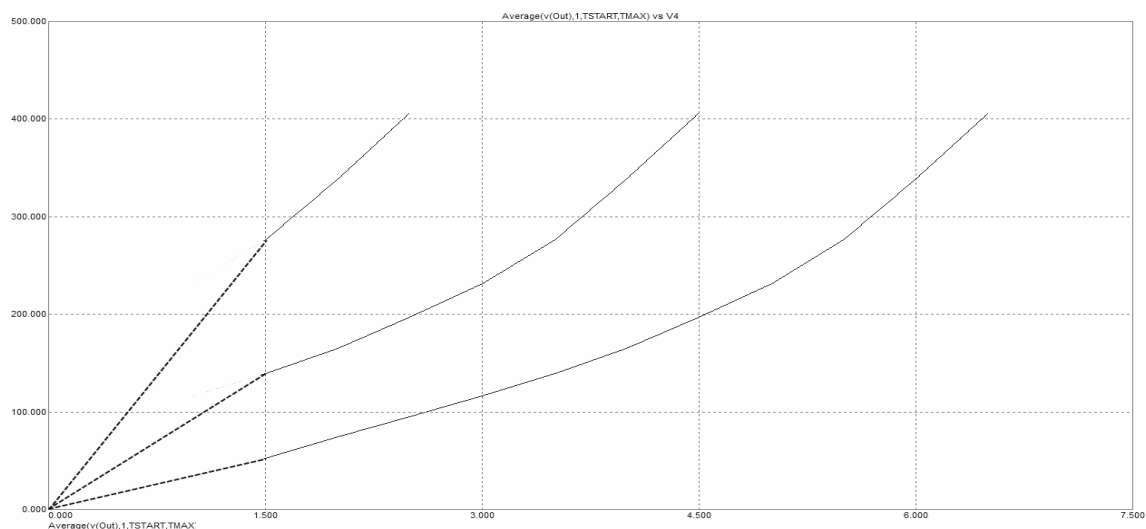


Рисунок 6 — Регулировочная характеристика безмостового корректора коэффициента мощности

Регулировочная характеристика принимает вид, представленный на рис. 6. Из-за особенностей среды Micro-Cap при больших значениях коэффициента заполнения график получить не удалось. Пунктиром обозначен теоретический вид графика при большом значении коэффициента заполнения.

В статье содержатся материалы о разработке виртуальной модели однофазного безмостового корректора коэффициента мощности в среде micro-cap. Произведено моделирование в среде Micro Cap. Исследована работа безмостового корректора коэффициента мощности при различных значениях коэффициента заполнения, построены внешняя и регулировочные характеристики. Получены графики характеризующие форму входного тока и потребляемого напряжения.

Недостатком исследованной схемы является то, что безмостовой корректор коэффициента мощности работает в режиме прерывистых токов, его мощность будет меньше, чем в мостовой схеме, которая работает в режиме непрерывных токов.

Вопросу коррекции коэффициента мощности в нашей стране не уделяется достаточно внимания по причине отсутствия законодательных требований по качеству потребляемой электроэнергии. Однако можно с большой вероятностью предположить, что уже в скором времени будут введены требования к чистоте потребляемой энергии, аналогичные зарубежным. В этом свете проведенная работа имеет особую актуальность.

Литература

1. Однофазный безмостовой корректор коэффициента мощности: пат. RU 2541910 Рос. Федерация : МПК7 G05F1/70 Дроздецкий С. В., Якименко И. В., Ширяев А. О., Кругликов И. А.; заявитель и патентообладатель Дроздецкий С. В., Якименко И. В., Ширяев А. О., Кругликов И. А.
2. Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. 2-е изд., испр./ Г. И. Волович – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 528 с.
3. Мэк, Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению (Пер. с англ.) /Р. Мэк // – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 272 с.
4. Кузнецов, А. Трансформаторы и дроссели для источников вторичного электропитания / А. Кузнецов // Схемотехника. – 2000. – № 1. – С. 30-33.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATLAB&SIMULINK

Технологический процесс (ТП), как элемент некоторого производственного процесса (ПП), нацеленного на получение новых продуктов, есть прообраз сложной реальности. Расширение области знаний о структуре ТП позволит разработать требования его автоматизации и оптимизации. В настоящее время понятие ТП не имеет глубокого обобщения в информационных источниках. Тем не менее большинство исследователей используя термин ТП рассматривает его как некоторое действие в результате которого происходит преобразование входных данных в конечный продукт.

С целью изучения ТП был сформирован подход к описанию сложной модели преобразования входных данных в конечный продукт, которая, по сути, может рассматриваться как возможное развитие нейронных информационных сетей (НИС). Как известно, НИС используются для описания преобразованиях информации. Очевидно, что в реальных (физических) НИС кроме основных информационных процессов одновременно протекают процессы преобразования материи и энергии от которых абстрагируются при описании. В предлагаемой модели ТП, кроме информационных, присущих нейронным информационным сетям, учитываются процессы преобразования материи и энергии в определённом хронотопе (промежутке пространства и времени) [1]. Далее будем называть подобную модель ТП – сетевой. С целью упрощения ввода базовых понятий ТП, опишем их при помощи таблицы 1.

Таблица 1 – Условные сокращения

Обозначение	Название	Описание
ТМ	Технологический метод	Совокупность взаимосвязанных последовательных, параллельных или последовательно-параллельных действий, направленных на достижение поставленных целей
ТО	Технологическая операция	Элементарное действие, выполняемое в ТП, исключение которого приводит к декомпозиции ТМ. Соседние ТО могут ограничиваться друг от друга во времени точкой разрыва первого рода. Набор ТО может выполняться последовательно, параллельно или последовательно-параллельно. Задачей ТО является преобразование входных форм материи, энергии и информации в течение заданного интервала времени и в некотором определённом пространстве.
ОП	Технологический оператор	Физическое устройство для преобразования входных форм материи, энергии и информации. Каждый ОП содержит три преобразователя – функциональные системы, совершающих действия над изменением входных форм энергии, материи и информации.
ТГ	Технологическая	Задействованная в ТО группа преобразователей. Состав

	группа	комбинации преобразователей определяется набором входных форм материи, энергии и информации, а также правилами, описываемых в ТМ для данной ТО.
BC	Входные субстраты	Исходные данные и продукты для ТО. ВС можно рассматривать на трёх уровнях: материальный субстрат (M^S); энергетический субстрат (E^S); информационный субстрат (I^S).
ПР	Продуктом преобразования	Результат преобразования всех входных субстратов в ТП. ПР состоит из трёх основных компонентов далее называемых составляющими продукта: материальная составляющая (M^P); энергетическая составляющая (E^P); информационная составляющая (I^P).
СЛ	Технологический слой	Промежуток времени и пространства, в котором выполняются одна или целый ряд ТО.
СБ	Субпродукт	Результат преобразования ТО некоторого СЛ. Является ВС для последующего слоя.
ВП	Вектор параметров	Совокупность свойств ВС для каждой ТО.
Т	Значение времени	Общее время выполнения ТП. Определяется ТМ.
V	Значение величины пространства	Общее значение величины пространства, в котором протекает ТП. Определяется ТМ.
А	Технологический алгоритм	Набора исполняемых действий в ТП. Определяется ТМ. Формирует число СЛ.

Таким образом, исследование структуры ТП (а в дальнейшем и ПП) базируется на разработке достаточного описания всех составляющих компонентов: ТМ; ТО; ОП; ВП и др., которые будут рассмотрены с точки зрения подхода, где помимо информационной составляющей могут быть отражены процессы преобразования энергии и материи. На основе подобного подхода была разработана сетевая модель ТП, где известная многослойная структура НИС была обобщена сведениями о преобразовании энергии и материи. Узлами сетевой модели ТП являются технологические операции (ТО), объектами преобразования – вектор параметров входных данных, далее называемых субстратами (ВС).

Построение сетевой модели ТП базируется на выборе программной платформы, достаточной для выполнения сложных параллельных вычислений. В качестве платформы для разработки была использована система компьютерной математики Matlab&Simulink R2015b, содержащая в том числе специализированные модули Simulink Stateflow – расширения для разработки конечных автоматов и машин состояний. С целью изучения особенностей поведения сетевой модели ТП была описана модель технологического процесса по заварке чая. Входными данными ТП и являются следующие ВС: чайные листья (M^S); кипячёная вода (M^S); чайник известной ёмкости (M^S); сведения о времени заварки (I^S); приложенное значение энергии (E^S).

Каждый материальный субстрат содержит собственный ВП, включающий только необходимые для ТП данные. Пример отбора ВП представлен на

рисунке 1. Набор ВС для ТП определяет ТМ. Работа ТП контролируется при помощи внешнего информационного канала (I^Z) от системы управления.

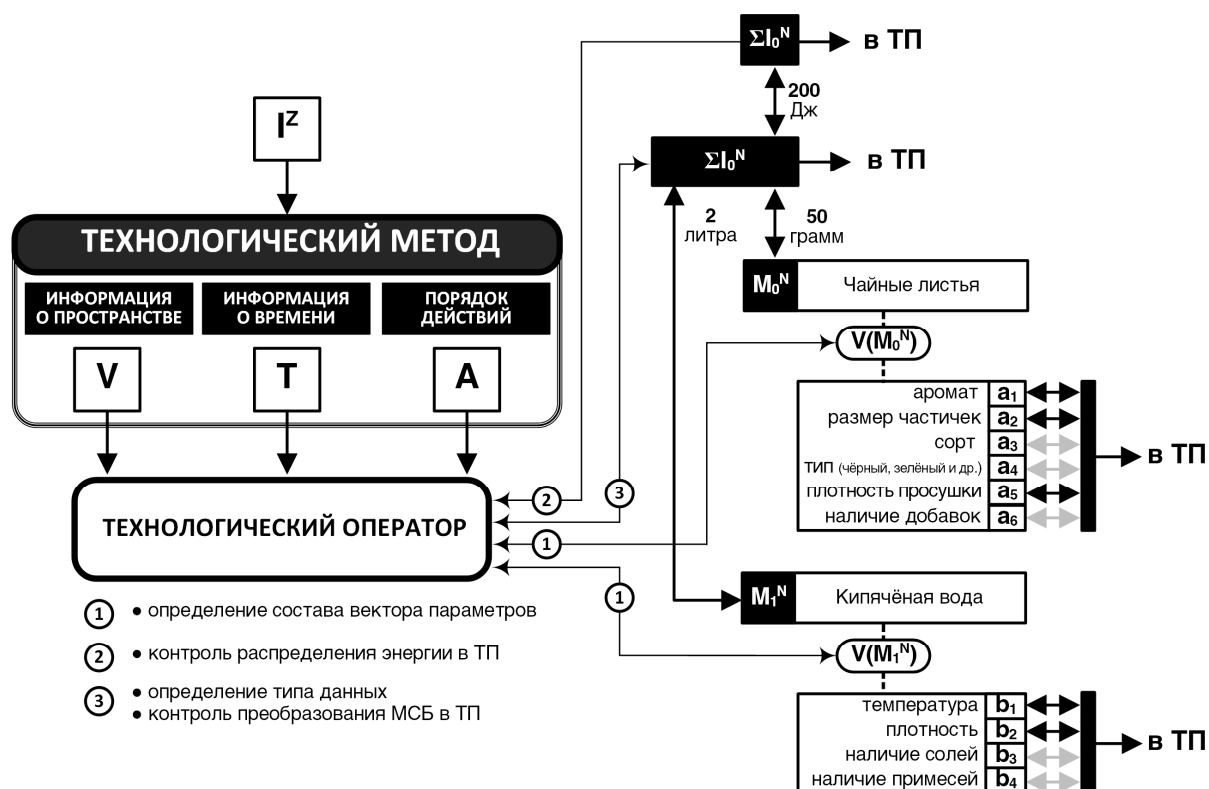


Рисунок 1 – Процесс отбора вектора параметров

В сетевой модели ТП, разработанной в среде Simulink (см. рисунок 2) был воспроизведён алгоритм отбора ВП от всех ВС и дальнейшее использование их в качестве объекта по преобразованию. Сетевая модель вследствие простоты описываемого ТП имеет только два слоя. Данные о ТМ загружаются из внешнего файла, а сведения о полученном продукте записываются в новый. Изменяя особенности хронотопа, добавляя новые ВС, редактируя ТМ при помощи разработанной сетевой модели можно получить описание всех возможных продуктов или изотопов одного продукта. Полученные при этом данные модели будут рассматриваться как сведения об энергетической, материальной и информационной составляющих.

Для управления параметрами разработанной сетевой модели в среде Simulink была сформирована специализированная программа (см. рисунок 3). Программа позволяет загружать сведения о новом ТМ, а также определять тип отражаемых в программном отчёте данных о продукте и входных данных. Модуль анализа программы позволяет дать описание каждой компоненты ТП с точки зрения энергетической, материальной и информационной составляющих на каждом слое сетевой модели. Исследование разработанной подобным образом сетевой модели любого другого ТП позволяет получить достаточный набор данных для разработки инструментов по оптимизации технологического цикла и дать обоснование по подбору аппаратных средств управления и набору физических функциональных узлов.

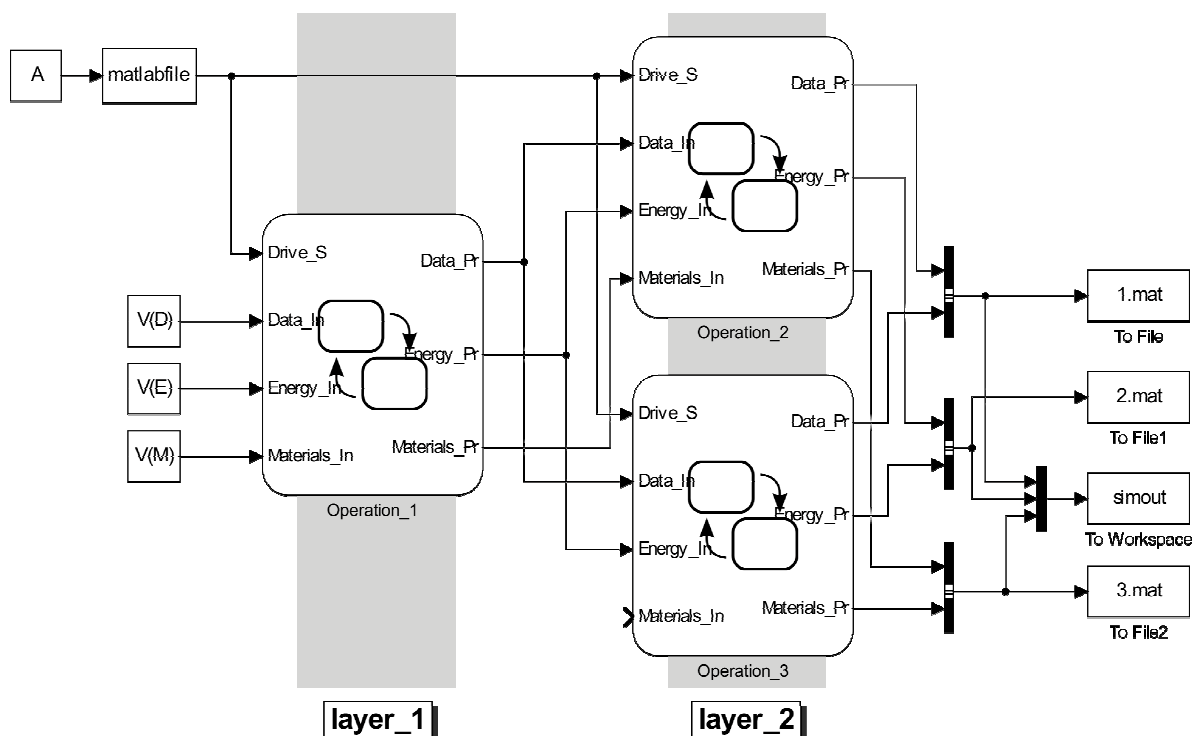


Рисунок 2 – Сетевая модель технологического процесса в среде Matlab&Simulink

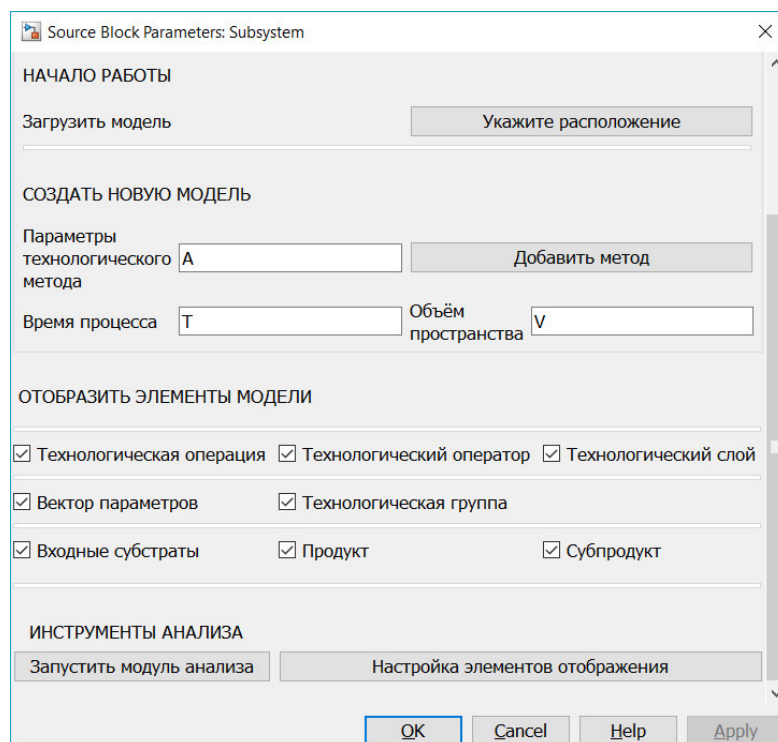


Рисунок 3 – Окно программы управления разработанной сетевой моделью технологического процесса

Преимуществом организации ТП на уровне сетевого взаимодействия между ТП заключается в отсутствии перекрёстных обратных связей между старшим по порядку слою и его предшествующими, что существенно облегчает анализ состояния ТП и сокращает затраты время на обработку циклических

(повторяющихся) действий. Подобные недостатки присущи классическим схемам организации ТП: последовательное, параллельное и последовательно-параллельное выполнение ТО. Предложенная сетевая структура модели позволяет проводить сравнение предлагаемых ТМ и на основе заданного критерия эффективности выбирать наилучший. Предварительное проектирование ТП и моделирование его на сетевом уровне, представленного через описание технологических действий по преобразованию энергии, материи и информации, позволяет сократить затраты на разработку физического устройства или системы устройств [2].

Далее будем считать элементарными ТП (ЭТП) – технологические процессы, декомпозиция которых приводит к нарушению положенного в основу ТМ. Сложные ТП (СТП) являются композицией составленные из двух и более ЭТП. В этом случае сетевая организация группы ЭТП позволит описать СТП любой сложности, которая в свою очередь позволит сформировать набор данных, характеризующих ПП.

Стоит отметить, что важную роль в описании сетевой модели ТП играет хронотоп. Лежащая в основе НИС содержит сведения о преобразовании только во времени [3]. В разработанной модели кроме того учитываются сведения об изменении пространства, как важной составляющей ТП, а также особенностях используемого ТМ. Таким образом, разработанная сетевая модель ТП позволяет сформировать оптимальные условия для преобразования входных данных и получить данные об ограничениях, при которых невозможно начать выполнение ТО.

Сетевая модель ТП, в основе которой лежат возможности корректировки сведений о хронотопе и параметров используемого ТМ, а также выбор особенностей ВП всех входных типов данных (информационных, материальных и энергетических) позволяет получить инструмент для исследования сложных взаимодействий происходящих в технологических машинах, без необходимости описания подобного взаимодействия на уровне физико-химического преобразования. Разработанная в среде системы компьютерной математики Matlab&Simulink программа позволяет в дальнейшем сформировать конструктор по исследованию любых ТП, а в последствии перейти к формализации описания всего цикла ПП.

Литература

1. Соколов А.В. Информатические описания. Опис. 3. Онтология информации. Типы реальностей и типы информации // Научные и технические библиотеки. 2010. № 11. С. 7-24.
2. Власов А.И. Системный анализ технологических процессов производства сложных технических систем с использованием визуальных моделей // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 10-2 (17). С. 17-26.
3. Кузнецов Л.А., Домашнев П.А. Нейросетевые модели для описания сложных технологических процессов // Проблемы управления. 2004. Выпуск 1. С. 20-27.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТА УЧАЩЕГОСЯ

В настоящее время большую популярность приобретают разнообразные тесты оценки уровня интеллекта человека (IQ-тесты). Разработанные ещё в начале 1980х платформы IQ-тестирования являются основой для отбора граждан на работу во многих специализированных сферах (в т. ч. служба безопасности; военная сфера; космонавтика и др.). При этом усреднённый показатель решения IQ-тестов принято считать действительной оценкой уровня интеллектуальных способностей испытуемого. В работе предложена новая методика, основанная на интерактивном подходе к решению интеллектуальных задач.

Идея классического IQ-тестирования заключается в поиске верных решений в группе задач, где рассчитывается отношение всех просмотренных заданий за отведённый интервал времени к числу содержащих правильный ответ.

Сегодня существует множество онлайн сервисов, где подсчёт оценки за выполненный IQ-тест проводится на иных математических алгоритмах (в частности, например, введено разделение уровней сложности задачи), сохраняя при этом классическую формулу подсчёта финального результата.

При этом, главным недостатком IQ-тестирования является выбор только одного верного ответа для задания из предложенных платформой тестирования вариантов [1]. На схожем алгоритме действий учащегося (выбор одного верного ответа из предложенных вариантов) основан тест ПДД в автошколе.

С целью развития мыслительного аппарата при выборе испытуемым ответа на вопросы любого теоретического опроса предлагается задействовать иную методику оценки уровня интеллекта. Идея методики основана на трёх положениях:

- 1) исключительно текстовая форма ответа на все задания;
- 2) отсутствие предлагаемых вариантов ответа;
- 3) задания, содержат несколько верных решений.

В этом случае, испытуемый обязан написать ответ на вопрос самостоятельно, максимально полно используя все свои мыслительные способности для формирования формы ответа. Отсутствие вариантов ответа позволяют оценить поведение испытуемого в том числе в стрессовой ситуации, когда необходимо дать ответ на вопрос различной тематики. Подобная организация платформы для опроса испытуемого имеет неоспоримое преимущество в ситуациях, когда задание может иметь несколько решений (см. рисунок 1).

Какая фигура лишняя?



Рисунок 1 – Пример задачи с несколькими решениями

В примере рис. 1 может быть не меньше четырёх возможных решений (лишняя фигура по цвету, размеру, форме, наличию / отсутствию рамки). При этом известные сервисы IQ-тестирования принимают в качестве правильного ответа только тот вариант, который будет заложен в программный алгоритм, считая все остальные неверными [2]. Такой подход формирует ложное представление о выборе решений задачи, что не позволяет испытуемому продемонстрировать интеллектуальный талант в решении сложных умственных задач. В программной платформе для проведения опроса на месте выбора вариантов ответов предлагается ввести текстовую графу, куда испытуемый может ввести ответ. Программа будет анализировать верность ответа по конкретному вопросу по числу совпадений текста испытуемого с набором ключевых слов, заложенными оператором. Подобный подход заставляет в том числе точно формулировать собственный ответ. Схема алгоритма предложенной методики представлена на рисунке 2.

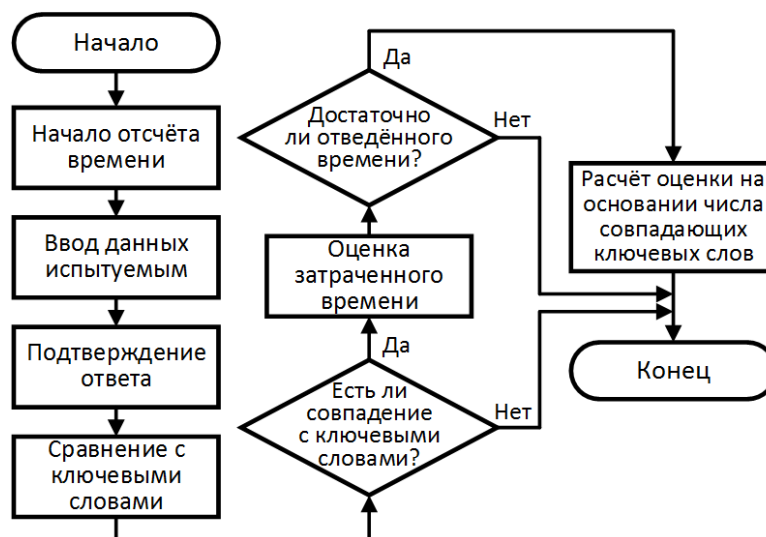
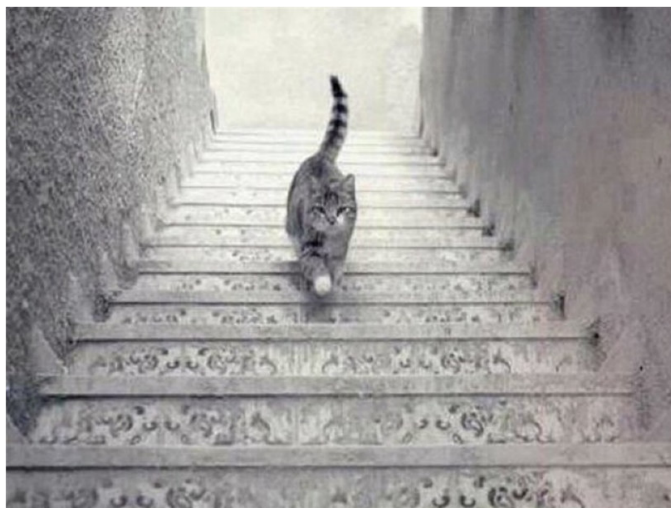


Рисунок 2 – Алгоритм оценки интеллектуальной задачи через поиск совпадений с ключевыми словами

Предложенная схема отражает интерактивное взаимодействие между испытуемым и платформой проведения опроса. В случае совпадения ответа испытуемого со всеми указанными в системе ключевыми словами – начисляется максимальный балл. Если же ответ не имеет совпадений, но при этом позволяет оценить ход мыслей испытуемого – возникает рекомендация к совершенствованию речевого аппарата для более точного изложения

предлагаемого ответа. На структуре предложенного варианта тестирования может быть реализован в том числе цветотест и психотест с целью выяснения ряда особенностей по развитию личности испытуемого и предрасположенность к определённым видам трудовой деятельности.

Возможность учащимся свободно изложить своё видение решения в интеллектуальной задаче позволяет оценить уровень подготовки к трудовой деятельности и выявить возможные медицинские патологии. Предлагаемая методика оценки, которая может быть представлена на базе программного продукта или онлайн-сервиса давно востребована детскими (школьными) психологами и специальными отделами различных служб, занимающимися оценкой уровня интеллекта своего персонала, которая в том числе выражена познаниями в различных областях классической науки и литературы [3]. Пример задания, представленный на рисунке 3, для традиционного онлайн IQ-тестирования позволяет дать только один ответ. В то время, как предложенная методика позволяет дать группу ответов, где испытуемый способен защитить свою точку зрения, в текстовой форме описывая видимые ему факторы.



**Этот кот поднимается
или спускается по лестнице?**

Рисунок 3 – Пример задачи с несколькими решениями

В современном мире всё больше возрастает необходимость в разработке альтернативного IQ-тестированию подхода в оценки уровня интеллекта прежде всего среди учащихся. Предложенная выше методика позволила разработать программное обеспечение, которое в настоящее время проходит этап тестирования.

Литература

1. Долотов Б.И., Бердонос В.Д., Долотова М.Б. Развитие творческого воображения // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2010. Т. 2. № 3. С. 46-49.
2. Серикова Г.Н., Сериков А.Л. Оценка когнитивных способностей при отборе персонала // Вестник науки Сибири. 2013. № 1 (7). С. 202-206.
3. Москвин В.А. Способности к профессиям и IQ // Инвестиции в России. 2010. № 6 (185). С. 21-27.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТОВОГО НАСТОЯ

Производство функциональных продуктов питания и их компонентов является одним из актуальных направлений развития пищевой промышленности. На сегодняшний день кедровые орехи используют для производства различных пищевых продуктов, начиная от растительного масла и заканчивая ликероводочной продукцией. По своим свойствам орехи имеют высокие показатели высокопитательных и биологически активных веществ, а также богатый витаминно-минеральный состав. Введение орехов в состав минеральных продуктов повышает их функциональные свойства [1].

Спиртовые настои кедрового ореха используются в пищевой промышленности, в медицинских целях. Настои, имеют своеобразный цвет за счет содержания в них естественных окрашивающих веществ - полифенольных соединений, относящихся к таннидам и лигнинам. Эти полифенольные соединения переходят в полуфабрикаты после настаивания ореха кедр.

Известно, что полифенольные соединения содержатся именно в скорлупе ореха. Кедровая скорлупа имеет сложный химический состав (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав скорлупы кедрового ореха

Состав скорлупы кедрового ореха	Содержание, %
клетчатка	69
целлюлоза	38,6
лигнины	23,8
гемицеллюлоза	7,7
пентозаны	22,67
жиры и смолы	до 3,4
белки	до 1,8
зола	до 0,9

Настой кедрового ореха имеет насыщенный желто-коричневый цвет, что обусловлено большим содержанием таннидов в скорлупе. Дубильные вещества, или танниды – высокомолекулярные природные фенольные соединения, способные осаждать белки, алкалоиды и обладающие вяжущим вкусом [2].

Исследование количества выделяющихся дубильных веществ может внести корректировку в технологию производства настоек на основе ореха кедр. Это повлияет на качество продуктов и регламентные параметры производства.

К количественным методам исследования относится люминесцентный анализ. Люминесценция - один из видов излучения вещества [3]. Излучение наблюдается при переходе центров люминесценции из возбужденного электронного состояния в основное. Появлению люминесценции непременно

предшествует поглощение энергии возбуждения, сообщаемой веществу тем или иным способом. Механизм люминесценции заключается в образовании под действием энергии от внешнего или внутреннего источника возбужденных состояний атомов, молекул испускании ими квантов света (фотонов)[4].

Проведенное исследование позволит скорректировать временные режимы производства спиртовых настоев кедрового ореха, так как для получения настойки стабильно высокого качества необходимо, чтобы в растворе было максимальное количество дубильных веществ, но при этом не начались обратные процессы.

Исследуемый спиртовой настой кедровых орехов имел концентрацию спирта 50%. Данная концентрация является оптимальной для производства настоев на кедровом орехе. Измерения спектра возбуждения при синхронном сканировании проводились на 1, 5, 10 и 15 день (рис. 1).

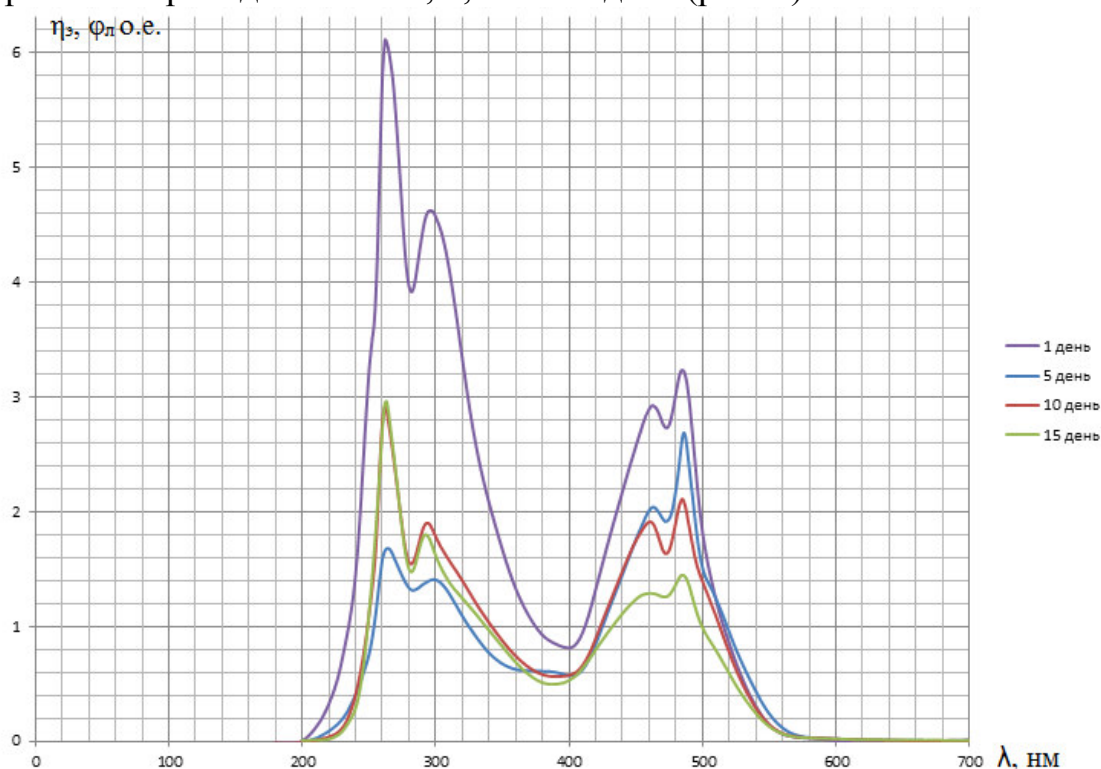


Рисунок 1 – Спектр возбуждения при синхронном сканировании

На рисунке 1 пики с длиной волны 264 нм и 296 нм соответствуют пищевому этиловому спирту[5]. Максимумы с длиной волны 462 нм и 486 нм принадлежат дубильным веществам ореха.

Из графика видно, что на начальных сроках настаивания спирт имеет высокую интенсивность спектра возбуждения, что обусловлено малым выходом дубильных веществ в раствор, и как следствие его высокой концентрацией. При настаивании от 5 до 10 дней интенсивность спектра возбуждения спирта и дубильных веществ имеют практически одинаковые значения. Это указывает на высокий выход таннидов в настой. Данный период является оптимальным для получения спиртовых настоев стабильно высокого качества.

При дальнейшем настаивании интенсивность спектра возбуждения спирта снова возрастает, а дубильных веществ уменьшается. Это свидетельствует о том, что взаимодействие спирта с полифенольными соединениями уменьшается.

Проанализировав полученные данные можно сделать вывод, что оптимальный срок для настаивания кедровых орехов в спирте является 5-10 дней, в дальнейшем интенсивность экстрагирования падает. Данный срок можно рекомендовать к производству кедрового настоя в различных отраслях пищевой промышленности.

В обычных условиях на пищевых предприятиях сроку настаивания для данного вида полуфабриката не уделяется должного внимания. Срок настаивания определяется согласно сложившимся условиям производства – в зависимости от графиков работы оборудования (наличие свободных чанов для настаивания), графиков работы персонала (загруженность рабочих той или иной смены), заявок на производство отдельных видов готовых ликероводочных изделий. При этом на различных сроках настаивания получают настои различного качества, и приходится доводить их до определенных требований купажированием.

Применение определенных, четко обозначенных временных режимов позволит стабилизировать качество настоев, и положительно повлияет на качество готовой продукции, в состав которой входит кедровый настой, как полуфабрикат.

Литература

1. Даниленко Е.А., Куликова М.Г. Технологический менеджмент и аудит на предприятиях пищевой промышленности // В мире научных открытий. 2009. № 1. С. 23-26.
2. Егорова Е.Ю., Сысоева Д.Ю., Рожнов Е.Д., Мороженко Ю.В. Ароматические альдегиды экстрактов растительного сырья, используемого в производстве ликероводочных изделий // Ползуновский вестник. - 2014. - № 4 т. 2. - С. 126-131
3. Гришаева Т.И. Методы люминесцентного анализа: Учебное пособие для вузов. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. - 226 с.
4. Belyakov M., Kulikova M., Novikova M. Spectral photoluminescence characteristics of the seeds of cereal plants in different humidity // International scientific review. 2016. № 11 (21). С. 22-25.
5. Егоров А.Н., Сидорова А.И., Волкова К.А. Спектральные характеристики дубильных веществ кедрового ореха // Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика», Филиал «Национального исследовательского университета «МЭИ», Смоленск, 2016. С. 76 – 79.

*Д.В. Оплеухин, маг.; Н.Н. Строев к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕТЕКТОРОВ TERASENSE ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ТЕРАГЕРЦЕВОГО ДИАПАЗОНА

Введение

Быстрое развитие радиотехнических систем ММ диапазона делает актуальным исследование возможностей применения различных технических решений и конструктивных подходов при построении приемной аппаратуры.

При реализации устройств терагерцового диапазона возникают технические сложности, связанные с преобразованием крайне высоких частот, выбором элементной базы и недостаточной развитостью технических решений.

Приемные устройства подразделяются на гомодинные и гетеродинные, оба класса представлены в аппаратуре ТГц диапазона. В гомодинных детекторах ТГц излучение преобразуется в электрический сигнал, который и используется для демодуляции. Представителями данного класса приборов являются тепловые детекторы различных типов (ячейки Голея, болометры, пирозлектрические элементы и т.д.). Как правило, общим недостатком тепловых детекторов, является их инерционность, что ограничивает возможности их применения в составе приемных устройств. Дополнительные сложности вызывает необходимость обеспечения температурного режима работы чувствительных элементов, иногда при криогенных температурах.

Гетеродинные приемники имеют высокую чувствительность, строятся на принципе перемножения входного сигнала на сигнал от гетеродина в нелинейном смесителе, например, смесителе Шоттки, или болометр на горячих электронах. Полученный сигнал промежуточной, более низкой частоты содержит амплитудную и фазовую информационные составляющие, которые выделяются при дальнейшей обработке. Эти приемники сложны по структуре и конструктивному исполнению, что объясняет их высокую стоимость.

В последнее время появился новый класс приемных детекторов ТГц диапазона, который использует плазменные колебания в полупроводниковых структурах и резонансную селекцию сигналов. На основе новейших научных разработок компанией TeraSense были созданы сверхбыстрые детекторы (рис. 1), в которых было достигнуто время отклика менее чем 150 пс [1].

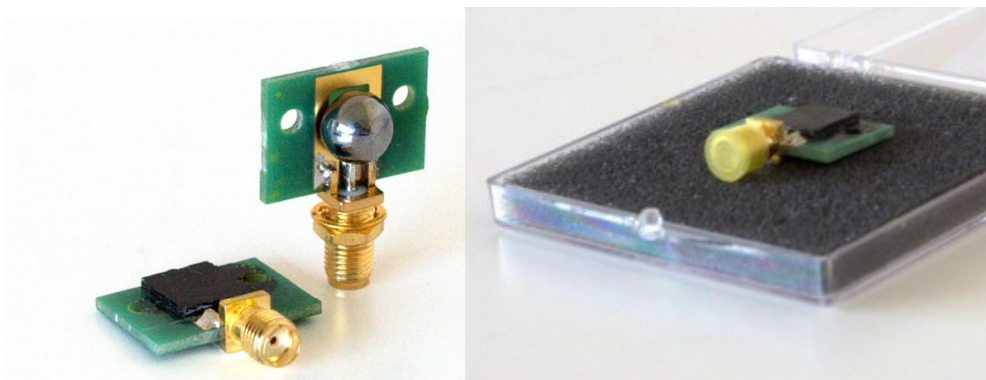


Рис.1. – Детекторы компании TeraSense по материалам сайта terasense.com

Результаты подтверждаются исследованиями импульсной функции отклика. Детектор возбуждался лазерным импульсом мощностью 200 нДж длительностью 1 пс с широким спектром в диапазоне от 0,1 до 3 ТГц (Рисунок 2).

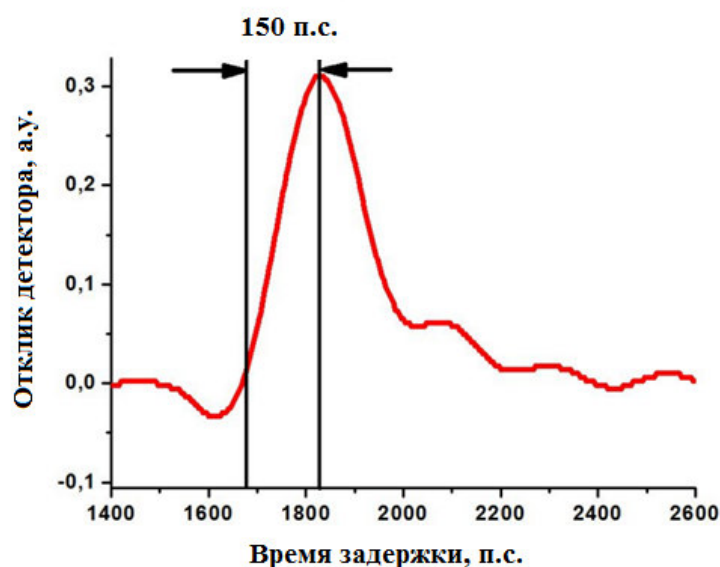


Рис. 2. – График нарастаний и спадов детекторов по материалам сайта terasense.com

Функция отклика отображает время нарастания и спада от 150 пс, но, в данном случае, она ограничена пропускной способностью осциллографа полосой пропускания в 4ГГц. Столь малые времена отклика позволяет использовать данные детекторы в радиоприемных устройствах при высоких частотах модуляции, использовать средства сверхширокополосных сигналов (СШП).

Детекторы TeraSense чувствительны в широком диапазоне частот. Однако их частотная характеристика (рис.3) не является непрерывной, а состоит из нескольких полос (пилов структур), что должно быть учтено при построении приемных устройств. Чувствительность в конкретном диапазоне, по данным производителя, может быть настроена на стадии производства в соответствии с предъявленными требованиями. Это позволяет говорить о реализации приемных устройств с четко заданными спектральными характеристиками без необходимости использования внешних фильтров.

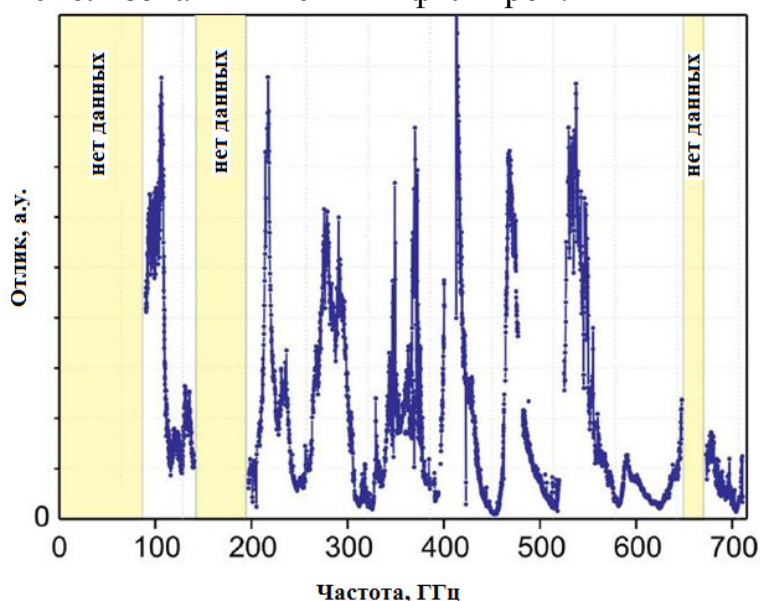


Рис. 3. – График чувствительности от частоты детектора по материалам сайта terasense.com

Явным достоинством применения новых детекторов является возможность минимизации массогабаритных параметров приемной аппаратуры, поскольку на выходе детектора формируется огибающая модулирующего сигнала – ее сразу же можно усилить и подвергать обработке с целью получения информации.

Высококочувствительные детекторы предназначены для изучения сигналов и импульсов ТГц–диапазона. Детекторы компании Terasense являются новым решением в мире беспроводных технологий.

Описание разработки устройства

Перед нами стояла задача разработки приемного устройства ММ диапазона на основе детектора TeraSense для организации радиорелейной связи с использованием амплитудной модуляции.

Исходя из требований работоспособности датчика, была подобрана элементная база, состоящая из: импульсного стабилизатора TPS62125, двух линейных стабилизаторов LM2664, TPS799 и усилителя VCA824. Особое внимание было уделено подбору усилителя, который обеспечивал бы заданную полосу пропускания, и удовлетворял требованиям применения данного детектора.

Первоначально в качестве усилителя рассматривался усилитель LMH6629, который, в последствии был заменен из-за отсутствия нагрузочной способности в 50 ом на усилитель VCA 824, с параметрами: напряжение питания не превышающее 6,5 в, выходной импеданс более 100 КГц, возможность регулировки усиления, нагрузочная способность 50 ом и др.

На основе элементной базы была построена модель и проведено моделирование (рис. 4), в программной среде Tina-TI, которая имеет свободное распространение.

Для моделирования детектора была использована модель быстродействующего фотодиода, с характеристиками близкими к характеристикам детектора.

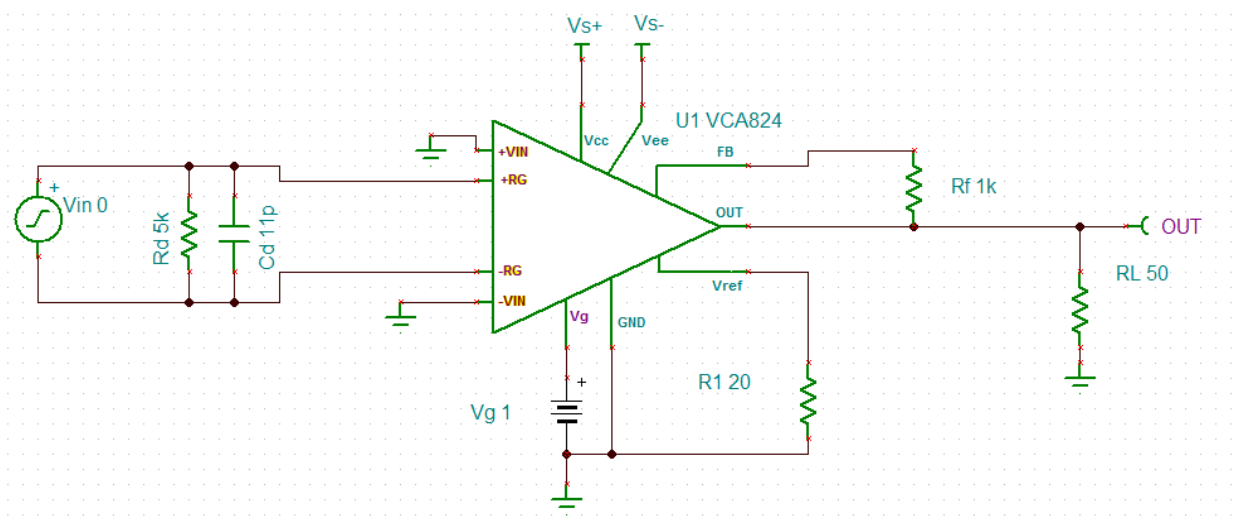


Рис. 4. – Модель устройства

По результатам моделирования (рис. 5) можно судить, что достигнута полоса пропускания в 69,58 МГц усиления по уровню -3 дБ. Так по анализу переходных процессов видно, что форма сигнала имеет приемлемые искажения при усилении в 1в.

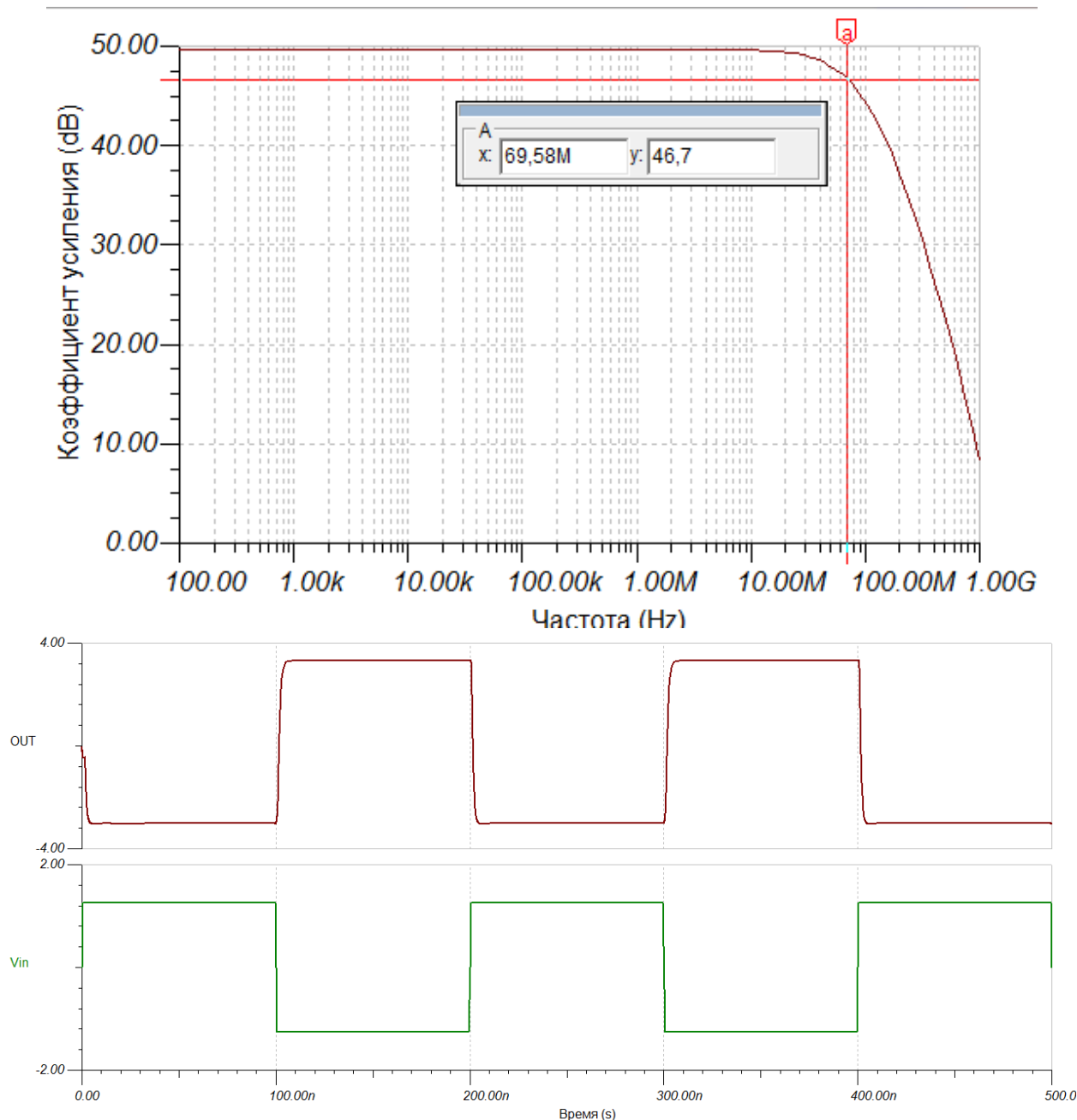


Рис. 5. – Результаты моделирования

Заключение

Были изучены возможности использования детекторов TeraSense для создания приемных устройств терагерцового диапазона, а так же была предложено схмотехническое решение для сборки устройства. В настоящее время осуществляется изготовление образца приемного устройства для проведения экспериментальных исследований.

Список использованных источников:

1. Datasheet [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps799.pdf>
2. Datasheet [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2664.pdf>
3. Datasheet [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps62125.pdf>
4. Datasheet [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/vca824.pdf>
5. TeraSense [Электронный ресурс] URL: <http://terasense.com/products/detectors/>

*Ю.А. Орлова, студ.; С.П. Астахов, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске, г. Смоленск)*

ПОДСВЕТКА ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Проблема электрифицирования автомагистралей и обеспечения резервного питания на них актуальна на сегодняшний день. Значительное количество участков автодорог неэлектрифицирована. В частности, существует проблема с установкой дорожных знаков с подсветкой на некоторых участках автодорог из-за отсутствия или недостаточной надежности электросетей на них. При этом, знаки со светодиодной подсветкой на неэлектрифицированных участках часто бывают необходимы для обеспечения безопасности дорожного движения. Для того, чтобы решить эту проблему, можно использовать альтернативные источники энергии.

При движении по магистралям и автодорогам автомобили создают воздушные потоки, которые могут иметь довольно высокую скорость. Поэтому, использование энергии ветра в качестве альтернативного источника энергии в данном случае наиболее оптимально. Учитывая, что движение транспортных средств по автомагистрали не прекращается даже ночью, то можно получить больше энергии, чем, например, используя солнечную энергию. Для этого предлагается создать устройство, которое будет использовать энергию перемещения воздушных масс, вызванного таким антропогенным фактором, как движение автомобилей по магистрали. Основной частью устройства будет являться ветрогенератор с ротором вертикального типа модели Абрамова. Преимущество данной модели состоит в том, что, проходя через одну лопасть ветрогенератора, воздушный поток попадает на другую лопасть, противоположную ей. Таким образом, один воздушный поток воздействует дважды, что существенно увеличивает эффективность ветрогенератора (рис.1).

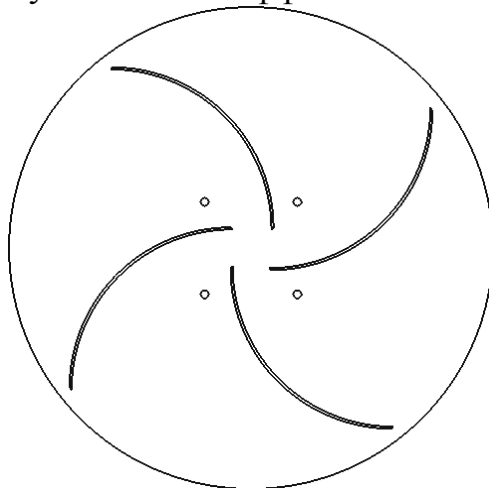


Рисунок 1 – Основание ротора

Однако, ветрогенератор Абрамова нет возможности устанавливать на разделительных полосах, поскольку в данном случае взаимно-встречные воздушные потоки будут компенсировать друг друга, что значительно снизит эффективность устройства. Поэтому при размещении устройства на разделительных полосах планируется использовать другую модель ротора с лопастями, соприкасающимися на оси.

Для большей эффективности предлагается устанавливать не одно, а несколько связанных устройств, установленных вдоль магистрали, одновременно. Энергия, получаемая с помощью нескольких ветрогенераторов будет поступать на аккумуляторную батарею через контроллер заряда. Контроллер заряда будет обеспечивать необходимый ток заряда аккумулятора. Полезная нагрузка (в нашем случае её роль выполняет цепь светодиодов, используемая для подсветки дорожных знаков) потребляет электроэнергию от аккумуляторной батареи.

Подсветка дорожных знаков требуется не всегда, а только в темное время суток или в условиях недостаточной видимости. Для обеспечения включения и выключения полезной нагрузки устройство должно быть снабжено устройством управления нагрузкой. Это позволит сэкономить большое количество электроэнергии. Таким образом устройство состоит из 5 модулей (рис. 2).

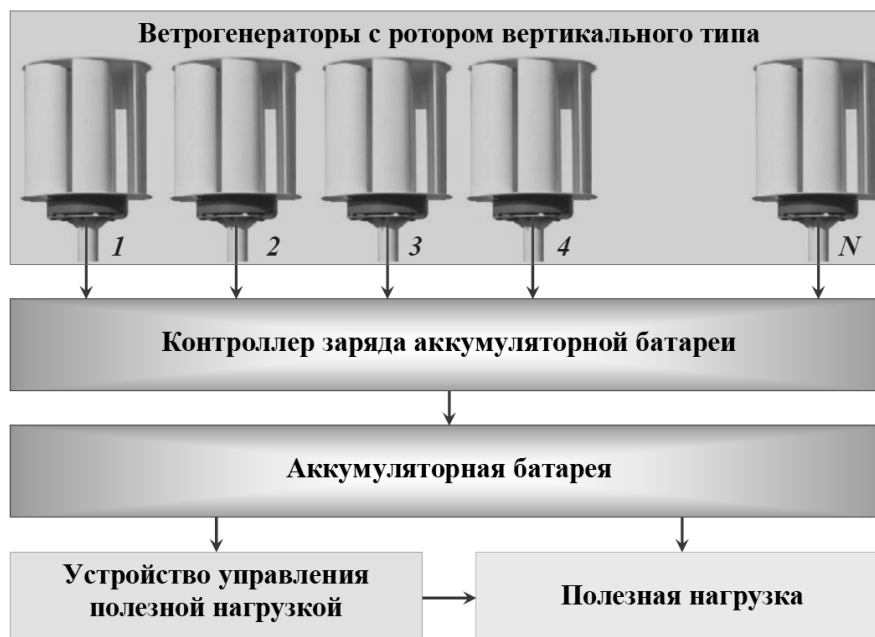


Рисунок 2 – Схема взаимодействия модулей устройства

Устройство сможет работать и с другой полезной нагрузкой. Мощность устройства определяется количеством ветрогенераторов с ротором вертикального типа.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет решить проблему неэлектрифицированности некоторых участков автодорог и дает возможность устанавливать на таких участках дорожные знаки, имеющие лучшую видимость в ночное время и в случае недостаточной видимости. Кроме того, устройство может работать и на электрифицированных участках автодорог в качестве аварийного или резервного питания.

Таким образом, можно сделать вывод, что решение обозначенной проблемы найдено.

Литература

1. Дорожные знаки со светодиодной подсветкой [Электронный ресурс] // Записи с видеорегистраторов. 2012. 21 ноября. URL: <http://vireg.ru/dorozhnye-znaki-so-svetodiodnoi-podsvetkoi> (дата обращения: 17.03.2016)
2. Можаретто И. Трасса М1: Побystрее на запад [Электронный ресурс] // За рулем. 2011. 18 мая. URL: http://www.zr.ru/content/articles/318030-trassa_m1_pobystreje_na_zapad/
3. Шефнер Я. И. Использование энергии ветра / Я. И. Шефнер.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоатомиздат, 1983.— 199 с.

*Д.М. Осипов, маг.; А.С.Яночкин, маг.; И.В. Якименко дтн, доц.
(Филиал ФБГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ СКАНИРОВАНИЯ ТОВАРОВ

Объектом разработки является портативная система сканирования товаров, устанавливаемая на покупательскую корзину/тележку, позволяющая покупателям самостоятельно осуществлять сканирование товаров и без очередей на кассе оплачивать покупки.

Цель работы — разработка схемотехнических решений и программного обеспечения, позволяющих производить покупателям самостоятельное сканирование товара портативным устройством, встроенным в корзину/тележку.

На момент начала разработки и по сей день на рынке из реализованных решений существовали только стационарные системы самостоятельного сканирования, что не разрешало проблему очередей.

Исходные положения разработки темы:

- Необходима портативная система, которую можно встроить без особых конструктивных изменений в обычную покупательскую корзину/тележку
- Устройство должно иметь дисплей для вывода цены, стоимости и опциональной возможности вывода рекламы
- Устройство должно быть связано с главным терминалом-кассой беспроводным интерфейсом
- Покупательская корзина/тележка должна иметь возможность автономной работы не менее 12 часов
- База подзарядки для устройств должна обеспечивать их эргономичную установку (одна в одну) и оперативную подзарядку

Реализация заявленной интеллектуальной корзины/тележки позволит решить проблему очередей и обеспечить высокую экономическую эффективность для магазина.

Распознавание товара будет осуществляться при помощи беспроводного сканера штрих-кодов. Сканер связан с системой подсчёта количества товаров, положенных в корзину и общей стоимости покупок. На сканере штрих-кодов предусмотрен легкодоступный переключатель, с помощью которого будет возможно осуществить вычитание цены товара, если потребитель вдруг передумал его приобретать. Переключатель даёт возможность основной системе выбирать между алгоритмами записи в перечень покупок, считанного

товара. В качестве сканера для опытного образца использовался сканер Viotech VT2209 имеющий следующие технические характеристики:

- Напряжение питания: 5v/3.3v+/-10%x100mA
- Тип сканирования: линейное
- Источник: 650 мм лазерный диод
- Ширина поля: 35 см
- Разрешение: 3.3mil
- Скорость сканирования: 200 скан/сек
- Вероятность ошибки: 1/500million, 1/2000million
- Угол сканирования: горизонтальный 45°, вертикальный 60°
- Ресурс кнопки: 1 million
- Рабочая температура: 20°C to 50°C
- Температура хранения: 40°C to 70°C
- Влажность: 5% - 95% (Non-condensing)
- Интерфейсы: USB-HIDE, USB-COM
- Память: 200 ШК EAN-* Дроп-тест: 1.8m
- Символы: UPC/EAN, UPC/EAN с расширением, Codabar, UCC/EAN128, Code39, Code39 Full ASCII, Code93, MSI, industrial/Intel Leaved 2 of 5, Codell, ISBN, ISSN, Chinapost

Сканер необходимо было доработать для применения в портативной системе и на основании полученных результатов начать изготовление подходящего сканера.

Также в корзине предусмотрен дисплей, на котором выводится информация о просканированном товаре и итоговая стоимость всех товаров, находящихся в корзине. Размещение дисплея на корзине очень удобно, особенно в тех случаях, когда возникает необходимость узнать цену товара, ведь часто из-за огромного ассортимента сложно найти нужный ценник.

Вся система работает от Li-ion аккумулятора. Выбор аккумулятора обоснован необходимостью обеспечения длительной автономной работы устройства. Li-ion аккумуляторы отлично подходят для решения поставленной задачи в связи с:

- Высокой энергетической плотностью (ёмкостью)
- Низким саморазрядом
- Не требуют обслуживания

Также Li-ion аккумуляторы можно заряжать достаточно большими токами, что позволяет делать подзарядку интеллектуальной покупательской корзины/тележки достаточно быстрым.

Среднестатистический поход в магазин составляет не более часа, но даже в случае многочасового похода по магазину заряда аккумулятора хватит сполна. Заряд аккумулятора осуществляется посредством установки корзины на специальную базу. Корзины на базе устанавливаются максимально эргономично (одна в одну) за счёт контактных площадок, размещённых по углам дна. Заряд осуществляется через специализированную микросхему для Li-ion аккумуляторов. В качестве микросхемы выбрана STC4054 как

достаточно доступная и дешёвая, что делает её привлекательной для использования в серийной продукции. Типовая схема подключения микросхемы STC4054 представлена на рисунке 1.

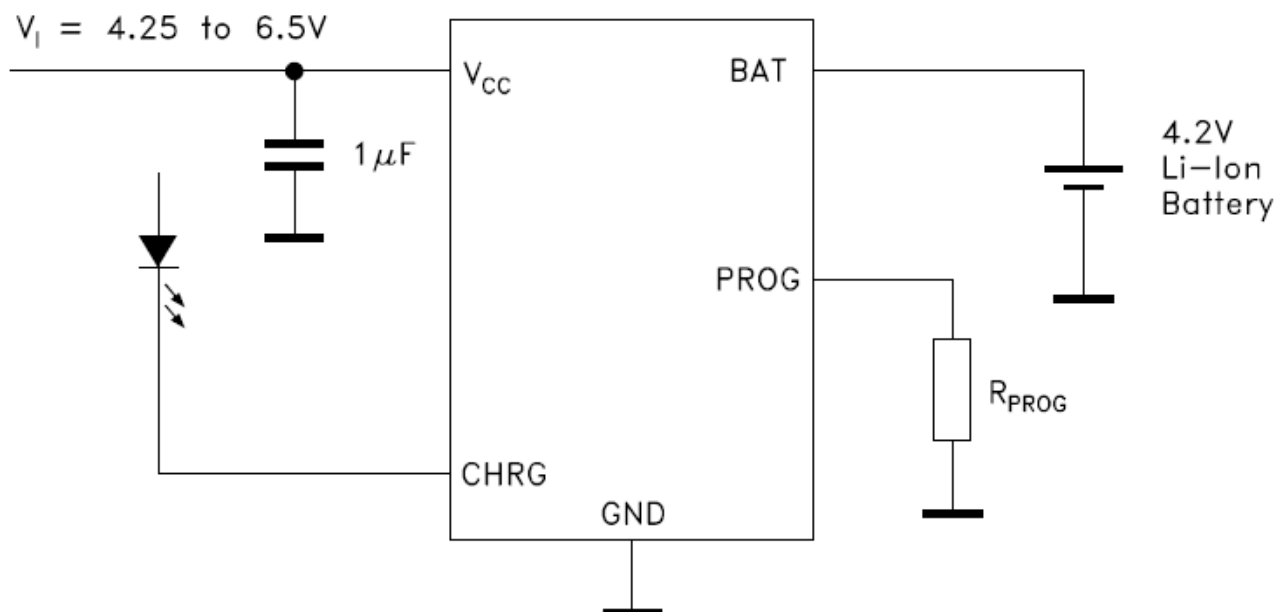


Рисунок 1 — Типовая схема подключения STC4054

Из рисунка видно, что кроме доступности микросхемы, для управления заряжаемыми аккумуляторами с помощью неё, требуется очень малое количество дополнительных элементов, что упрощает разводку печатной платы для базы подзарядки.

Каждая корзина пронумерована и связана с программой на компьютере модулем радиосвязи.

Ключевой задачей проекта является разработка программного обеспечения, как на само устройство, так и на главный терминал (т.е. разработка пользовательского интерфейса).

Программа на устройстве осуществляет выгрузку информации об отсканированных товарах на главный терминал, когда на него приходит соответствующая команда. Устройство выводит цену и стоимость на дисплей. Также благодаря программному обеспечению, переключив тумблер, можно вынуть из корзины/тележки товар, который был отсканирован ранее, но по каким либо причинам, приобретаться не будет.

Программа, установленная на главном терминале, сортирует корзины по номеру и статусу (корзина активна или в режиме зарядки\ожидания). В любой момент можно просмотреть данные по каждой корзине. Когда покупатель подойдет к кассе для оплаты товара, оператору (кассиру) необходимо лишь выбрать корзину из предоставленного списка, принять оплату и выбить чек. При таком усовершенствовании роль кассира несколько снижается, но вместе с тем и облегчается его работа.

Таким образом, реализована функция, благодаря которой, покупатель может самостоятельно сканировать товары без участия в этом процессе кассира.

В результате разработана портативная система, встраиваемая в покупательскую корзину/тележку, при этом практически не увеличивающая её вес и не вносящая серьёзных изменений в конструктивные особенности, а также не предъявляющая особых требований к эксплуатации.

Для магазина выгода очевидна в большем товарообороте за счёт повышения пропускной способности. Были проанализированы затраты требуемые на обустройство кассы и на среднюю месячную зарплату продавца-кассира. При использовании встраиваемой в покупательскую корзину системы распознавания товара, отпадает необходимость создания множества кассовых мест, что очевидно экономически выгодно. Не придётся также привлекать множество сотрудников на работу кассиром, достаточно будет не более двух работников принимающих оплату за товар.

Покупателю выгодно в плане независимости времени нахождения возле кассы от количества взятых им товаров (это время будет затрачено лишь на оплату). Также не стоит забывать о преимуществах наличия в системе дисплея (ценник любого товара не придётся долго искать среди великого множества других ценников, что снова даёт экономию во времени). Делать покупки станет гораздо проще – не нужно держать в голове цену каждого товара и с калькулятором подсчитывать итог. Выведение итоговой стоимости на дисплей даёт возможность легко подготовить деньги для оплаты заранее. Отпадает необходимость на кассе проверять чек, так как все операции подсчёта оказываются открытыми для потребителя. В связи с самостоятельным осуществлением сканирования товара без участия кассира исчезает возможность обчёта недобросовестным работником.

Новизна заключается в альтернативном подходе к решению проблемы скопления людей возле касс и стационарных аппаратов сканирования.

Литература

1. Арманд В. А., Железнов В. В Штриховые коды в системах обработки информации <http://www.retail.ru/biblio>
2. Технологии считывания штрих-кода – статья, дата публикации 21.08.2008 <http://www.barcoding.ru/1>

*А.А. Пеньков, доцент, к.т.н; А.А. Шнеур, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

В основе работы любого электронного устройства лежат различные преобразования электрической энергии, поэтому для обеспечения нормального функционирования таких устройств прежде всего необходимы источники энергии. На сегодняшний день на долю источников электропитания приходится от 30 до 70% общей массы и объема аппаратуры РЭА.

Импульсные блоки питания обладают высоким КПД (до 98%), небольшим весом за счет того, что при повышении частоты можно использовать трансформаторы меньших размеров при той же передаваемой мощности. Помимо этого импульсные источники питания допускают широчайший диапазон питающего напряжения, что очень полезно при нестабильности

питающей сети. К тому же, современные импульсные источники дешевы, особенно по сравнению с линейными источниками питания, цены на которые существенно поднялись вследствие уменьшения их тиражности.

Однако использование импульсного источника питания далеко не всегда является оптимальным схемотехническим решением. На его выходе обязательно присутствует высокочастотный шум, в то время как линейные источники питания «шумят» на два, а то и три порядка меньше (рис.1). Помимо этого, линейные источники характеризуются меньшим временем восстановления при скачкообразных изменениях входного напряжения или тока нагрузки, нежели импульсные (рис.2).

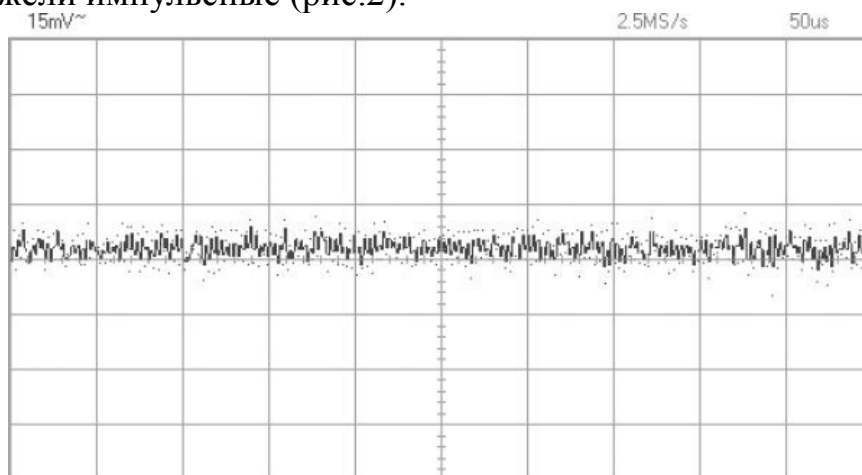


Рисунок 1— Осциллограмма напряжения на выходе линейного источника

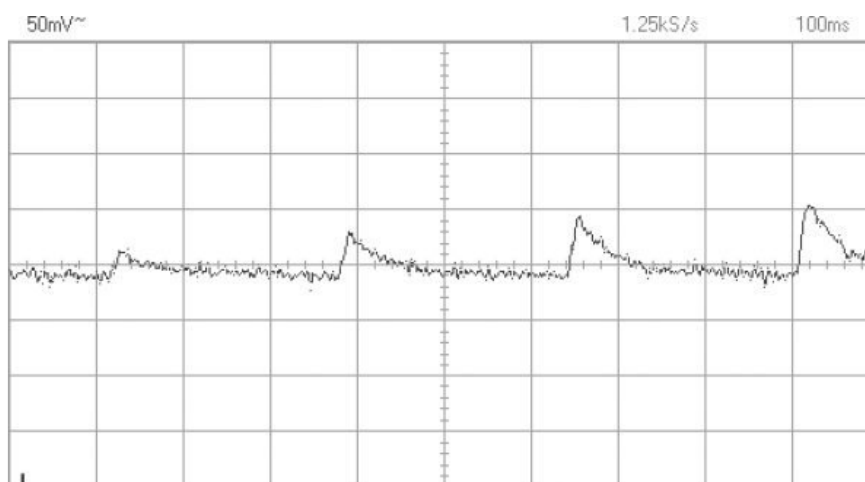


Рисунок 2 — Осциллограмма напряжения на выходе импульсного источника

Таким образом, из сравнительного анализа характеристик источников питания обоих типов, становится очевидным, что линейные источники использовались и будут использоваться в тех случаях, когда необходимо иметь очень высокое быстродействие при скачках в нагрузке и низких уровнях пульсаций и помех.

Как следствие, актуальность разработки линейных источников питания с сохранением всех их полезных свойств, но более низкой себестоимостью, очевидна. Именно снижение цены для потребителя позволит линейным источникам снова успешно конкурировать с импульсными.

Целью данного проекта является разработка и анализ линейного источника питания с использованием серийного унифицированного многообмоточного трансформатора. Применение унифицированного трансформатора вместо заказного и позволяет значительно понизить себестоимость источника питания. В качестве исследуемой схемы рассматривалась схема многоканального источника питания (рис.3), где ТР — силовой трансформатор, С_{ТУ} — линейный стабилизатор, а «Нестаб 1» и «Нестаб 2» — два нестабильных канала.

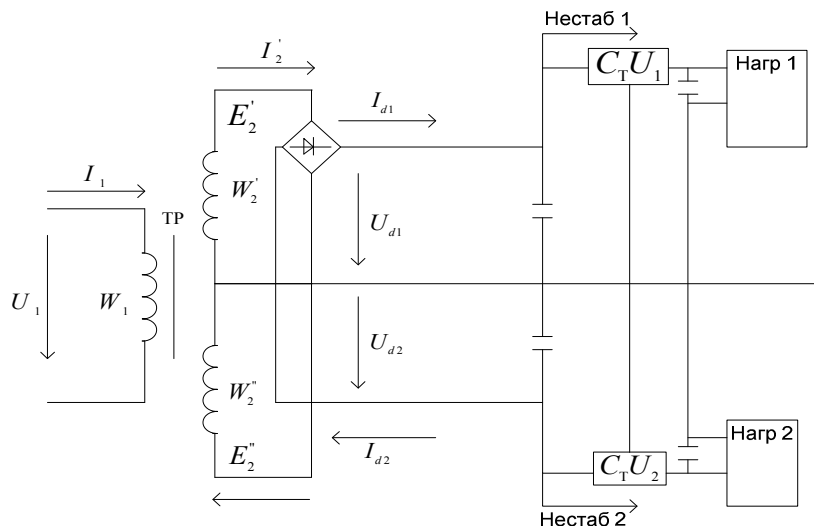


Рисунок 3 — Структурная схема многоканального источника питания

Данный источник питания рассчитан с помощью метода Терентьева и приближенного метода, благодаря применению которых можно с достаточной точностью рассчитать и в последствии изготовить трансформатор. Результаты вычислений сведены в таблицу 1.^[1]

Табл. 1 — Сравнительный расчет параметров

Расчет методом Терентьева Канал 1	Расчет приближенным методом Канал 1	Расчет методом Терентьева Канал 2	Расчет приближенным методом Канал 2
$I_2 = 0,56 \text{ A}$	$I_2 = 0,75 \text{ A}$	$I_2 = 0,25 \text{ A}$	$I_2 = 0,4 \text{ A}$
$E_2 = 10,54 \text{ В}$	$E_2 = 9,35 \text{ В}$	$E_2 = 14,5 \text{ В}$	$E_2 = 11,5 \text{ В}$
$C = 1271,2 \text{ мкФ}$	$C = 2398 \text{ мкФ}$	$C = 405,7 \text{ мкФ}$	$C = 8156 \text{ мкФ}$
$I_{\max} = 1,7 \text{ A}$	$I_{\max} = 4,24 \text{ A}$	$I_{\max} = 0,76 \text{ A}$	$I_{\max} = 1,84 \text{ A}$

В соответствии со скорректированными расчетами был подобран трансформатор, выбраны выпрямительные диоды, конденсаторы, резисторы и радиатор. Правильность подбора элементной базы, а следовательно, и произведенных математических расчетов, была проверена в программе схемотехнического моделирования Micro-Cap 10 (рис.4).^[2]

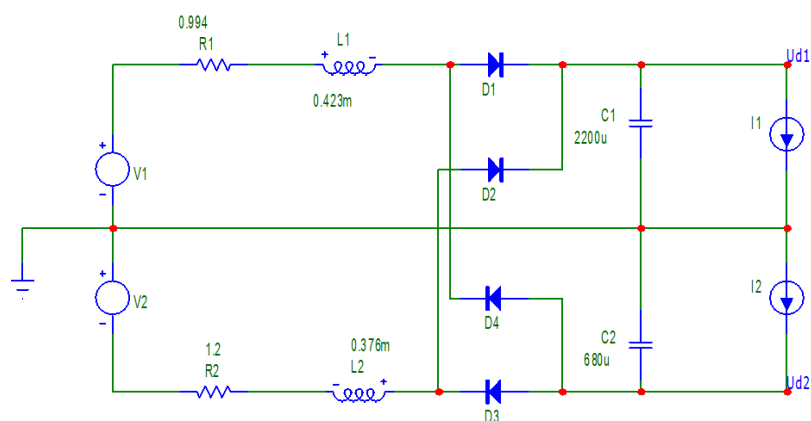


Рисунок 4 — Модель многоканального источника питания, реализованная в программе схемотехнического моделирования Micro-Cap 10

Полученные благодаря анализу схемы в программе схемотехнического моделирования внешние характеристики первого (рис.5) и второго каналов (рис.6) полностью удовлетворяют ожиданиям и подтверждают тем самым правильность проведенных математических расчетов.

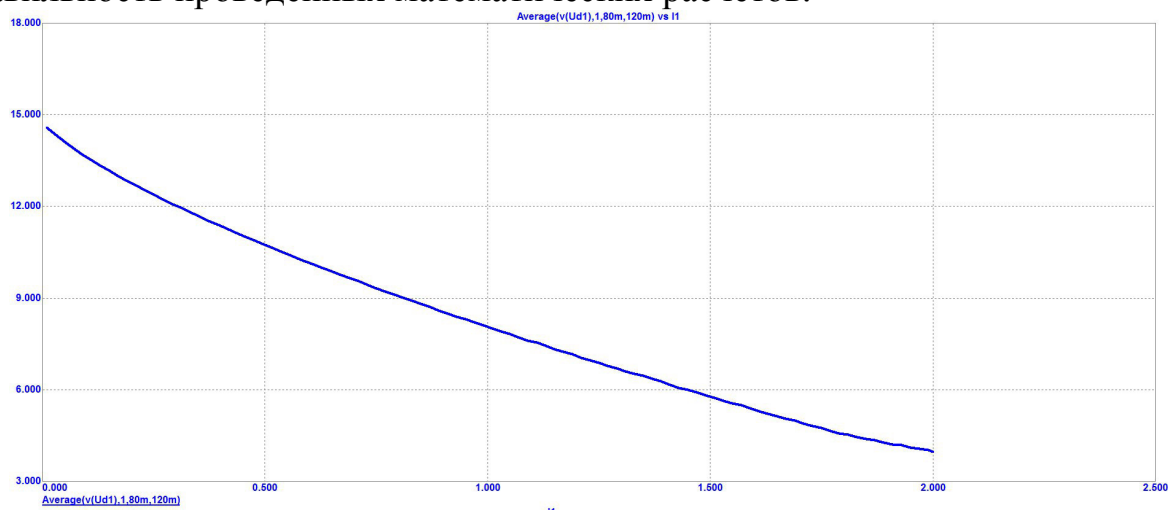


Рисунок 5 — Внешняя характеристика первого канала многоканального источника питания, полученная в программе Micro-Cap 10

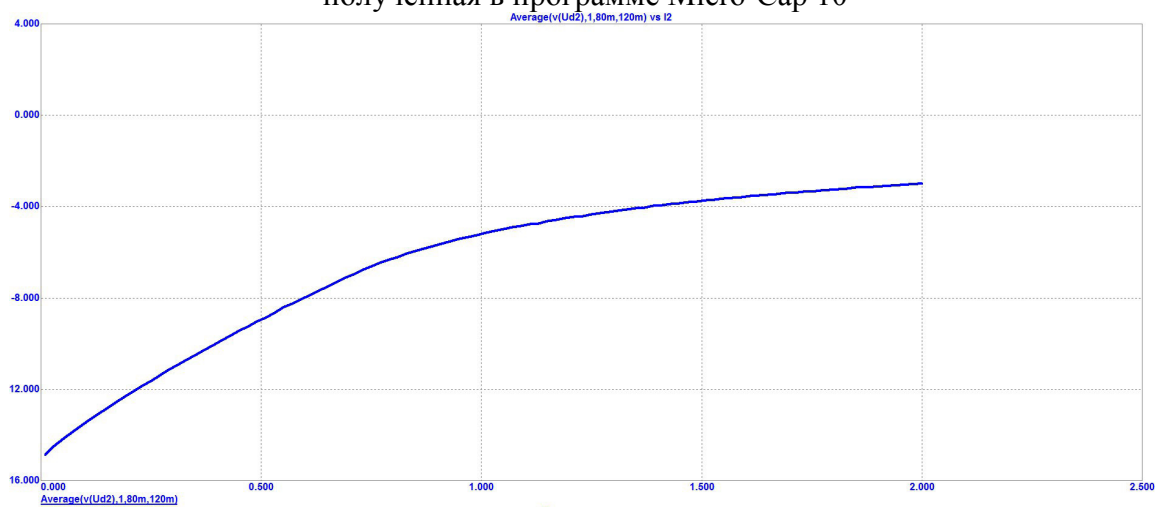


Рисунок 6 — Внешняя характеристика второго канала многоканального источника питания, полученная в программе Micro-Cap 10

Как видно из анализа переходных процессов (рис. 7), выход на режим происходит равен 20 мс.

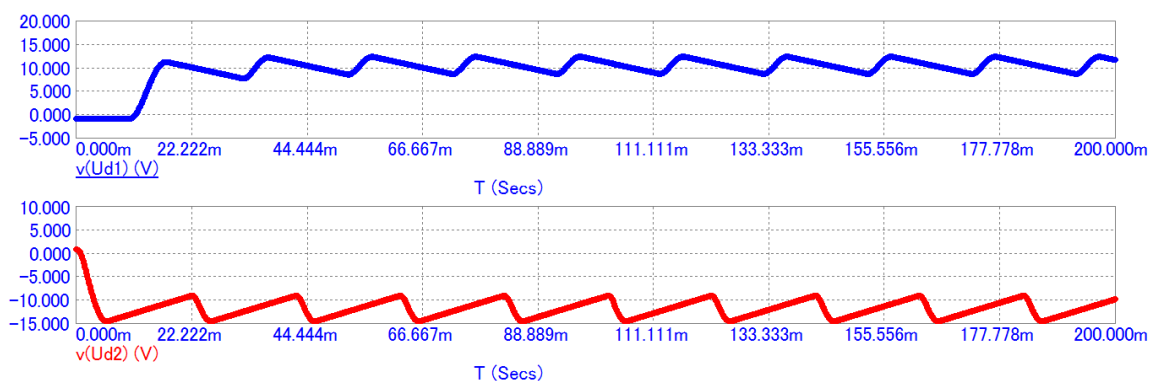


Рисунок 7 — Анализ переходных процессов первого и второго каналов, полученный в программе Micro-Cap 10

Таким образом, разработанная схема является работоспособной и удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям.

Литература

1. Абраменкова И.В. Проектирование и расчет линейных источников питания устройств промышленной электроники [Текст]: учебное пособие по курсу «Основы преобразовательной техники» / И.В. Абраменкова, А.О. Ширяев. – Смоленск: РИО филиала ГОУВПО «МЭИ(ТУ)» в г. Смоленске, 2008. – 72 с.
2. Нефёдов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги [Текст]. Справочник в 12 т. Т. 9 / А.В. Нефёдов – М.: ИП Радио Сфот, 2001 – 512 с.

*Е.А. Пирожникова, студ.; Л.Л. Лямец, к.т.н., доц.
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске, г. Смоленск)*

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЛЕНИЯ НА ДВОИЧНОМ СУММАТОРЕ ЧИСЛА С ФИКСИРОВАННОЙ ЗАПЯТОЙ

В доступных учебниках и технической литературе описаны различные алгоритмы деления двоичных чисел, но приведенные алгоритмы в основном содержат математический аппарат без привязки его к исполнению в реальных устройствах цифровой техники.

В учебном процессе важно не только объяснить математическую сущность алгоритмов, но и показать их практическое выполнение, например, с использованием двоичного сумматора.

Для того, что произвести деление на двоичном сумматоре дополнительного кода (ДСДК) с восстановлением остатка, необходимо перевести числа из десятичной системы счисления перевести в двоичную, причем, операнды преобразуются по следующим правилам:

Делимое – число в прямом коде с положительным знаком, даже если исходный был отрицательный.

Делитель – число в дополнительном коде, знак которого – отрицательный.

Число для восстановления остатка – делитель в прямом коде с положительным знаком.

Последовательность выполнения операции деления:

Начиная со старших разрядов складываем делимое и делитель. Затем анализируем знак промежуточного результата.

Если знак положительный:

1. В регистр rgC , начиная со старшего разряда, записывается 1.
2. Остаток сдвигается на один разряд влево (перенос точки на один разряд вправо).

3. Сносится разряд делимого, который еще не принимал участие в операции. Промежуточный остаток готов к следующей операции.

Если знак отрицательный:

1. В регистр rgC , начиная со старшего разряда, записывается 0.
2. Восстанавливается остаток, прибавляя к нему число для восстановления остатка $B_{вос}$.
3. Остаток сдвигается на один разряд влево (перенос точки на один разряд вправо).
4. Сносится разряд делимого, который еще не принимал участие в операции. Промежуточный остаток готов к следующей операции.

При работе на ДСДК единица, указывающая на переполнение разряда, не участвует в вычислениях.

Знак будущего результата деления определяется заранее с помощью логической операции «Сумма по модулю 2» для исходных чисел [1].

Рассмотрим пример вычислений:

Дано: $A=-144$, $B=12$. Найти: $C=A/B$.

Представляя числа в прямом двоичном коде, необходимо выделить два разряда для хранения знака числа и регистрации переполнения разряда. Эти специальные разряды записываются слева от исходного числа, при этом отделяются точкой. Для положительных чисел записывается 00, а для отрицательных – 11.

$A_{пр}=11.10010000$ – прямой код, исходный знак отрицательный.

$A_{пр}=00.10010000$ – знак меняется на положительный.

$B_{пр}=00.1100$ – прямой код, исходный знак положительный.

$B_{пр}=11.1100$ – прямой код, знак меняется на отрицательный.

$B_{обр}=11.0011$ – обратный код.

$B_{доп}=11.0100$ – дополнительный код.

$B_{вос}=00.10$ – число для восстановления остатка.

$SgC = SgA + SgB = 1 + 0 = 1$ – результат отрицательный.

$+ \quad 00.10010000$	– делимое
$\quad 11.0100$	– складывание с делителем
$\quad 11.1101$	– знак остатка 11 - в rgC запишем 0.
$+ \quad 00.1100$	– восстановление остатка
$\quad 00.1001$	– остаток восстановлен
$+ \quad 01.0010$	– сдвиг, снос разряда из делимого
$\quad 11.0100$	– складывание с делителем
$\quad 00.0110$	– знак остатка 00 - в rgC записывается 1.
$+ \quad 00.1100$	– сдвиг, снос разряда из делимого
$\quad 11.0100$	– складывание с делителем
$\quad 00.0000$	– знак остатка 00 - в rgC записывается 1.
$+ \quad 00.0000$	– сдвиг, снос разряда из делимого
$\quad 11.0100$	– складывание с делителем
$+ \quad 11.0100$	– знак остатка 11 - в rgC записывается 0.
$\quad 00.1100$	– восстановление остатка

$$\begin{array}{r}
 00.0000 \\
 + 00.0000 \\
 \hline
 11.0100 \\
 + 11.0100 \\
 \hline
 00.1100 \\
 00.0000
 \end{array}$$

- остаток восстановлен
- сдвиг, снос разряда из делимого
- складывание с делителем
- знак остатка 11 - в prC записывается 0.
- восстановление остатка
- операция окончена. $prC = 01100$

Регистр: $prC=01100$.

Знак: $SgC=1$.

$Спр=11.01100=11.1100$ – в прямом двоичном коде.

$C=-12$ – результат в десятичной системе счисления.

Реализация деления возможна с помощью двоичных сумматоров обратного или дополнительного кода. Для хранения делителя, делимого и накопления очередных разрядов частного выделяются регистры. Минимальный состав блоков, необходимый для выполнения делений, показан на рисунке 1 в двух вариантах. Варианты отмечаются способом реализации сдвига. В варианте (а) осуществлен сдвиг содержимого регистра делителя, а в варианте (б) – сдвиг содержимого сумматора. Стрелки на рисунке указывают направление сдвига. Индекс (n) указывает ориентировочное количество разрядов в цифровой части сумматора и регистра делителя [2].

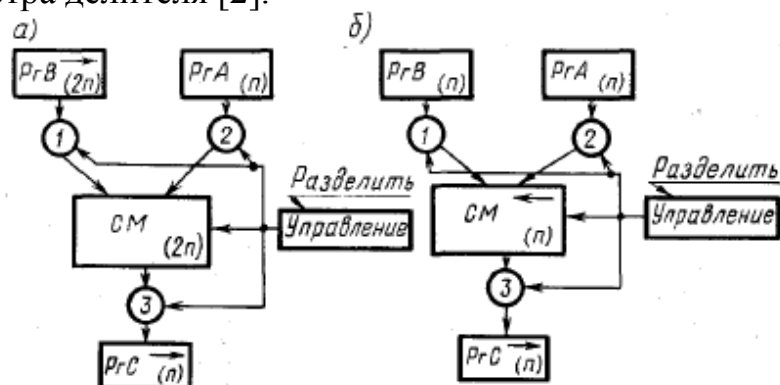


Рисунок 1 – Структурные схемы для реализации деления

Деление на двоичном сумматоре дополнительного кода с восстановлением остатка можно использовать в учебном процессе, направленном на понимание происходящих процессов в реальных цифровых устройствах. Описанный алгоритм может быть положен в основу создания демонстрационной модели с использованием программных продуктов. Это позволит формировать у обучающихся теоретические знания, подкрепленные примером их практического применения в цифровых устройствах.

Литература

1. Лехин С. Н. Схемотехника ЭВМ. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 672 е.: ил.
2. Савельев А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов: Учеб. для вузов по спец. ЭВМ. — М.: Высш. шк., 1987. — 272 с.: ил.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРОВ С БИОСИНХРОНИЗАЦИЕЙ

Физиотерапия в настоящее время занимает одно из ведущих мест в медицинской практике лечебных процедур. В качестве факторов физического воздействия используется электрический ток, магнитные и электромагнитные поля, различного частотного диапазона, включая оптический и ультразвуковой диапазон.

Наибольшее распространение получили диадинамические электростимуляторы, работа которых основана на воздействии на кожный покров пациента низкочастотных импульсов тока малой величины. Одним из первых отечественных приборов этой серии является «Тонус 1» [1], предназначенный для лечения болевых состояний, возникших в результате растяжений, травм, а также различных нервно-мышечных заболеваний и болевых состояний со спазмами мышц. Прибор представляет собой источник непрерывного импульсного тока синусоидальной формы (частотой 50 и 100 Гц) и различных посылок этого тока, отличающихся по длительности, числу и частоте импульсов, форме нарастания и спада амплитуды. Эффективность прибора подтверждается тем, что его выпуск с некоторыми модернизациями («Тонус 2», «Тонус ДТГ») продолжается до настоящего времени. Дальнейшая модернизация приборов коснулась, прежде всего, выбора формы сигнала воздействия, типов модуляции сигналов по амплитуде и частоте, увеличения числа каналов ("Миоритм-040").

Известно, что электропроводность ткани организма имеют емкостную составляющую, обусловленную поляризационными процессами. Следствием этих свойств является то, что форма импульсов, проходящих через ткань, может отличаться от формы импульсов приложенного напряжения. Эта форма носит характер экспоненты, постоянная времени которой зависит от степени развития в мышцах дегенеративных процессов. Очевидно, что, если обеспечить оперативный контроль постоянной времени сигнала воздействия под электродом и в соответствии с этим изменять длительность стимулирующего импульса можно повысить терапевтическую эффективность лечения.

Примером такого прибора, использующего указанный эффект, может служить электростимулятор противоболевой с автоматическим биорегулированием длительности стимула «ЭЛИМАН-401» [2]. Прибор представляет собой генератор импульсного тока для формирования последовательности электрических импульсов дозированной амплитуды с целью противоболевой электростимуляции. Принцип действия электростимулятора основан на получении эффекта обезболевания, возникающего при электрическом раздражении неноцицептивных структур, иннервирующих зону очага боли. Особенностью данного прибора является наличие автоматической установки длительности стимула в зависимости от значения постоянной времени релаксации тока в тканях под электродами.

Автоматическая установка длительности стимула позволяет создать оптимальные условия для чрескожной электростимуляции, а периодическая подстройка длительности в течение длительного воздействия способствует преодолению процессов адаптации. Микроконтроллер измеряет и запоминает время от окончания стимула до момента достижения им уровня 0.37 от амплитудного значения, что соответствует постоянной времени тока стимуляции.

Функцию автоматизированной электродиагностики, которая позволяет определять оптимальные режимы воздействия и осуществлять контроль эффективности процедур обеспечивает электронейростимулятор с автоматизированной диагностикой "Магнон-29Д". Аппарат имеет два канала, которые могут работать как независимо друг от друга, так и скоррелировано. Возможны различные типы корреляции: от простейших типа "бегущая волна" до сложномодулированной интерференции. При независимой работе каналов возможно одновременное воздействие на два участка с различной чувствительностью или двух пациентов. Прибор обеспечивает проведение автоматизированной хронаксиметрической электродиагностики, позволяющей оценить эффективность терапевтического воздействия сразу после окончания процедуры (определяются значения хронаксии и реобазы), что важно для проведения дальнейших лечебных мероприятий. "Магнон-29Д" допускает также проведение диагностики непосредственно в ходе терапевтической процедуры, что дает возможность оперативно корректировать параметры воздействия [3].

Относительно новым способом чрескожной электронейростимуляции является динамическая электронейростимуляция (ДЭНАС) [5, 6], заключающаяся в воздействии на прямую проекцию патологического очага или на определенные активные рефлексогенные зоны и акупунктурные точки короткими импульсами электрического тока низкой частоты, переменного направления, постоянного напряжения (импульсный ток), постоянно реагирующими трансформацией своей формы на изменение сопротивления кожи в подэлектродной зоне. Каждый последующий импульс в «пачке» отличается от предыдущего, так как постоянно меняется сопротивление кожи. Такое, постоянно меняющееся воздействие электрическим импульсом вызывает раздражение чувствительных нервных окончаний кожи и изменение сопротивления кожи под электродом аппарата из-за изменения электрического сопротивления в подэлектродной зоне. Благодаря этому не развивается феномен аккомодации (привыкание к процедурам) и практически отсутствуют противопоказания.

Однако во всех этих приборах отсутствует синхронизация сигналов воздействия с естественными биоритмами человека, от которых зависит не только величина ответной реакции, но даже ее знак [6]. Исследования показали, что обменные процессы в клетке, ее энергетика в значительной мере синхронизированы с ритмами пульса и дыхания, что и позволило использовать эти ритмы в качестве обратной связи при создании метода биохронотерапии разработанного академиком РАЕН, заведующим лабораторией хронобиологии

НИИ физики Ростовского госуниверситета С.Л. Загускиным. На основании этого метода разработаны и серийно выпускается целая гамма аппаратов хронодиагностики и биоуправляемой хронофизиотерапии [7], такие как аппарат “Гармония” для электрофореза, лазерной и электротерапии (МГП “ОЭМС” Москва), аппарат “РИКТА-био” для магнитолазерной терапии, аппарат лазерной терапии «Мустанг-2000 БИО») с биоуправлением по сигналам с датчиков пульса и дыхания.

Синхронизация физиотерапевтического воздействия электрических сигналов с фазами увеличения кровенаполнения ткани в фазе систолы и максимального наполнения кислородом в фазе вдоха приводит к усилению энергообеспечения клеток, которыми открываются капилляры, усиливается диффузия кислорода, что позволяет повысить лечебный эффект проводимых процедур. В фазах выдоха и диастолы мощность сигналов воздействия должна быть минимальной, а в фазах вдоха и систолы (наиболее благоприятный момент воздействия) достигают максимального значения, установленного перед процедурой. Стабильность лечебного эффекта в режиме биоуправления объясняется сохранением нормализованного спектра ритмов кровотока.

Рассмотрим принцип биоуправления для электротерапии диадинамическими токами на примере простейшего однополупериодного ритмического режима работы [1], характеризующегося периодической сменой импульсных сигналов воздействия с заданным периодом следования – в первом полупериоде подается пачка импульсов заданной формы, а во втором сигнал воздействия снимается. В существующих приборах временные интервалы формируются от независимого тактового генератора и не связаны с длительностью биоритмов.

Синхронизацию физиологического воздействия электрических импульсов с сердечным ритмом можно обеспечить за счет использования сигналов, снимаемых с датчика пульса $U_{дп}$. При этом сигнал воздействия $U_{св}$ формируется только течение полупериода T_c , соответствующего систоле сердечного ритма, а в полупериоде T_d , соответствующего диастоле сигнал воздействия снимается (рис.1) [8].

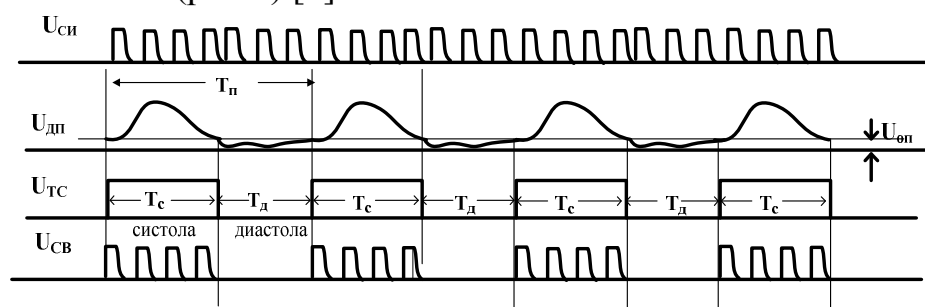


Рисунок 1. — Синхронизация импульсов электростимуляции с сердечным ритмом в режиме однополупериодной ритмической работы.

Функцию управления работой электростимулятора выполняет микроконтроллер (рис. 2) . Он же программно по выбору врача задает форму, длительность и частоту следования стимулирующих импульсов $U_{си}$.

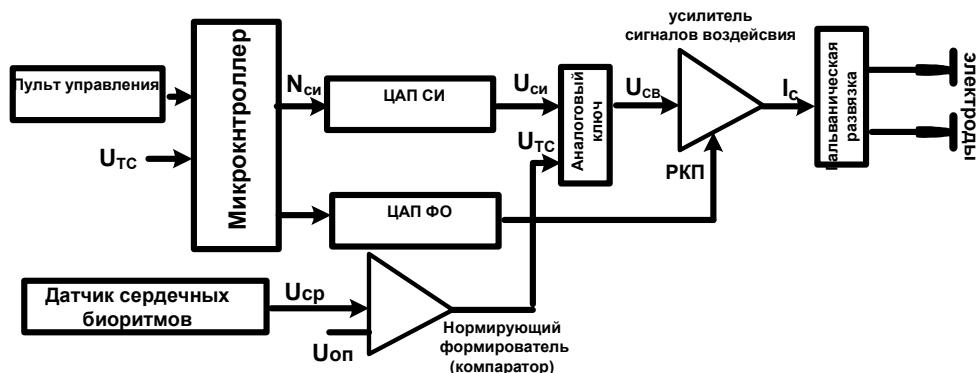


Рисунок 2. — Структурная схема динамического электростимулятора с биосинхронизацией сердечными биоритмами.

Цифровой код $N_{СИ}$, формируемый контроллером, преобразуется в аналоговую форму $U_{СИ}$ цифро-аналоговым преобразователем стимулирующих импульсов (ЦАП СИ). Наиболее распространенными являются прямоугольные стимулирующие импульсы с экспоненциальным спадом (рис.3)

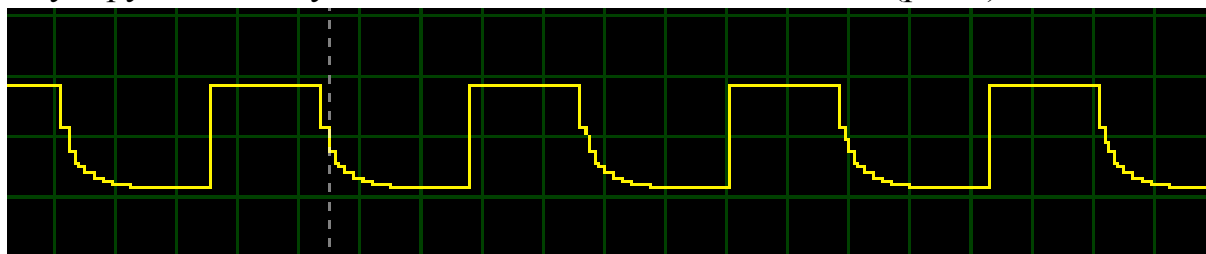


Рисунок 3. — Пример осциллограммы программно сформированных стимулирующих импульсов

Сформированные таким образом стимулирующие импульсы поступают на вход аналогового ключа, управляемого импульсами $U_{ТС}$, длительность которых соответствует активной фазе систолы. Импульсы $U_{ТС}$ снимаются с выхода нормирующего формирователя (аналогового компаратора) на один из входов которого подаются сигналы с выхода датчика сердечных биоритмов, а на другой некоторое опорное напряжение $U_{оп}$. Величина опорного напряжения выбирается из условия исключения влияния некоторых пульсаций сигнала датчика во время диастолы. Сформированный таким образом сигнал $U_{ТС}$ на выходе компаратора, управляя работой аналогового ключа, будет попускать стимулирующие импульсы воздействия $U_{СВ}$ только во время активной фазы систолы. Далее полученный сигнал усиливается усилителем с токовым выходом и через устройство гальванической развязки полученный токовый сигнал I_c поступает на электроды электростимулятора.

Для обеспечения возможности обеспечения других режимов работы электростимулятора с любой формой огибающей сигнала I_c усилитель сигналов воздействия выполняется как усилитель с регулируемым коэффициентом передачи (РКП).

Задание конкретного вида стимулирующего тока $I_{ст}$, например однопериодного волнового (рис.4) , определяется совокупностью различных параметров: частотой, формой, наличием частотной, амплитудной или

смешанной модуляции, и осуществляется в соответствии с программой, хранящейся в резидентной памяти микроконтроллера.



Рисунок 4. Импульсы электростимуляции с синхронизацией сердечным ритмом в полупериодном волновом режиме работы.

Все программируемые узлы устройства (цифро-аналоговые преобразователи, счетчики/таймеры), могут быть реализованы на одном кристалле современного микроконтроллера, например STM32F37x, с микропроцессорным ядром ARMTM-Cortex-M4, с тремя встроенными цифро-аналоговыми преобразователями и семнадцатью 16 и 32-разрядными счетчиками/таймерами.

В качестве усилителя воздействия с управляемым коэффициентом передачи выбран инструментальный усилитель AD623, в цепь обратной связи которого в качестве регулируемого резистора включен JFET транзистор 2N3458. Используемый датчик пульса Pulssensor Amped имеет встроенную схемы гальванической развязки и усиления, что также упрощает схему и обеспечивает безопасность пациента.

Амбулаторные исследования подтверждают, что синхронизация электростимулирующего воздействия с сердечным ритмом пациента, позволяет достичь необходимого баланса симпатического и парасимпатического тонуса нервной системы, тем самым повысить результат лечения, улучшить переносимость процедуры.

Литература

1. Ливенсон А.Р. Электромедицинская аппаратура. М.: Медицина. 1981. –344 с.
2. Электростимулятор противоболевой с автоматическим биорегулированием длительности стимула "Элиман-401". Руководство по эксплуатации РТУ3.019.000 РЭ.
3. Электронейростимулятор с автоматизированной диагностикой "Магнон-29Д". Техническое описание
- 4.Рявкин С.Ю., Власов А.А., Николаева Н.Б. и др. Практическое руководство по динамической электронейростимуляции. – Екатеринбург : Томас пресс, 2011 – 232 с.
5. Терзи М.С., Никитина В.И. Динамическая электронейростимулирующая терапия спортивного травматизма: Учебно-метод. пособие. – Челябинск: ООО «Гармония», 2009. – 80 с.
6. Загускин С. Л. Ритмы клетки и здоровье человека – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010.– 292с.
7. Загускин С. Л. Новое поколение лечебно-диагностических устройств.. Известия Южного федерального университета. Технические науки. Выпуск № 8 / том 109 / 201
8. Хронобиология и хрономедицина: Второе издание. / под ред. Ф.И. Комарова и С.И. Рапопорта. - М.: «Триада-Х.» 2000 г.
8. Аверченков О. В., Рачин А. П., Троицкий Ю. В., Фролков О. А. Патент РФ N 2186584, кл. A61N1/00, A61B17/00 «Электростимулятор»,

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ЗАЩИЩЁННОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Во времена Второй мировой войны промежуток времени от момента поступления информации до начала исполнения принятого на основании этой информации решения составлял недели. В современных локальных конфликтах, например, в Югославии, Персидском заливе и Сирии, этот промежуток времени снизился до суток, что свидетельствует о возрастающей роли информации и тенденции снижения времени на принятие решения.

Научную формулировку процесс, начинающийся со сбора информации и заканчивающийся действием, реализующим принятое решение, получил в середине 40-х годов прошлого века. Именно в то время американец Дж. Бойд сформулировал свои идеи, в соответствии с которыми, любая деятельность в военной сфере с определённой степенью приближения может быть представлена в виде модели НОРД (OODA). В переводе на русский, это сокращение означает: Observe – наблюдай, Orient – ориентируйся, Decide – решай, Act – действуй [1].

Сегодня петля НОРД представляет собой типовую модель цикла принятия решений для систем военного, научного и практического применения, использование которой позволяет оценивать эффективность систем и определять возможный результат их конкуренции (борьбы). Например, с точки зрения конкуренции систем передачи данных и средств радиоэлектронной борьбы, наиболее эффективной окажется та система, которая быстрее сможет реализовать свой цикл Бойда (рисунок 1).

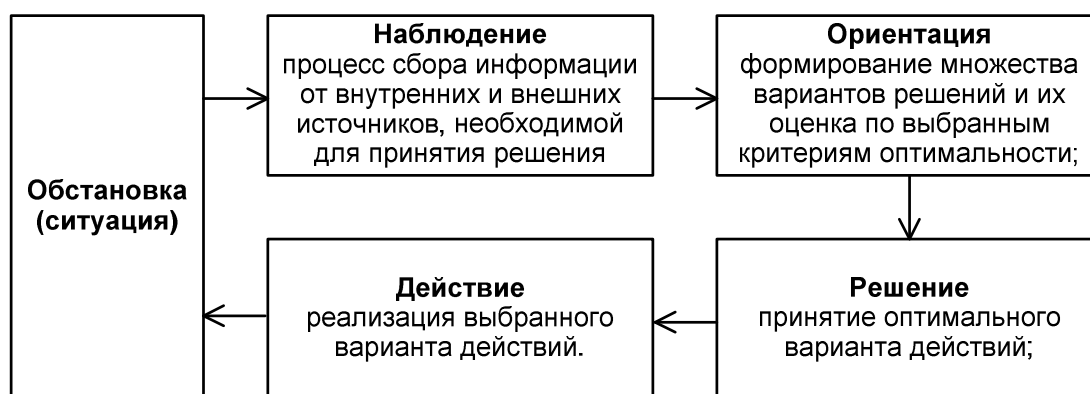


Рисунок 1 – Цикл Бойда

Система передачи данных должна успеть передать данные до того, как канал связи будет взломан (поражён) средствами радиоэлектронной борьбы или местоположение радиопередатчика будет запеленговано средствами радиоэлектронной разведке.

Таким образом, система с преимуществом в скорости выполнения цикла

Бойда способна в большинстве случаев избежать поражающего или вредоносного воздействия со стороны противника, что позволяет выделить две первичные задачи, решаемые конкурирующими системами:

1. Принятие мер по ускорению алгоритмов реализации своего цикла Бойда – снижение времени реакции системы.

2. Принятие мер по затормаживанию цикла Бойда для конкурирующей системы – повышение своей защищённости.

Снижение времени реакции в системах передачи данных достигается за счёт увеличения скорости передачи данных, например, за счёт использования сверхширокополосных сигналов [2]. Чем быстрее система передачи данных завершит цикл передачи, тем меньше вероятность её обнаружения средствами радиоэлектронной разведки. Вопросы увеличения скорости передачи данных затрагиваются во многих научных работах, в том числе, в [2] и выходят за рамки настоящей статьи.

Защищенной считается радиосистема, которая решает поставленные задачи как при наличии мешающих воздействий естественного происхождения, так и при целенаправленных действиях противника [3].

Как правило, любая система передачи данных имеет эффективную защиту от статичных мешающих воздействий (рисунок 2), но редко способна эффективно противостоять динамичным действиям противника, использующего постоянно развивающиеся системы информационного обеспечения.

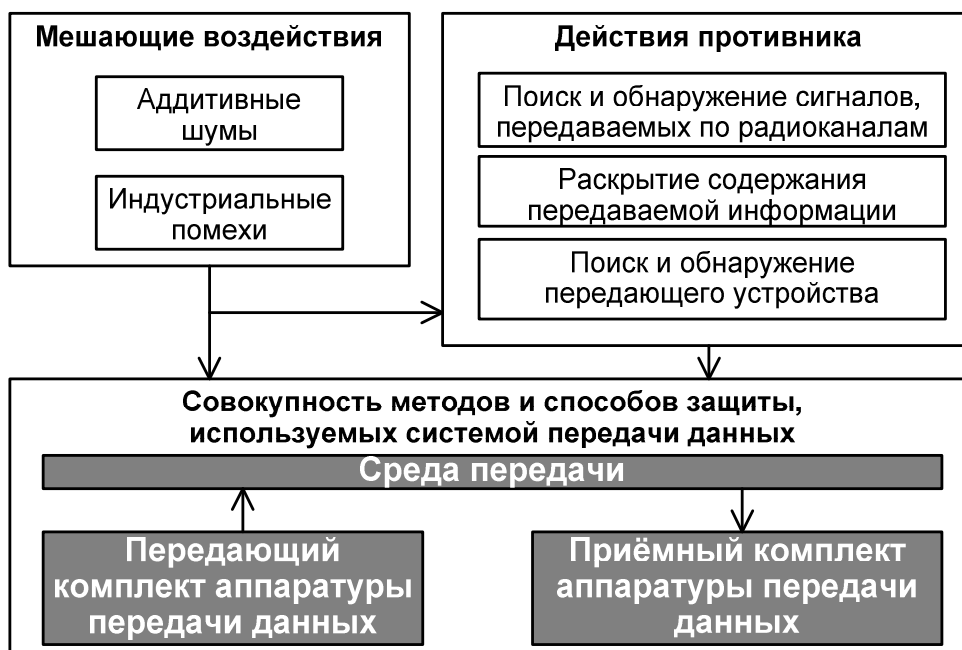


Рисунок 2 – Структурная схема взаимодействия системы радиосвязи и системы информационного обеспечения

Система информационного обеспечения в радиосвязи предназначена для оперативного получения достоверных сведений о динамическом состоянии радиоэлектронных средств путем приема и анализа их сигналов. Оценка ее

эффективности осуществляется на основе статистических характеристик обнаружения источников радиоизлучения, т.е. вероятность и время вскрытия частот источников радиоизлучения [3].

В результате моделирования оценено отношение количества радиостанций, вышедших в эфир, к общему числу корреспондентов вскрываемых радиосетей, позволяющее определить время, необходимое для анализа радиоэлектронной обстановки (рисунок 3). Как следует из рисунка, за 120 мин в эфир выйдет до 97% корреспондентов; сигналы основной части радиоэлектронных средств (порядка 65%) впервые появятся в эфире в течение первых 15 мин. [3].

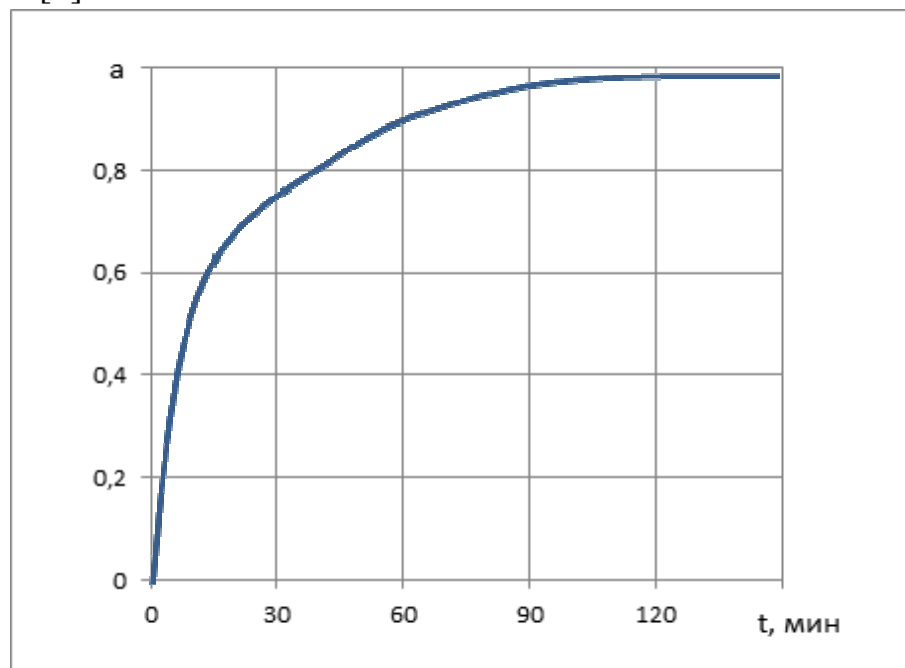


Рисунок 3 – Структурная схема взаимодействия системы радиосвязи и системы информационного обеспечения

Исходя из этого, для снижения эффективности систем информационного обеспечения и повышения защищенности системы передачи данных необходимо снижать вероятность обнаружения рабочей частоты или увеличивать время вскрытия частоты.

С точки зрения системы радиоэлектронной борьбы указанием на присутствие сигнала служит избыточная спектральная плотность мощности, добавляемая сигналами системы передачи данных к спектральной плотности мощности теплового шума. При этом средства радиоэлектронной разведки стремятся к выбору такой ширины полосы пропускания полосового фильтра, которая будет обеспечивать максимальное отношение сигнал-шум, т.е. будет максимально равна полосе сигнала системы передачи данных.

Таким образом, единственный способ снизить вероятность обнаружения системы передачи данных и, как следствие, добиться замедления выполнения цикла Бойда системой информационного обеспечения, является снижение спектральной плотности мощности за счёт расширения спектра сигналов системы передачи данных и маскировании их под спектром естественного

теплового шума:

$$q_i \approx \frac{q^2}{2\sqrt{WT}},$$

где q_i – результирующее отношение сигнал-шум на входе приёмника средства радиоэлектронной разведки;

q^2 – отношение сигнал-шум на выходе согласованного фильтра приемника защищаемой системы;

WT – частотно-временная характеристика передатчика аппаратуры передачи данных.

В заключение можно сделать вывод: наиболее актуальным способом защиты системы передачи данных от средств радиоэлектронной разведки является использование сигналов, спектр которых максимально равномерно распределён в широком диапазоне частот ниже уровня шумов. Открытым остаётся вопрос оценки степени равномерности распределения энергии сигнала в выделенном диапазоне частот

Литература

1. А. Грек. И молнии, зажатые в кулак // Популярная механика № 156, 2015.
2. Н.В. Силаев, М.А. Сеньков, А.В. Ключев. Формирование сигналов произвольной формы с помощью микрополосковых структур // Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей IV Всероссийской конференции. Том 1. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. с. 181-184
3. В.Г. Радзиевский, А.А. Сирота. Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта. М.: ИПРЖР, 2001.

Н.В. Силаев, к. т. н., доц.; А.В. Зарембо к. т. н.;

А.Ю. Утенков, курсант

(Военная академия войсковой ПВО ВС РФ г. Смоленск)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОПЛЕРОВСКИХ ПОРТРЕТОВ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЦЕЛИ

При построении доплеровских портретов (ДпП) воздушного объекта на основе натурных экспериментов важно учитывать влияние радиальной скорости и ускорения движущейся цели, проявляющееся в изменении фазового сдвига между излучёнными и отраженными сигналами. При формировании спектра пачки импульсов это приводит к смещению планерной составляющей по оси частот на значение частоты F_d [1, 2].

Помимо радиальной скорости цели на фазовую структуру отраженных сигналов существенное влияние оказывает радиальное ускорение. Оно приводит к нелинейному изменению фазы последовательности отраженных сигналов. В результате с течением времени происходит смещение планерной составляющей цели по оси частот. Кроме того, нелинейный набег фаз при наличии ускорения цели является причиной существенных искажений, проявляющихся в виде расширения планерной составляющей спектра и появления ложных частотных составляющих в ДпП.

Влияние радиальной скорости и ускорения цели при построении ДпП демонстрируют рисунки 1–3. На них приведены по три спектра самолетов Airbus A-319, МиГ-25 и Як-52, сформированные по выборкам отражений, смещенных друг относительно друга на 1 с. В пределах рассматриваемого интервала времени радиальное ускорение цели имело постоянную величину.

Проявление фазовых сдвигов в последовательности отраженных сигналов за счет радиального перемещения цели за время формирования пачки отраженных сигналов привело к тому, что гармонические составляющие спектра размазаны по частотной оси, и с течением времени (формирование спектров осуществлялось с интервалом в 1 с) происходит их смещение по оси частот. Для нейтрализации этого негативного явления, в последовательностях отраженных сигналов необходимо устранять фазовые сдвиги, обусловленные радиальным перемещением летательного аппарата (ЛА) [3, 4].

Для комплексного устранения влияния радиального ускорения a_r и радиальной скорости V_r в последовательности из K отраженных сигналов предлагается производить коррекцию их фазовой структуры. Величина компенсируемой фазы для каждого k -го импульса принятой одночастотной последовательности отраженных сигналов рассчитывается в соответствии с выражением

$$\phi_{\text{комп}}(t_k) = -\frac{4\pi}{\lambda} \left(V_r t_k + \frac{a_r t_k^2}{2} \right);$$

где $t_k = T_{\text{и}}(k-1)$ – время прихода k -го отраженного от ЛА зондирующего сигнала;

$k=1 \dots K$ – порядковый номер отраженного от цели сигнала в обрабатываемой выборке;

λ – длина волны.

Для оценки параметров радиального движения цели используется алгоритм отслеживания положения доплеровской частоты гармоники планера цели в частных спектрах отраженного сигнала. По положению гармоники планерной составляющей определяется радиальная скорость V_r , а по ее изменению с течением времени – радиальное ускорение a_r . Такая точность измерения радиальной скорости обеспечивает устойчивое размещение ДпП в области нулевых вторичных доплеровских частот. В то же время достигаемая точность измерения a_r является недостаточной для того, чтобы отсутствовали искажения РЛИ. Поэтому для точной оценки ускорения используется специальный алгоритм.

На рисунках 1–3 приведены спектры последовательностей отраженных сигналов, полученных при наблюдении самолетов на встречных курсах. При формировании этих и последующих ДпП производилось устранение влияния радиальной скорости и ускорения.

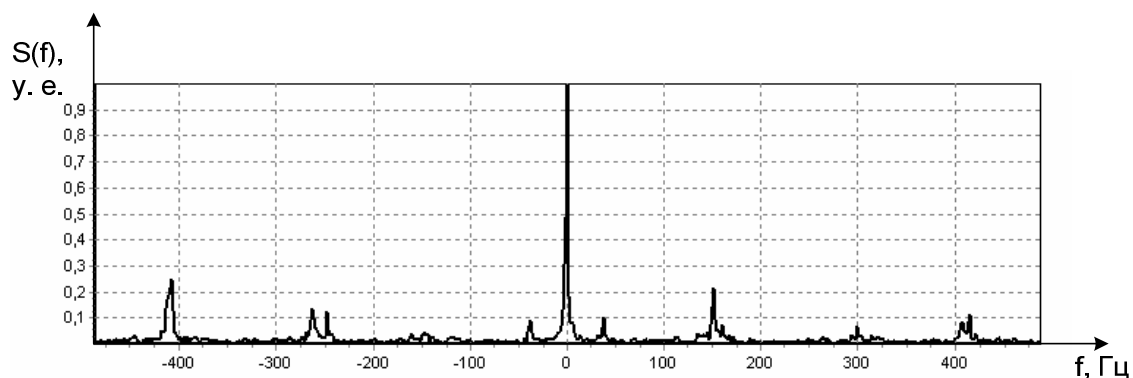


Рисунок 1 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Airbus A-319 на встречном курсе и дальности 54 км

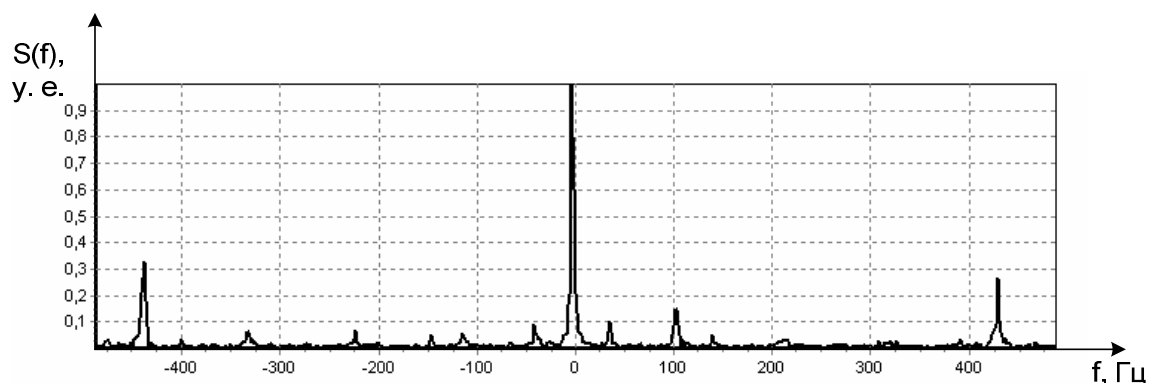


Рисунок 2 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Як-52 на встречном курсе и дальности 64,4 км

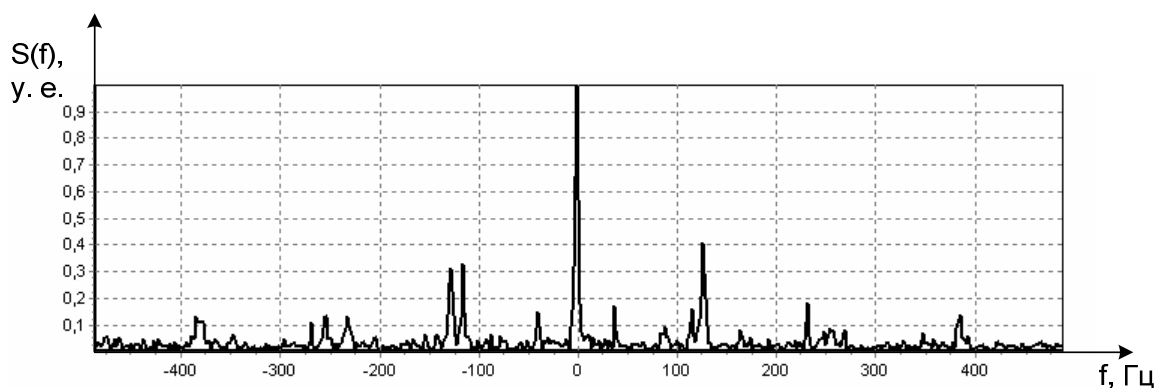


Рисунок 3 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета А-319 на встречном курсе и дальности 67,1 км

В приведенных на рисунках 1–3 ДпП летательных аппаратов, сопровождаемых РЛС на встречных курсах, кроме планерной составляющей хорошо прослеживается наличие достаточно большого количества дополнительных гармонических составляющих, имеющих малую протяженность (порядка единиц Герц) и периодически повторяющихся. По данным признакам их можно отнести к проявлению ТВЭ, вызванного отражением зондирующих сигналов от вращающихся лопаток компрессора.

На рисунках 4–6 представлены спектры последовательностей отраженных сигналов, полученных при ракурсе сопровождения, близком к 90^0 .

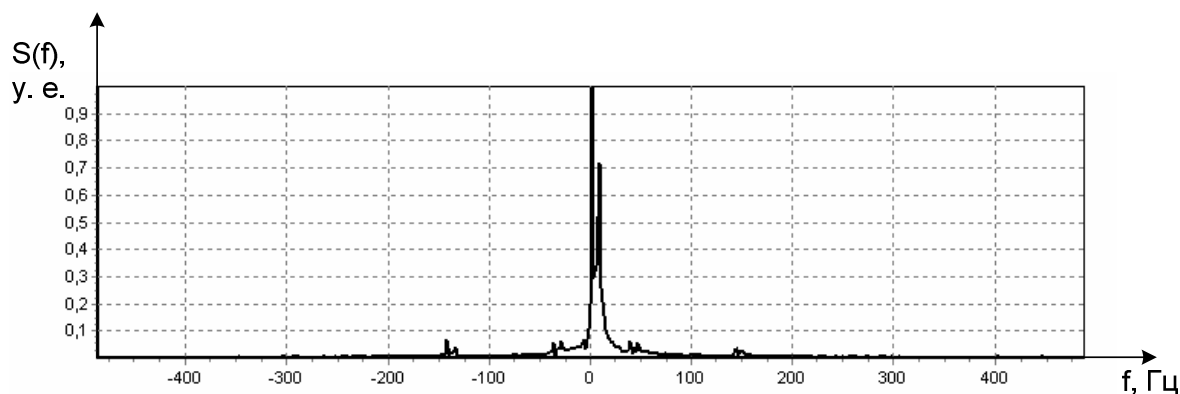


Рисунок 4 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Airbus A-319 на боковом ракурсе и дальности 28,4 км

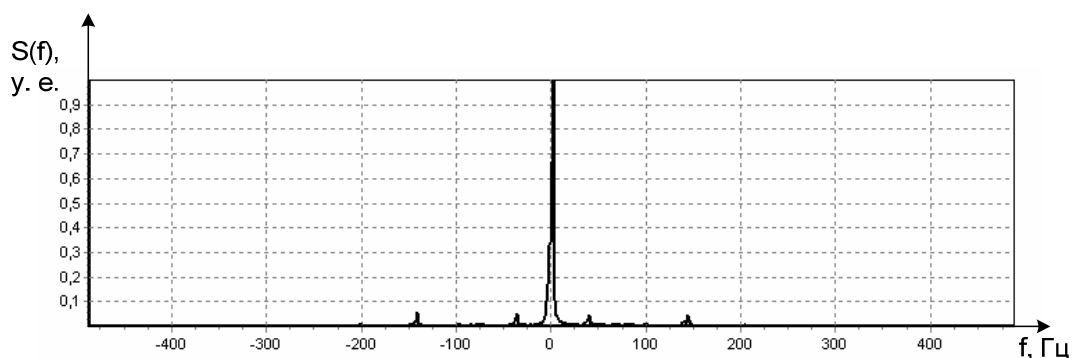


Рисунок 5 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Як-52 на боковом ракурсе и дальности 29,1 км

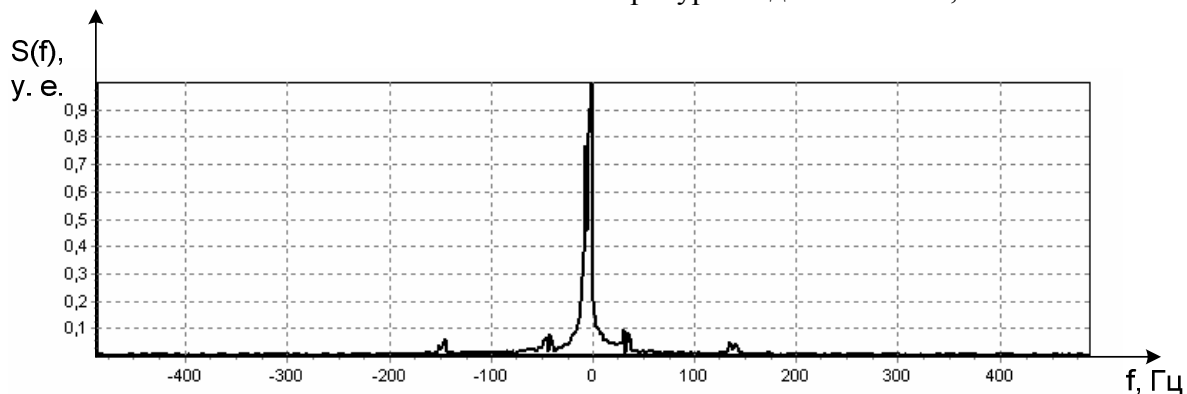


Рисунок 6 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета А-319 на боковом ракурсе и дальности 36,1 км

Из представленных рисунков 4–6 следует, что на боковом ракурсе сопровождения и небольшой дальности ширина планерной составляющей значительно увеличилась по сравнению с шириной планерной составляющей, показанной на рисунках 1–3. Это вызвано возросшей угловой скоростью изменения ракурса наблюдения ЛА. Планерная составляющая представлена в виде нескольких отдельно наблюдаемых гармоник.

На рисунках 7–8 представлены спектры последовательностей отраженных сигналов, полученных при сопровождении ЛА в задней полусфере.

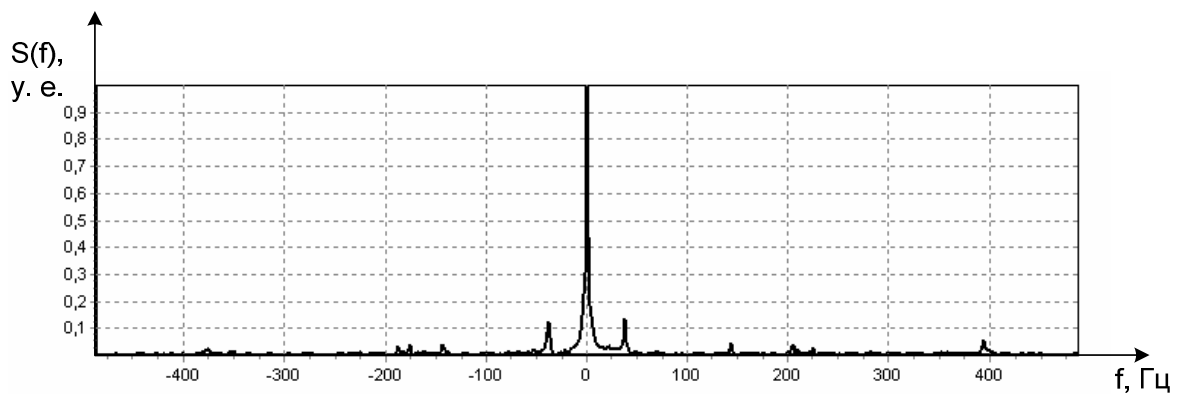


Рисунок 7 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Airbus A-319 на догонном курсе и дальности 55 км

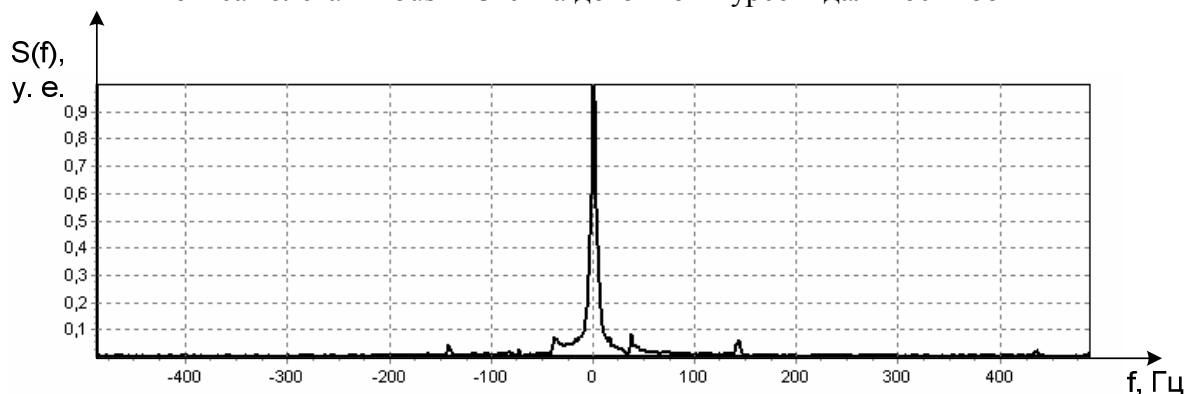


Рисунок 8 – Спектр последовательности сигналов, отраженных от самолета Як-52 на догонном курсе и дальности 37 км

Анализ рисунков 7–8 показывает, что ширина планерной составляющей на догонных курсах имеет малую частотную протяженность. Это аналог варианта сопровождения ЛА на встречных курсах. Узость планерной составляющей объясняется малыми поперечными размерами и малой угловой скоростью поворота цели.

Как и предполагалось, в спектрах последовательностей отраженных сигналов, сформированных при сопровождении целей на догонных курсах, наблюдаются гармонические составляющие, обусловленные проявлением ТВЭ. При этом отражение электромагнитных волн происходит от лопаток выходных турбин, количество и частота вращения которых отличаются от соответствующих характеристик лопаток компрессоров. Следовательно, положение и количество гармоник ТВЭ должно отличаться от их положения в ДпП, полученных при сопровождении этих же ЛА на встречных курсах.

Таким образом, предварительная обработка полученных в ходе натурных экспериментов данных показывает закономерную зависимость параметров отраженных сигналов от типа цели, ракурса ее наблюдения и характеристик полета.

При построении РЛИ необходимо учитывать влияние различных факторов, наиболее существенными из которых являются траекторные нестабильности полета цели в турбулентной атмосфере, наличие радиальной составляющей вектора скорости и ускорения, а также проявление ТВЭ.

Влияние радиального движения цели устраняется с помощью рассчитываемых фазовых поправок. При этом оценка величины радиальной

скорости и грубого значения ускорения цели осуществляется с помощью алгоритма, выделения положения гармоники планерной составляющей в частных спектрах отраженных сигналов.

Литература

1. Астанин Л.Ю., Просыпкин С.Е., Степанов А.В. Аппаратура и средства для широкополосных измерений радиолокационных характеристик // Зарубежная радиоэлектроника. 1991. №1. С.117.
2. Митрофанов Д.Г. Способ повышения точности и достоверности формируемых доплеровских портретов и радиолокационных изображений целей// Радиоэлектроника. – 1998. – № 11. – С. 28-34.
3. Патент на изобретение №2571957 от 29 мая 2014 года.
4. Зарембо А.В., Калинин А.Г., Бобин М.С. Один из подходов к исследованию отражательных характеристик воздушных объектов // Сборник материалов V Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации - 2016». Смоленск, СФМЭИ.

Н.В. Силаев, к. т. н., доц.; А.В. Зарембо к. т. н.;

В.В. Филипенков, курсант

(Военная академия войсковой ПВО ВС РФ г. Смоленск)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

Одним из способов получения информации о воздушном объекте является построение доплеровского портрета на основе его отражательных характеристик (ОХ) [1], полученных на основе натурных экспериментов.

Для формирования ОХ в каждом периоде следования зондирующих сигналов (ЗС) после процедуры сжатия цифровым фильтром определяется положение максимума отклика фильтра на отраженный от цели сигнал [2,3]. В этой точке определяются значения амплитуды и фазы сжатого сигнала, которые записываются в массив. Сформированный таким образом из последовательности отраженных сигналов массив представляет собой комплексную ОХ цели. Для графического представления ОХ использовались модульные значения комплексных отсчетов массива отраженных сигналов.

Результаты исследования ОХ, представленных векторами экспериментальной последовательности отраженных сигналов для самолетов Airbus A-319, МиГ-25, Як-52 приведены на рисунках 1–3 [4]. Отражательные характеристики приводятся на встречных, догонных курсах и на боковых ракурсах наблюдения. На рисунках 1–3 показаны ОХ рассматриваемых типов самолетов, наблюдаемых на встречных курсах на разных дальностях, где N – это количество отсчетов, $U_{ох}(N)$ – значение отклика фильтра в условных единицах.

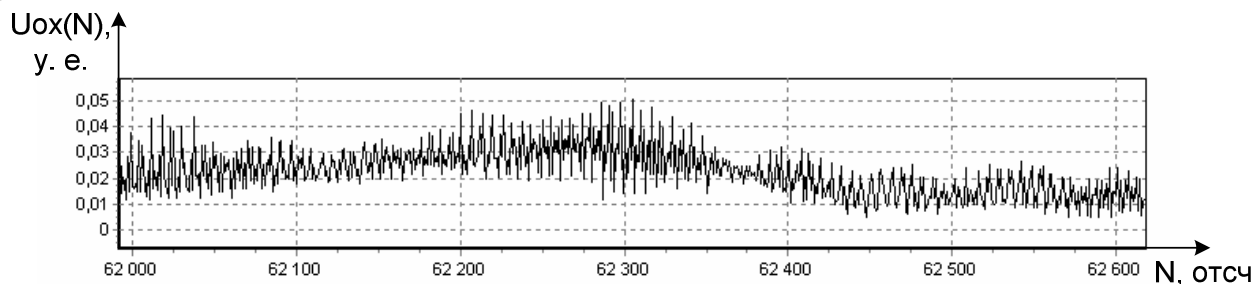


Рисунок 1 – Участок экспериментальной ОХ самолета Airbus A-319
на встречном курсе и дальности 54 км

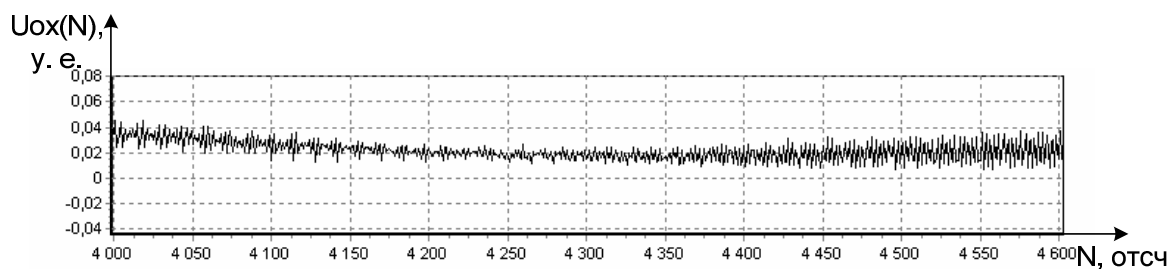


Рисунок 2 – Участок экспериментальной ОХ самолета МиГ-25
на встречном курсе и дальности 67,8 км

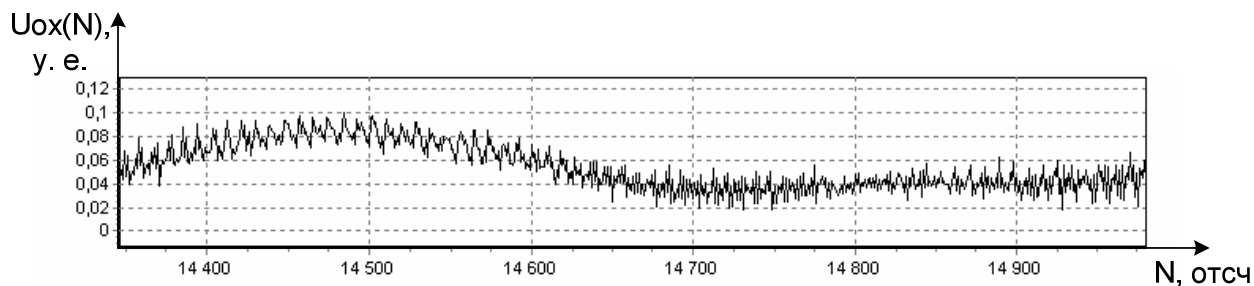


Рисунок 3 – Участок экспериментальной ОХ самолета Як-52
на встречном курсе и дальности 64,4 км

Низкочастотные флюктуации амплитуды отраженного сигнала в ОХ (рисунки 4–6) объясняются изменением углового положения планера цели относительно РЛС в течение времени сопровождения. Высокочастотная модуляция в виде всплесков и провалов вызвана проявлением турбовинтового эффекта (ТВЭ). При этом необходимо отметить, что характер модуляции, обусловленной проявлением ТВЭ, для каждого наблюдаемого объекта носит свой определенный характер. Это вызвано тем, что типы применяемых на самолетах двигателей и режимы их работы различны.

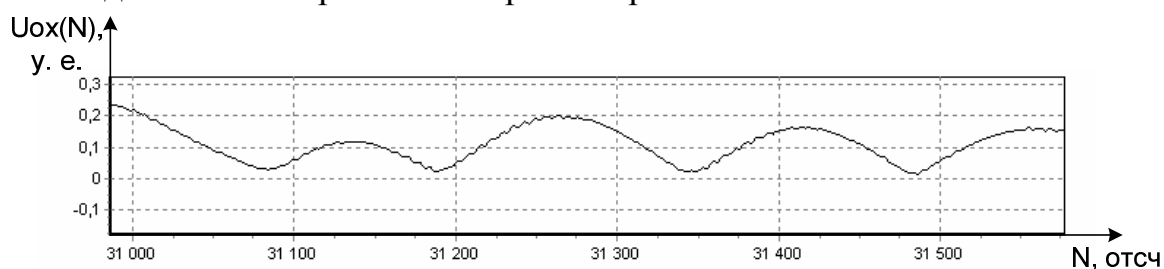


Рисунок 4 – Участок экспериментальной ОХ самолета Airbus A-319
на боковом ракурсе и дальности 28,4 км

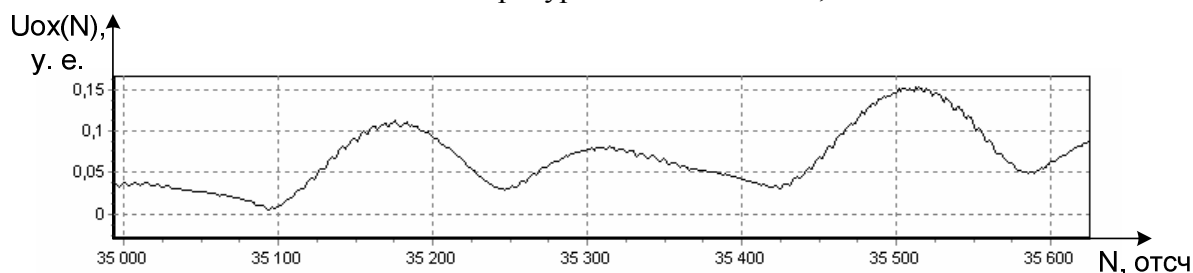


Рисунок 5 – Участок экспериментальной ОХ самолета МиГ-25
на боковом ракурсе и дальности 28,1 км

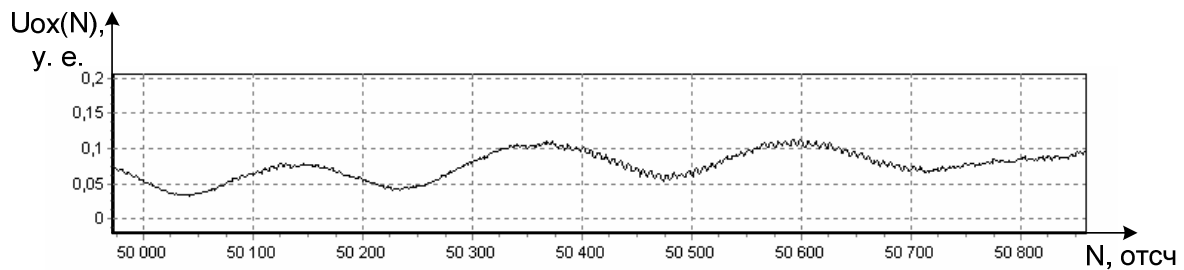


Рисунок 6 – Участок экспериментальной ОХ самолета Як-52
на боковом ракурсе и дальности 29,1 км

Сравнение рисунков ОХ, сформированных на встречных курсах и боковых ракурсах показывает, что при наблюдении летательного аппарата (ЛА) на ракурсах, близких к 90^0 , практически исчезает модуляция последовательности отраженных сигналов, вызванная проявлением ТВЭ. Данный факт объясняется отсутствием прямой видимости вращающихся лопаток компрессоров двигательных установок самолетов. Однако на боковом ракурсе наблюдения, начинает значительно сильнее проявляться низкочастотная модуляция последовательности отраженных сигналов. Это вызвано возросшей угловой скоростью $\dot{\gamma}$ изменения ракурса из-за уменьшения дальности до ЛА и приближения ракурса наблюдения γ^0 к 90^0 в соответствии с выражением

$$\dot{\gamma} = \frac{V \sin \gamma_0}{R_0}$$

где V – линейная скорость наблюдаемого ЛА;

R_0 – дальность до ЛА.

На рисунках 7–9, представлены ОХ самолетов, полученные при их наблюдении на догонном курсе.

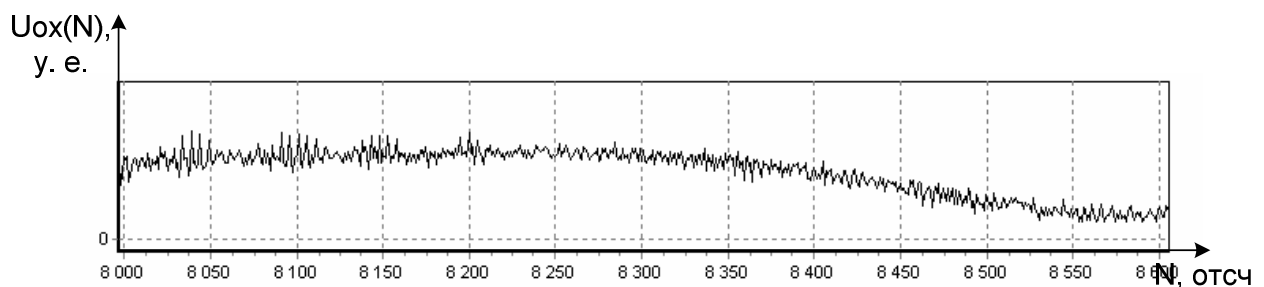


Рисунок 7 – Участок экспериментальной ОХ самолета Airbus A-319
на догонном курсе и дальности 55 км

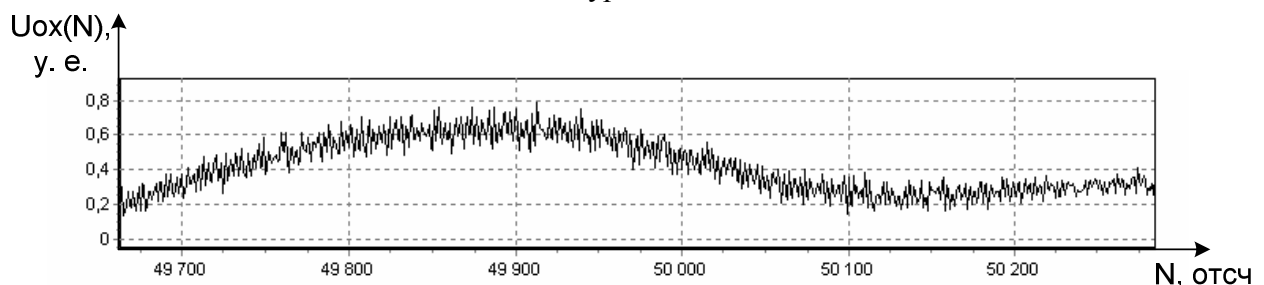


Рисунок 8 – Участок экспериментальной ОХ самолета МиГ-25
на догонном курсе и дальности 63,3 км

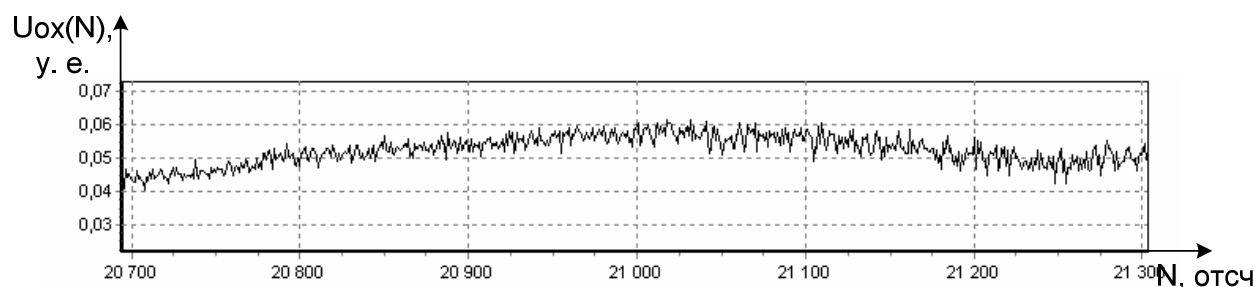


Рисунок 9 – Участок экспериментальной ОХ самолета Як-52
на догонном курсе и дальности 37 км

На представленных ОХ, полученных при наблюдении ЛА в задней полусфере, наблюдается значительно меньшая модуляция последовательности сигналов, вызванная ТВЭ, по сравнению со встречным курсом. Это обусловлено меньшими размерами выходных лопаток, а также их большей закрытостью другими элементами двигательной установки, по сравнению с лопатками компрессора. Важно отметить, что параметры модуляции на встречных и догонных курсах наблюдения различны, что хорошо объясняется разными частотами вращения лопаток компрессоров и турбин, а также различием в их количестве.

Анализ полученных результатов показывает, что для построения доплеровских портретов трёх типов воздушных объектов (ДпП), использовались амплитуды и фазы откликов оптимального фильтра одиночного отраженного сигнала, временное запаздывание которых относительно излученного импульса соответствует дальности до цели. Формирование ДпП из сигналов осуществлялось с помощью прямого быстрого преобразования Фурье. Для разрешения вторичных доплеровских составляющих использовалась пачка отраженных сигналов, накопленных в течение $\approx 0,5$ с. Это обеспечивало разрешающую способность по частоте до 2 Гц. Построение ДпП осуществлялось по тем же выборкам последовательностей отраженных сигналов, по которым формировались ОХ. Кроме того, полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы в интересах распознавания этих типов воздушных объектов.

Литература

5. Астанин Л.Ю., Просыпкин С.Е., Степанов А.В. Аппаратура и средства для широкополосных измерений радиолокационных характеристик // Зарубежная радиоэлектроника. 1991. №1. С.117.
6. Митрофанов Д.Г. Способ повышения точности и достоверности формируемых доплеровских портретов и радиолокационных изображений целей// Радиоэлектроника. – 1998. – № 11. – С. 28-34.
7. Патент на изобретение №2571957 от 29 мая 2014 года.
8. Зарембо А.В., Калинин А.Г., Бобин М.С. Один из подходов к исследованию отражательных характеристик воздушных объектов // Сборник материалов V Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации - 2016». Смоленск, СФМЭИ.

С.А. Скачков, д.т.н., проф.; Е.А. Андрияшкин

РАЗЛИЧИЯ ОТКАЗОВ И СБОЕВ ЦИФРОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Развитие радиоэлектронных средств (РЭС) привело к широкому их использованию в управляющих системах. На РЭС возлагаются широкий класс

задач вплоть до координации действий управляемой системы, при этом проявляются явные тенденции перераспределения функций управления от человека к ЭВМ.

В таких условиях прекращение выполнения функций вычислительной системы (ВС) или неправильно сформированный ею управляющее воздействие приводят к существенным негативным последствиям, уровень тяжести которых определяется управляемой системой. Например, если ЭВМ управляет ядерным реактором, то последствия отказа ее управляющей системы могут быть катастрофическими.

В обозначенных выше условиях необходимо предъявлять повышенные требования к обеспечению надежности управляющих РЭС.

Классическая теория надежности сформировалась в условиях аналоговой обработки сигналов. Однако в развитии современных РЭС проявляется явная тенденция перехода от аналоговой обработки информации к цифровой. При этом существенно возросла доля специфических для такой аппаратуры отказов – сбоев, которые существенно отличаются от устойчивых отказов.

В таблице 1 приведены различия отказов и сбоев цифровых радиоэлектронных средств по 9 показателям.

Таблица 1 – Различия отказов и сбоев цифровых радиоэлектронных средств

Отказы	Сбои
По причинам возникновения	
Изменения физических и химических свойств элементной базы, а так же конструкции ЦРЭС.	Основная причина сбоев – помехи. Второй причиной является чувствительность аппаратной части ЦРЭС к внешним и внутренним воздействиям (запас прочности по помехе).
По взаимоотношению с параметрами, определяющими работоспособность ЦРЭС	
Хотя бы один из параметров, определяющих границы работоспособности ЦРЭС, устойчиво преодолен.	Ни один из параметров, определяющих границы работоспособности ЦРЭС, устойчиво не преодолен. Преодоление параметра осуществляется за счет воздействия помехи, причем помеха может быть не обязательно электрического характера.
По интенсивности возникновения	
По сравнению со сбоями довольно редкие события.	Интенсивность сбоев на 1–2 порядка больше интенсивности отказов.
По отношению к необходимости ремонта	
Требуется ремонт. Без проведения ремонта ЦРЭС находится в неработоспособном состоянии практически бесконечно долго.	Не требует ремонта. После перезапуска ЦРЭС вычислительный процесс осуществляется правильно.

По отношению к последствиям проявления	
Отказ «важен» всегда, так как переводит ЦРЭС в неработоспособное состояние.	ЦРЭС находится в работоспособном состоянии. Сбой «важен» в условиях дефицита времени и тяжелых последствий неправильного решения (или не решения) задачи.
По психологическим аспектам (по отношению к ним пользователей)	
Значительное время нахождения ЦРЭС в неработоспособном состоянии. Для устранения отказа требуется квалификация ремонтника, которая значительно выше квалификации пользователя, необходимой для устранения сбоя. Перед пользователем стоит задача о необходимости что-то делать (самому ремонтировать или вызывать ремонтников и платить им за ремонт). Значительные затраты трудовых ресурсов: своих или ремонтных органов. Значительные затраты материальных ресурсов (оплата ЗИП, содержание ремонтных органов и т. п.). Психологическая важность отказа.	Не значительное время нахождения ЦРЭС в неработоспособном состоянии. Для устранения сбоя не требуется квалификация ремонтника. Предполагается, что включать и выключать ЦРЭС могут все пользователи. Не требуется расходов на ЗИП, оплату работы ремонтных органов. Представители ремонтных органов сбоями объясняют ненужность проведения ремонта («ЭВМ просто сбойнула»). Подразумевая, что вмешательства в техническое состояние ЦРЭС не нужно. Психологическая не важность сбоя («сам пройдет»).
По способам борьбы	
1. Снижение интенсивности отказов ЦРЭС обеспечивается повышением качества элементной базы и конструкции в целом с целью снижения скорости изменения их физических и химических свойств, а так же снижением уровней внутренних и внешних воздействий с той же целью. Кроме того, интенсивность отказов можно значительно снизить облегчением условий и интенсивности	1. Снижение интенсивности сбоев обеспечивается не снижением скорости изменения физических и химических свойств аппаратура, а снижением эффективности воздействия на нее помех путем повышения помехоустойчивости конструкции и снижением уровня внешних и внутренних воздействий.

эксплуатации. 2. Отказоустойчивость обеспечивается обычно структурной избыточностью, так как временная и алгоритмическая избыточности не эффективны. 3. Проведение ремонта.	2. Сбоеустойчивость обеспечивается структурной избыточностью, временная и алгоритмическая избыточности так же эффективны. 3. Проведение ремонта не эффективно, за исключением случая борьбы с перемежающимися отказами.
По способам контроля	
Контроль необходим для обнаружения ошибок в работе ЦРЭС. При отказах он предполагает контроль аппаратуры. При отказах эффективны тестовый, аппаратный и программный контроль. Оперативный контроль эффективен, но он не полный.	Для сбоев необходимо контролировать не аппаратуру – она работоспособна, а текущий вычислительный процесс. При сбоях тестовый контроль не эффективен. Его можно применять для оценки аппаратуры по частоте сбоев и для оценки интенсивности помех и степени их влияния на ЦРЭС. Аппаратный контроль эффективен. Программный контроль не эффективен, за исключением контроля по длительности, порядку выполнения программ и в некоторых других случаях. Оперативный контроль эффективен.
По диагностике	
Установление того, какая часть диагностируемого объекта неисправна.	Установление наиболее значимого с точки зрения сбоев вида помехи (совокупности помех) и источника ее (их) возникновения. Установление части диагностируемого объекта, наиболее чувствительного к воздействию помех (имеющего чувствительность ниже допустимой).

Литература:

1. Игуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем. М., Высш. шк., 1989. 216 с.
2. Журавлев Ю.П., Котелюк Л.А., Циклинский Н.И. Надежность и контроль ЭВМ. М., Сов. радио, 1978. 416 с.

*С.А. Скачков, д.т.н., профессор, В.О. Волосенков, д.т.н., профессор,;
Мартемьянов А.О.*

ПРОБЛЕМЫ ОТЛАДКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация

В статье рассматриваются основные проблемы повышения качества параллельных программ, а также особенности, затрудняющие их отладку. Выполнен обзор методов отладки параллельных программ. Приведены

возможные пути решения проблемы повышения качества отладки параллельных программ.

Ключевые слова: параллельное программирование, отладка, статический анализ, динамический анализ.

Задача создания высокопроизводительных вычислительных систем является актуальной, так как объемы обрабатываемой информации, объемы выполняемых вычислений с большими массивами данных постоянно увеличиваются. Одним из факторов, определяющих надёжность функционирования вычислительных систем являются ошибки в программах. Тестирование и отладка являются неотъемлемыми частями процесса разработки программного обеспечения. Основной задачей, которая решается на этих этапах, является обнаружение и выяснение причин ошибочного поведения программ. Для решения этой задачи, как правило, применяются следующие методы [1]:

- статический анализ, который применяется для того, чтобы на этапе трансляции выявить ошибки в тексте программы, выполнение которых может стать причиной некорректного поведения;

- динамический анализ, применяемый в процессе выполнения программы и позволяющий выявить аномалии в поведении программ, а в ряде случаев, позволяет найти их причину;

- интерактивная отладка с использованием специального приложения, называемого отладчиком, которое предоставляет возможности для отображения и управления состоянием выполняемой программы;

- тестирование для выявления ошибок, в соответствии с некоторым критерием (тестом), которое позволит либо удостовериться в работоспособности программы, либо обнаружить ошибку.

Реализация перечисленных методов для параллельных программ сталкивается с рядом сложностей, обусловленных спецификой структуры параллельных приложений. Можно выделить следующие основные причины этих сложностей:

- усложнение структуры состояния, которое в случае параллельной программы определяется совокупностью состояний составляющих ее процессов и каналов взаимодействия между ними;

- усложнение семантики выполнения программы, состоящем в появлении взаимодействия процессов.

С распространением многопроцессорных, многоядерных и кластерных технологий, разработка параллельных программ становится все более актуальной.

Рассмотрим подробнее сложности, возникающие при реализации основных методов отладки и тестирования параллельных программ.

Применение традиционных методов статического анализа, предназначенных для выявления ошибок в последовательных программах, в общем случае не позволяет выявить ошибки взаимодействия и другие аномалии, характерные для параллельных программ. Сама задача статического анализа становится

существенно более сложной из-за усложнения семантики параллельной программы.

Динамический анализ усложняется за счет возрастающего объема трассы, т.к. трассировке подвержены несколько процессов и каналов взаимодействия. Фаза анализа трассы также становится более сложной, поскольку требуется анализировать и визуализировать одновременно несколько трасс, состоящих из событий, связанных между собой за счет взаимодействия между процессами.

Эффективная реализация интерактивной отладки связана с рядом трудностей [2]:

- возросшая по сравнению с последовательной программой сложность отображения состояния параллельной программы;

- управление поведением параллельной программы также усложняется, так как понятия «точка останова» и «шаг» для параллельной программы определяются сложнее, чем для последовательной;

- недетерминизм, характерный для параллельных программ, требует дополнительных усилий для фиксации и воспроизведения хода выполнения приложения.

Главная сложность, связанная с тестированием параллельных программ, также обусловлена присущим им недетерминизмом. Тестирование последовательного приложения состоит в создании множества наборов входных данных, проверяющих различные аспекты функциональности тестируемого приложения. В случае недетерминированной программы необходимо осуществлять перебор вариантов недетерминированного поведения. Кроме этого, критерии покрытия, обычно применяемые для последовательных программ, требуют расширения для случая параллельных приложений за счет учета взаимодействий между процессами.

Наиболее распространенные ошибки, встречающиеся в параллельных программах, делятся на следующие виды: тупиковая ситуация, недетерминированное поведение параллельных программ, двойная типизация данных. Эти ошибки могут возникнуть в программе вне зависимости от языка или библиотеки, использующейся для реализации параллельности, поскольку обусловлены они самими основами параллельного программирования.

Тупиковые ситуации в параллельных программах.

Тупиковая ситуация (deadlock) возникает, когда для продолжения работы многопоточной программы каждому из потоков необходимо дождаться освобождения какого-либо объекта, но этот объект не может быть освобожден. Тупиковая ситуация также может произойти, если один из потоков заблокирует и не освободит объект, необходимый для дальнейшей работы остальных потоков. Одна из наиболее распространенных причин тупиковой ситуации – взаимная блокировка параллельных процессов. Она возникает тогда, когда один из процессов не может послать данные другому процессу, потому что тот ожидает сообщение от него.

Тупиковые ситуации могут также иметь место при выполнении операций коллективного взаимодействия – пересылки данных, в которую вовлечены сразу несколько процессов. При этом тупиковая ситуация возникает если не все

процессы, которые должны участвовать в коллективной операции, выполняют соответствующую команду.

Тупиковые ситуации обычно проявляются как зависание программы. Их обнаружение представляет значительные трудности и требует специальной поддержки, которая бы позволяла выявлять такие ошибки в процессе выполнения или отладки и сообщать пользователю об их возникновении.

Недетерминированное поведение параллельных программ.

Любой разработчик программного обеспечения сталкивался с ситуацией, когда ошибка в программе происходит не при каждом запуске, а в ситуации, когда от запуска к запуску программа выдает различные результаты. Такие программы обычно называют недетерминированными. Недетерминизм в таких приложениях наблюдается в связи с тем, что различные относительные скорости работы и взаимодействия процессов, а также объем доступной памяти для буферизации сообщений приводят к тому, что взаимодействие протекает по различным сценариям для разных запусков программы с одними и теми же входными данными. Это обусловлено особенностями функций, предназначенных для обмена сообщениями между процессами.

Выбор процесса, сообщение от которого будет доставлено первым, может зависеть от относительной скорости работы процессов. Эта ситуация называется состоянием гонок (racecondition). Состояние гонок является одной из основных причин недетерминизма в параллельных программах. Недетерминированное поведение программы является фактором, существенно осложняющим процесс отладки и тестирования параллельных программ. Это связано главным образом с двумя причинами.

Первая причина состоит в том, что ошибка, возникающая в процессе выполнения программы, может не выявляться отладчиком, или воспроизводится не при каждом запуске.

Вторая причина заключается в следующем, при тестировании необходимо учитывать то, что за счет недетерминированного поведения могут возникать ситуации, когда программа по-разному работает на тестовой и на реальной системе.

Таким образом, при тестировании и отладке параллельных программ возникает две проблемы, связанные с недетерминированным поведением:

фиксация и воспроизведение хода выполнения параллельной программы;

обход максимально-возможного числа путей выполнения параллельной программы.

Такое поведение обуславливается устройством современных многоядерных процессоров: поскольку каждое ядро, фактически, работает в своем собственном времени, которое не синхронизируется со временем других ядер, операции, выполняемые одновременно, могут совпасть, а могут и не совпасть в определенный момент реального, физического времени. Вероятность такого совпадения зависит от числа ядер и количества операций, выполняемых ими одновременно с общей областью памяти.

Двойная типизация данных.

Ошибки, причиной возникновения которых является нарушение правил работы с типами в параллельной программе, трудно выявлять как на этапе статического анализа, так и на этапе выполнения программы. Для обнаружения и диагностики таких ошибок требуется поддержка транслятора.

Задача эффективной реализации методов тестирования и отладки параллельных приложений является достаточно сложной и не может быть решена механическим перенесением подходов, разработанных для случая последовательных программ.

Рассмотрим возможные пути решения проблемы повышения качества отладки параллельных программ.

Традиционная отладка (выполнение кода по шагам, использование точек останова). Преимущество данного подхода заключается в том, что он позволяет детально изучить состояние системы в каждый момент времени и проконтролировать изменение этого состояния. Недостаток заключается в том, что этот подход подвержен воздействию эффекта наблюдателя.

Статический анализ (анализ исходного кода программы). Этот подход позволяет проанализировать исходный код программы и обнаружить некоторые ошибки, не запуская при этом саму программу. Статический анализ не подвержен воздействию эффекта наблюдателя, но позволяет проверять лишь то поведение, которое не зависит от пользователя. Еще одним недостатком статического анализа является то, что он обнаруживает лишь потенциально подозрительные, а не гарантированно ошибочные строки исходного кода. Это означает, что решение об исправлении исходного кода должен принимать программист, а процесс такого тестирования является автоматизированным.

Отладка на основе событий (представление выполнения программы как параллельных цепочек событий). Такой подход позволяет получить стабильное воспроизведение той или иной проблемы в виде записи последовательности приводящих к ней изменений состояний системы. Однако, если запись информации о событиях не может производиться непрерывно, не оказывая существенного влияния на ход выполнения программы, на результаты может оказать влияние эффект наблюдателя.

Динамический анализ (инструментирование исполняемого кода программы) позволяет обнаружить ошибки во время работы программы (например, при выполнении ряда автоматизированных тестов)[3]. Этот подход требует запуска тестируемой программы, позволяет проанализировать исполняемый код программы, выполняющийся во время теста, но существенно замедляет выполнение тестируемой программы из-за необходимости сбора данных о ее состоянии (профилей). Сам процесс анализа также называется профилированием и, по сравнению с обычным временем работы программы продолжаться он может в сотни и даже тысячи раз дольше.

В настоящее время большинство специализированных приложений состоят из циклов обработки массивов. При этом наиболее вероятное место возникновения ошибок (использование неинициализированных переменных, выходы за пределы массивов и др.) находится на граничных итерациях. Кроме того структура вычислительных алгоритмов позволяет обнаруживать ошибки,

возникающие на внутренних итерациях цикла, путем проверки правильности вычислений на граничной итерации. Способ отладки заключается в сокращении количества контролируемых точек за счет сокращения количества анализируемых итераций – контроль предлагается производить только на граничных итерациях циклов.

Граничными итерациями ширины $\{K\}$ одномерного цикла являются первых и последних итераций этого цикла. Многомерными циклами будем считать только тесно вложенные одномерные циклы. Для многомерных циклов понятие границы можно ввести несколькими способами. Граничными итерациями типа «грань» ширины $\{K\}$ многомерного цикла будем считать те итерации, которые являются граничными ширины хотя бы для одного из одномерных циклов, входящих в состав заданного многомерного. Граничными итерациями типа «уголки» ширины $\{K\}$ многомерного цикла будем считать те итерации, которые являются граничными ширины для всех одномерных циклов, входящих в состав заданного многомерного. Параметр $\{K\}$ и тип границ можно выбрать экспериментально, оценивая покрытие операторов программы на предварительных запусках и выбрав подходящее.

Разбиение на граничные и внутренние итерации производится отладчиком. Чтобы избавиться от необходимости на каждой итерации проверять, является ли она граничной или нет (поскольку надо учитывать границы циклов на каждом процессоре для обеих конфигураций процессоров, на которых были запущены сравниваемые программы), нужно разбивать итерации на блоки граничных и внутренних итераций. Отладчик должен обеспечивать правильный порядок обхода этих блоков для обеспечения корректного выполнения циклов с зависимостями по данным.

На рисунке 1 приведены алгоритмы разбиения множества итераций двумерного цикла с прямоугольным индексным пространством на граничные и внутренние типа «грань» и «уголки» соответственно.

Применение способа позволило получить следующие результаты:

- сокращение размеров трасс в сотни тысяч раз;
- сокращение времени выполнения программ при генерации трасс и динамическом анализе корректности в тысячи раз;
- сохранение покрытия операторов программы составляет 99,4-99,8%.

Однако, не смотря на все положительные стороны данный способ, имеет следующие особенности:

- возможен пропуск ошибок, если они не проявились на граничных итерациях, либо выявление при сравнительной отладке далеких последствий этих ошибок;
- при динамическом анализе корректности необходимо учитывать возможность появления ложных диагностик об ошибках «чтение неинициализированных данных».

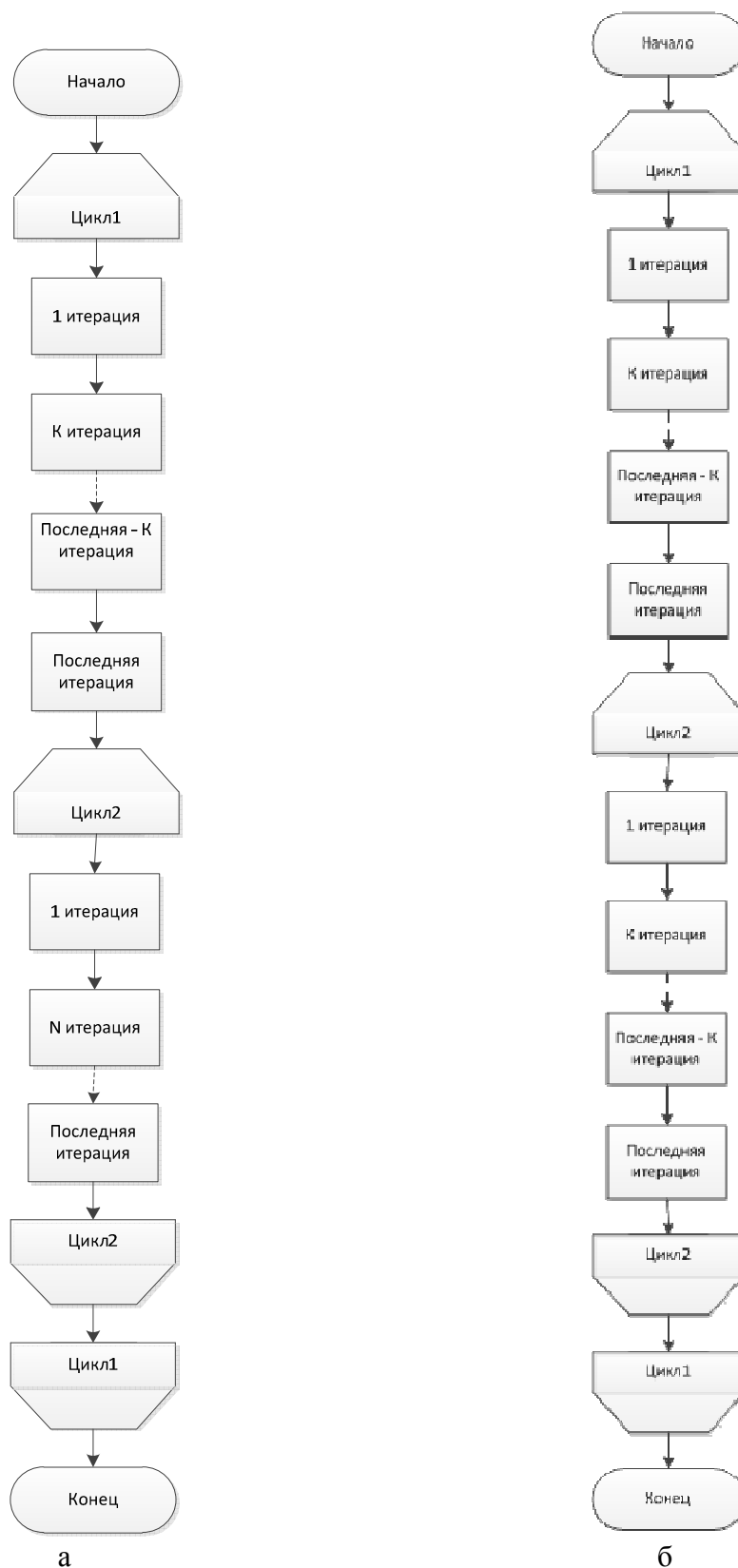


Рисунок 1 – Алгоритмы разбиения множества итераций «грань» (а) и «уголки» (б)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что параллельные программы обладают рядом особенностей, которые принципиально отличают их от последовательных программ и существенно затрудняют процесс отладки и тестирования. Наиболее распространенными проблемами, встречающимися в

параллельных программах, являются тупики (зависания) и состояния гонок (одновременная запись данных в общую область памяти несколькими потоками и чтение из этой же области).

Список литературы

1. Волосенков В. О. Методика оценки качества сложных комплексов программ вычислительных систем реального времени // Наука и техника транспорта. – 2007. – №1. – С. 63-66.
2. Волосенков В. О., Морозов А. В. Способ построения средств комплексной отладки программного обеспечения специализированных ЭВМ, функционирующих в режиме реального времени // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – №2. Том 2. – С. 136-140.

*В.А. Смолин; Т.А. Костикова, студ.; Д.С. Рассказа, студ.; А.М. Мищенко
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СХЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ 1,5-2 МКМ

В настоящее время актуальна проблема развития исследований собственного излучения облачной атмосферы применительно к задачам параметризации её состояний для метеорологии, видения на фоне облачной атмосферы, навигации, передаче информации через толщи атмосферы и других задач. Наименее изученной областью является собственное инфракрасное излучение облачной атмосферы.

Имеющиеся в настоящее время сведения об излучении в ИК-участке спектра представляют из себя лишь интегральные оценки по соответствующим участкам спектра. Такая ограниченность имеющихся сведений затрудняет использование их при рассмотрении конкретного оптико-электронного устройства, которое работает в ограниченном диапазоне длин волн. Именно по этой причине остро стоит необходимость проведения экспериментальных исследований собственных излучений типовых целей для получения характеристик, которые описывали бы изменение энергетической яркости объекта в зависимости от дальности, метеорологических условий наблюдения и его ориентации касательно точки наблюдения. Для решения данной задачи необходимо разрабатывать измерительно-вычислительный комплекс для исследования характеристик излучения объектов и фонов в инфракрасном диапазоне волн. Замысел построения измерительно-вычислительного комплекса ИВК заключается в использовании радиометра, который работает в диапазоне волн 1,5-2 мкм.

Целью данного проекта является разработка схемы предварительного усиления сигнала с фоторезистора, регистрация и обработка которого позволит судить об энергетической яркости исследуемого объекта.

Для снятия излучения в ИК-диапазоне был применен фоторезистор ФС-А1 (рис.1), параметры которого приведены в таблице 1.

Табл. 1 — Справочные параметры фоторезистора ФС-А1

Марка фоторезистора	Материал чувствительного элемента	Габариты, мм	Площадь чувствительного слоя, мм ²	Рабочее напряжение, U, В	Удельная чувствительность $S_{уд}$, мкА/(лм·В)
ФС-А1	PbS	7,5x12	24	4-40	500



Рисунок 1 — Фоторезистор ФС-А1

Лучистый поток, принимаемый радиометром (рис. 2), с помощью объектива направляется на два приёмника лучистой энергии и одновременно модулируется по амплитуде с помощью вращающегося обтюратора, частота вращения которого составляет 25 Гц. В результате его вращения на фоторезистор попеременно направляется то освещенность исследуемого объекта, то освещенность окружающей среды. Нахождение разности двух этих значений позволяет нивелировать влияние внешних условий на результат измерения.

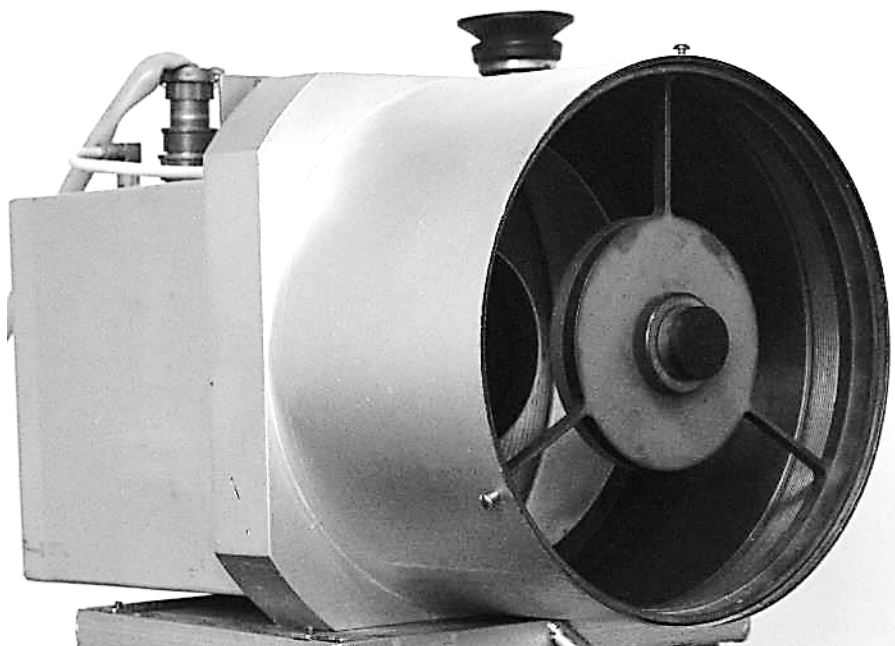


Рисунок 2 — Внешний вид радиометра

Диапазон изменения напряжения достаточно невелик — сотая доля вольта (рис.3).

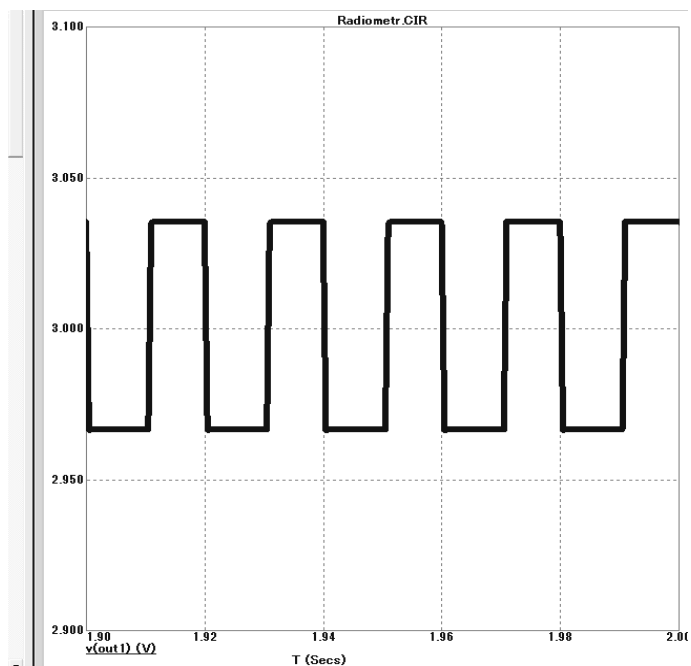
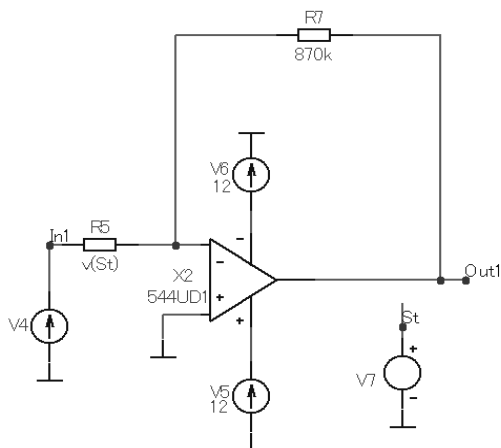


Рисунок 3 — Схема без предварительного усиления по переменному току

Именно по этой причине для удобства исследования сигнал с фоторезистора предварительно усиливается по переменному току. Усиление по постоянному току реализовывать не следует, поскольку в этом случае вместе с полезной составляющей сигнала будет возрастать и постоянная составляющая. Поэтому была реализована схема усиления по переменному току (рис.4).

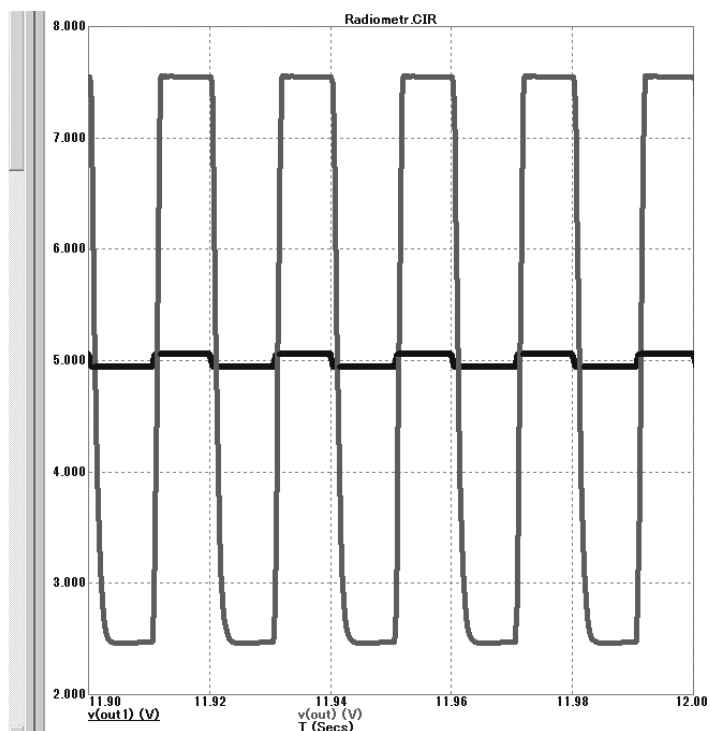
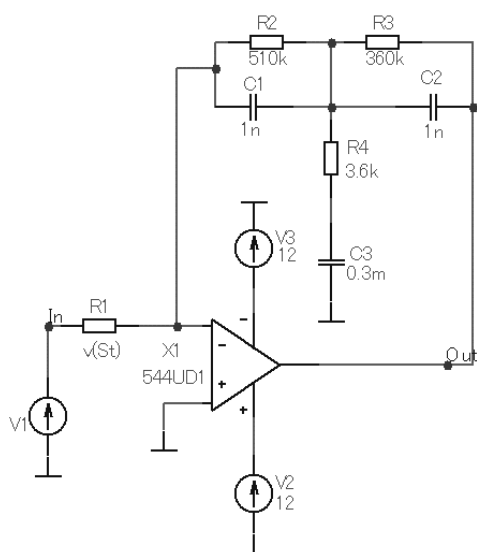


Рисунок 4 — Схема с предварительным усилением по переменному току

В цепь обратной связи последовательно включены резистор и конденсатор (R4, C3). Рассчитаем коэффициент усиления по постоянной составляющей для данной схемы:

$$K_{\text{пост}} = \frac{R2 + R3}{R1} = 1.$$

Конденсатор СЗ пропускает только переменную составляющую, следовательно, коэффициент усиления по переменной составляющей для данной схемы рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{пер}} = \frac{R4 + R3}{R4} \cdot \frac{R2}{R1} = 59,2.$$

В результате практической реализации данной схемы была подтверждена ее работоспособность и согласованность с моделью, построенной в программе Micro-Cap 10.

Литература

1. Якименко И. В., Соловьев В. А. и др. Экспериментальное определение характеристик инфракрасного излучения самолетов в полете. Монография. Смоленск.: ВА ВПВО ВС РФ, 2009. 84 с.
2. Якименко И.В. Методы, модели и средства обнаружения воздушных целей на атмосферном фоне широкоугольными оптико-электронными системами. С-Петербург.: "Лань", 2014. 176 с.

*В.А. Смолин; С.С. Рачковский; Д.С. Шпаковская, студ.; А.М. Мищенко
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИЗМЕРИТЕЛЬНО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ 8–13 МКМ

В настоящее время актуальна проблема развития исследований собственного излучения облачной атмосферы применительно к задачам параметризации её состояний для метеорологии, видения на фоне облачной атмосферы, навигации, передаче информации через толщи атмосферы и других задач. Наименее изученной областью является собственное инфракрасное излучение облачной атмосферы. Целью данного исследования является разработка и калибровка измерительного вычислительного комплекса, позволяющего производить экспериментальные исследования собственного излучения атмосферы в диапазонах 3–5 и 8–13 мкм.

Измерительный вычислительный комплекс (ИВК) включает в свой состав радиометр, работающий в диапазонах 3–5 и 8–13 мкм (рис. 1). Результаты измерений регистрируются при помощи ЭВМ.

Основным элементом ИВК являются двухканальный радиометр, который обеспечивает приём, преобразование и усиление энергии оптического излучения. Для проведения сканирования облачной среды, было разработано портативное поворотное устройство.

Радиометр расположен вертикально. Для сканирования облачной среды под радиометром установлено зеркало на подвижной платформе. Сканирующее зеркало поворачивается вокруг своей оси на угол, равный 120°. За время поворота регистрируются значения энергетической яркости облачного поля. После того, как зеркало повернется на заданный угол в азимутальной плоскости, при помощи шагового двигателя, оно изменяет угол наклона на 20 минут. Пройдя заданное количество строк, система возвращается в начальное

положение и происходит запись следующего кадра.



Рисунок 1 – Измерительно-вычислительный комплекс

Для регистрации результатов измерений используется ЭВМ. Ее связь с выходами радиометров обеспечивается с помощью разработанного модуля сопряжения. Для обработки результатов измерений используется пакет прикладных программ.

В основе радиометра применяется 2-х зеркальный объектив (по схеме Кассегрена) с диаметром входного зрачка – 200 мм, фокусным расстоянием – 155 мм и относительным отверстием – 1:1,4 (рис. 3). Коэффициент передачи зеркал в полосе пропускания интерференционных фильтров – 0,98.

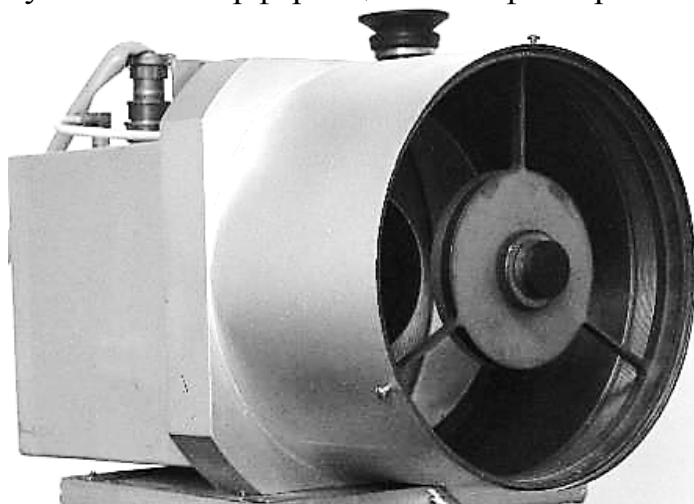


Рисунок 3 – Внешний вид двухканального радиометра

Структурная схема двухканального радиометра приведена на рисунок 4.

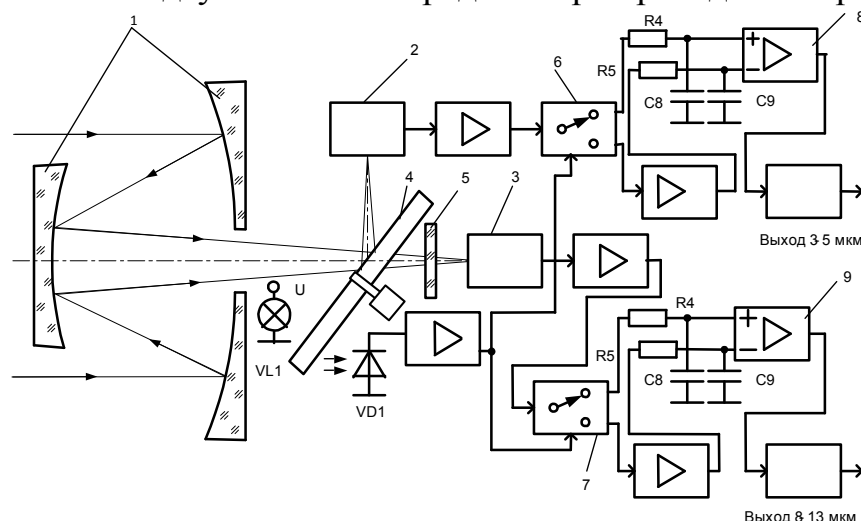


Рисунок 4 – Структурная схема радиометра: 1 – объектив; 2 – приёмник энергии диапазона 3–5 мкм; 3 – приёмник энергии диапазона 8–13 мкм; 4 – вращающийся зеркальный обтюратор; 5 – интерференционный фильтр на область спектра 8–13 мкм; 6 – электронный коммутатор канала 3–5 мкм; 7 – электронный коммутатор канала 8–13 мкм; 8 – дифференциальный усилитель 3–5 мкм; 9 – дифференциальный усилитель 8–13 мкм

Лучистый поток, принимаемый при помощи радиометра, с помощью объектива (1) поступает на два приёмника (2, 3), при этом происходит модуляция по амплитуде с помощью вращающегося зеркального обтюратора (4). Благодаря этому лучистый поток попеременно поступает на приёмники диапазонов 3–5 и 8–13 мкм. Для преобразования лучистой энергии применили пирозлектрические приёмники МГ-30 с размером чувствительной площадки 1 мм² и интегральным предусилителем. Приёмник обладает неселективной чувствительностью в диапазоне 2–20 мкм, вольтовой ≥ 1000 В/Вт и пороговой чувствительностью $2 \cdot 10^{-9}$ Вт/Гц^{1/2}.

Перед приёмником лучистой энергии расположен интерференционный фильтр (5) на область спектра 8–13 мкм (рисунок 5).

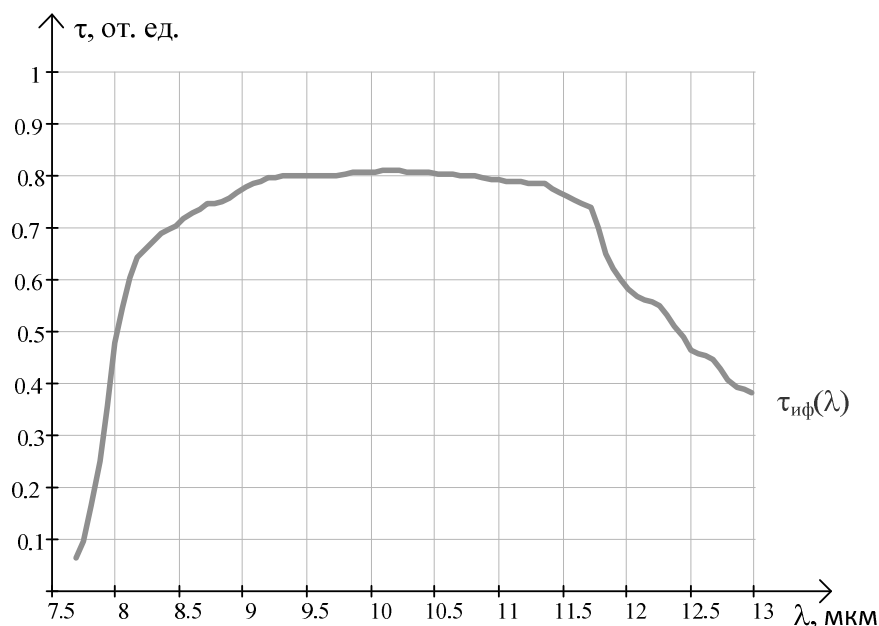


Рисунок 5 – Спектральная характеристика интерференционного фильтра на 8-13 мкм

Электронные коммутаторы (6, 7) попеременно коммутируют принимаемый сигнал. При этом он поступает в основной канал, когда лучистый поток пропускается обтюратором на приёмник. Если обтюратор перекрывает лучистый поток, коммутатор направляет сигнал в компенсационный канал.

Сигнал, который поступает в основной канал, пропорционален энергетической яркости объекта наблюдения, а сигнал, поступающий в компенсационный канал – яркости внутри радиометра, температура которой равна температуре окружающего воздуха. При помощи дифференциальных усилителей (8, 9) выполняется вычитание этих сигналов. В результате этого на выходе схемы формируется сигнал, который пропорционален относительной яркости объекта.

Энергетическую яркость внутри радиометра вычисляют при помощи температуры окружающей среды:

$$B(\lambda, T_2) = \frac{I}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} r(\lambda, T_2) \tau_{\text{отн}}(\lambda) d\lambda, \quad (1.1)$$

где $B(\lambda, T_2)$ – энергетическая яркость внутри радиометра, Вт·см⁻²·ср⁻¹;

$r(\lambda, T_2)$ – функция Планка;

$\tau_{\text{отн}}(\lambda)$ – относительная спектральная характеристика оптической системы;

T_2 – абсолютная температура окружающего воздуха [1, 2].

Напряжение на каждом из выходов радиометра будет определяться выражением

$$U_c = A[B(\lambda, T_1) - B(\lambda, T_2)], \quad (1.2)$$

где $B(\lambda, T_1)$, $B(\lambda, T_2)$ – яркости объекта и внутри радиометра;

A – коэффициент передачи;

T_1 – абсолютная температура объекта.

Коэффициент A вычисляется при помощи градуировки радиометра по методике, изложенной в [1].

В итоге энергетическая яркость наблюдаемого с помощью радиометра объекта вычисляется по формуле:

$$B(U_c) = \frac{U_c(T_1)}{A} + B_{\text{он}}(T_0), \quad (1.3)$$

где $B(U_c)$ – энергетическая яркость исследуемого объекта;

$U_c(T_1)$ – сигнал на выходе радиометра при температуре наблюдаемого объекта T_1 ;

A – коэффициент передачи соответствующего канала радиометра;

$B_{\text{он}}(T_2)$ – энергетическая яркость опорного источника излучения (внутри радиометра) при температуре окружающего воздуха T_0 .

Для оценки параметров радиометра были проведены калибровочные работы, целью которых являлось:

- а) определение мгновенного поля зрения;
- б) построение градуировочной вольт-температурной характеристики;

- в) определение коэффициента передачи радиометра;
- г) построение градуировочной вольт-ваттной характеристики;
- д) оценка пороговой чувствительности;
- е) оценка ожидаемых погрешностей измерений.

В ходе проведённых работ было выяснено, что построенный мобильный ИВК обладает следующими характеристиками:

- ширина поля зрения радиометра: 20×20 минут;
- рабочие спектральные диапазоны: 3–5 и 8–13 мкм;
- пороговая чувствительность по энергетической яркости:
- для диапазона 3–5 мкм: $9,98 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$;
- для диапазона 8–13 мкм: $9,09 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$;
- погрешность измерения энергетических яркостей:
- для диапазона 3–5 мкм: 9 %;
- для диапазона 8–13 мкм: 10 %;
- сектор сканирования:
- по азимуту: $\pm 60^\circ$;
- по углу места: 25° ;

Литература

3. Алленов М.И. Методы и аппаратура спектрорадиометрии природных сред. Монография. СПб., Гидрометеоздат, 1992. 261 с.
4. Алленов М.И., Осипова Н.И., Третьяков Н.Д. Методы энергетической градуировки радиометрической аппаратуры (обзор) // Приборы, установки, автоматизация в экспериментальной метеорологии: Труды ИЭМ. Вып. 8 (117) / Под ред. А. Д. Орлянского. М., Гидрометеоздат, 1985. С. 3–30.

*М.А. Старовойтов маг.; О.Д. Бабенко маг.;
Н.А. Умнирович маг.; А.А. Пеньков, к. т. н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СОВРЕМЕННЫЕ 9-ОСЕВЫЕ ДАТЧИКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ СИСТЕМ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

С каждым годом число устройств использующих системы с датчиками позиционирования в пространстве (магнитометры, акселерометры и гироскопы) растет, поэтому каждый производитель электронных компонентов старается занять свою часть рынка. Одни сфокусировали свое внимание на создании высокоточных 3-осевых датчиков, другие на 6-осевых, комбинируя во внутренних структурах микросхем магнитометры, гироскопы, и др. Например, фирма Analog Devices создала модульное инерциальное измерительное устройство (IMU, Inertial measurement unit) ADIS16448 с "десятью степенями свободы", в состав которого входят 3-осевые магнитометр, гироскоп и акселерометр, а также высокочувствительный датчик давления. При такой универсальности ADIS16448 имеет существенный минус – габариты $20.2 \text{ мм} \times 33.4 \text{ мм}$.

Датчики позиционирования в пространстве являются основой системы инерциальной навигации. Сейчас перед разработчиками таких систем стоит цель минимизации габаритов конечного устройства. Частично достичь этой цели позволяет использование инерциальных измерительных устройств,

объединяющих в себе 3-осевой магнитометр, 3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр.

Основными областями применения 9-осевых датчиков, помимо инерциальной навигации, являются:

- Робототехника;
- Спорт и фитнес;
- Медицина и здравоохранение;
- Оборудование виртуальной и дополненной реальности;
- Контроллеры для игровых консолей;
- Мобильные устройства связи, планшеты и электронные книги.

Существует два вида исполнения 9-осевых IMU: модульные, построенные на основе нескольких микросхем системы, и интегральные, магнитометр, акселерометр и гироскоп расположены на кристалле одной микросхемы. В данной статье будут рассмотрены параметры 9-осевых инерциальных датчиков в интегральном исполнении, т.к. их модульные аналоги имеют большие габариты.

На данный момент производителями 9-осевых IMU являются большое количество крупных компаний, но массовое производство линеек интегральных версий микросхем удалось наладить только трём: Bosch Sensortec, InvenSense и STMicroelectronics. Рассмотрим наиболее популярные микросхемы от этих производителей BNO055 (Bosch Sensortec), MPU-9250 (InvenSense) и LSM9DS1 (STMicroelectronics).

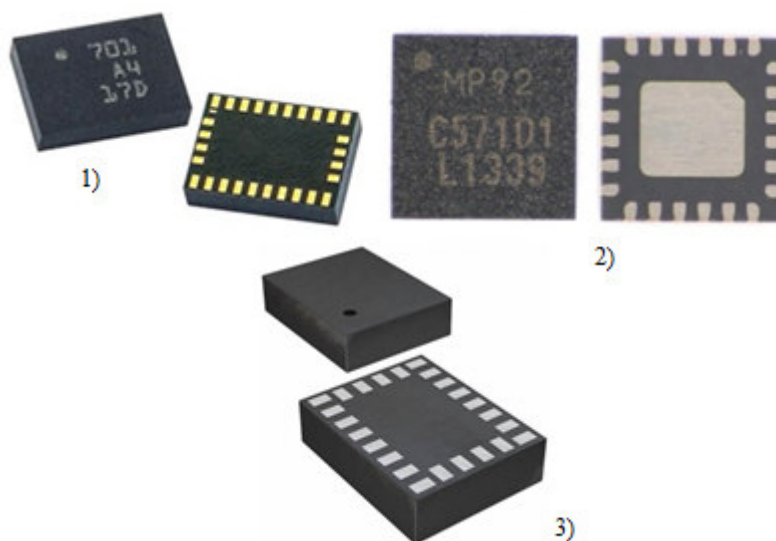


Рисунок 1 – Внешний вид инерциальных датчиков. 1 – BNO055, 2– MPU-9250, 3 – LSM9DS1.

Все исследуемые микросхемы имеют достаточно малые габариты, но наиболее миниатюрным получился датчик от компании InvenSense. Его площадь составляет около 9мм^2 . Это позволяет уменьшить площадь печатной платы разрабатываемого устройства.

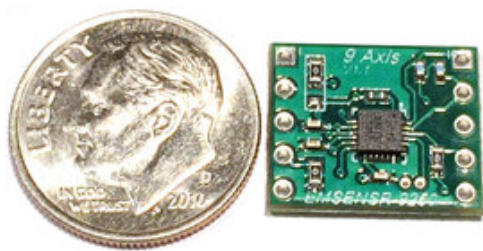


Рисунок 2 – Тестовая плата для MPU-9250, расположенная рядом с монетой в 10 центов (диаметр монеты - 17.9 мм).

Ещё несколькими важными параметрами для IMU являются напряжение питания и средний потребляемый ток. Все рассматриваемые микросхемы обладают достаточно низкими значениями этих параметров, а это значит, что устройства, использующие их, будут работать дольше и расходовать меньше заряда аккумулятора.

Стоит отметить, что в датчиках используются достаточно распространенные в микроэлектронике интерфейсы коммуникации (I²C и SPI), но хочется особо выделить BNO055, который использует протокол HID-I²C, широко используемый в устройствах на базе операционных систем Windows 8 и Windows 8.1.

Таблица 1 – Сравнение основных параметров датчиков систем инерциальной навигации.

Параметры	BoschSensortec BNO055	InvenSense MPU-9250	STMicroelectronics LSM9DS1
Габариты, мм	Корпус LGA 3.8x5.2x1.13	Корпус QFN 3x3x1	Корпус LGA 3.5x3x1
Напряжение питания	От 1.7 В до 3.6В	От 2.4 В до 3.6 В	От 1.9 В до 3.6 В
Среднее потребление тока	2.72 мА	3.7 мА	4.7мА
Интерфейсы	HID-I ² C, I ² C, UART	SPI, I ² C	SPI, I ² C
Масштабы акселерометра	±2, ±4, ±8, ±16 g [*]	±2, ±4, ±8, ±16 g [*]	±2, ±4, ±8, ±16 g [*]
Чувствительность гироскопа	От ±125°/сек до ±2000°/сек	±250, ±500, ±1000, ±2000°/сек	±245, ±500, ±2000°/сек
Масштабы магнитометра	±12 Гс (оси X и Y) ±25 Гс (ось Z)	До ±48 Гс	±4 Гс, ±8 Гс, ±12 Гс, ±16 Гс
Средняя цена	850 руб.	810 руб.	630 руб.

^{*} g - ускорение свободного падения

При разработке систем инерциальной навигации важно учитывать чувствительность осей датчика, чем она больше, тем точнее можно отслеживать перемещения устройства в пространстве. По данным показателям модульные и интегральные версии IMU приблизительно схожи. В среднем максимальный масштаб для акселерометров равен 16g, для гироскопов – ±2000°/сек. Масштабы измерений магнитометров разнятся в пределах от 12 Гс

до 48 Гс. Причиной такого разброса является технология размещения магнитометра на кристалле микросхемы. В некоторых случаях за основу 9-осных датчиков брались предшествующие им модели 6-осных датчиков, к которым добавлялись 3-осные магнитометры.

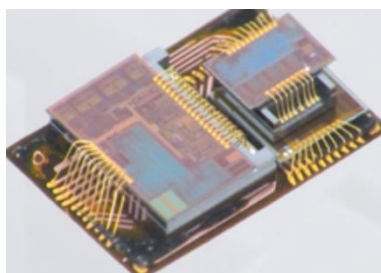


Рисунок 3 – Внешний вид кристалла BNO055

И последний критерий, по которому необходимо произвести оценку – это средняя цена при заказе из России. Все микросхемы проходят достаточно долгий путь, пока не попадут в руки к разработчику. Среди всех производителей на этом фоне выделяется фирма STMicroelectronics. Данный производитель имеет своё представительство в России. Этот факт позволяет избавиться от нескольких посреднических звеньев на пути к разработчику, отчасти поэтому и цена на электронные компоненты данной компании ниже на 10-20%, чем на подобные продукты других компаний.

В зависимости от поставленных перед разработчиком задач и доступных ресурсов, каждая из рассмотренных микросхем обладает своими достоинствами. Если стоит необходимость создать наиболее дешевое устройство, то лучшим выбором станет LSM9DS1 от STMicroelectronics. Для проектов, в которых важна миниатюрность подойдет микросхема MPU-9250 от InvenSense. А датчик BNO055 от BoschSensortec позволит сделать устройство более универсальным по отношению к используемым операционным системам.

Литература

1. Bosch Sensortec – техническая документация и описание производимых продуктов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmf055
2. InvenSense – техническая документация. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9250/>
3. STMicroelectronics – описание производимых продуктов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL http://www.st.com/content/st_com/en/products/mems-and-sensors/inemo-inertial-modules/lsm9ds1.html

*М.Г. Степанов, маг., В.Д. Ковалев, маг., С.А. Амелин, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПУСКА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ

В настоящее время при разработке различных устройств используют МДП-транзисторы, в процессе которого практически не обойтись без имитационного моделирования. Однако это не всегда представляется возможным.

Одна из причин заключается в том, что в настоящее время отсутствуют SPICE библиотеки отечественных мощных МДП-транзисторов, соответственно

их нужно создать. Для этого необходимо узнавать параметры каждого транзистора в отдельности. Поскольку самих отечественных транзисторов не мало, снимать характеристики каждого из них при помощи цифровых осциллографов слишком затратно.

Используя современную элементную базу, можно разработать стенд, который позволит быстро и без больших временных затрат получить значение времени запуска МДП-транзистора. Аналогичным образом можно разработать другие стенды для измерения других необходимых характеристик транзистор и, получив все необходимые характеристики, разработать SPICE модель.

В разрабатываемом стенде будет измеряться время фронта МДП-транзистора. Поскольку транзисторы мощные, необходим внешний источник питания с напряжением порядка 50 В.

Результат измерения должен выводиться в таком виде, который будет удобен пользователю. Поскольку требуется узнать только одну физическую величину, её удобно выводить, к примеру, на текстовый ЖК-индикатор.

Управлять ЖК-индикатором можно с использованием микроконтроллера и с его же помощью производить вычисления. В этом случае удобно использовать микроконтроллер, при помощи которого можно записать в память значения необходимых величин (двоичные данные 8-разрядного счетчика). В этом случае возникает необходимость получить эти величины.

Чтобы измерить время фронта можно использовать два компаратора и счетчик, подключенные к стоку МДП-транзистора. Для получения значения времени нужно измерить интервал времени от $0.1E_p$ до $0.9E_p$.

В соответствии с изложенными выше требованиями разработана структурная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора (рис. 1).



Рисунок 1 – Структурная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора

В данной структурной схеме используется внешний источник питания.

Открытие транзистора происходит путём подачи на затвор напряжения. На следующем этапе пороговое устройство измеряет уровни 0.1 и 0.9 от E_p и отправляют сигнал на измеритель длительности импульса, который в свою очередь производит счет и отправляет данные на микроконтроллер Atmega16,

который также отправляет на счетчик сигнал сброса и выводит значение времени запуска в наносекундах на устройстве индикации. В данном случае микроконтроллер в качестве высокого уровня сигнала имеет величину +5 В, достаточную для открытия транзистора.

Для разработки принципиальной схемы и последующего выбора компонентов необходимо разработать функциональную схему устройства.

В схеме используется внешний источник питания 50 В. Открытие транзистора происходит путём подачи на затвор напряжения. После этого в блоке порогового устройства поставим резистивный делитель, который уменьшит напряжение для стоящих далее компараторов. Эти компараторы измеряют уровни 0.1 и 0.9 от E_p с помощью опорного напряжения. Чтобы произвести счет, перед счетчиком в блоке измерителя длительности импульсов требуется поставить логический элемент XOR, который является ключом.

После того как данные придут на счетчик, он должен отправить их на микроконтроллер Atmega16 в двоичном виде, который впоследствии отправляет на счетчик сигнал сброса и выводит значение времени запуска в наносекундах на LCD-индикаторе. Напряжения от микроконтроллера будет достаточно чтобы следующий далее блок формирователя смог открыть МДП-транзистор. Также следует добавить, что к счетчику будет присоединен тактовый генератор на 200 МГц для того, чтобы он удовлетворял временные потребности схемы.

На рис. 2. представлена функциональная схема стенда, выполненная исходя из наработок по структурной схеме.

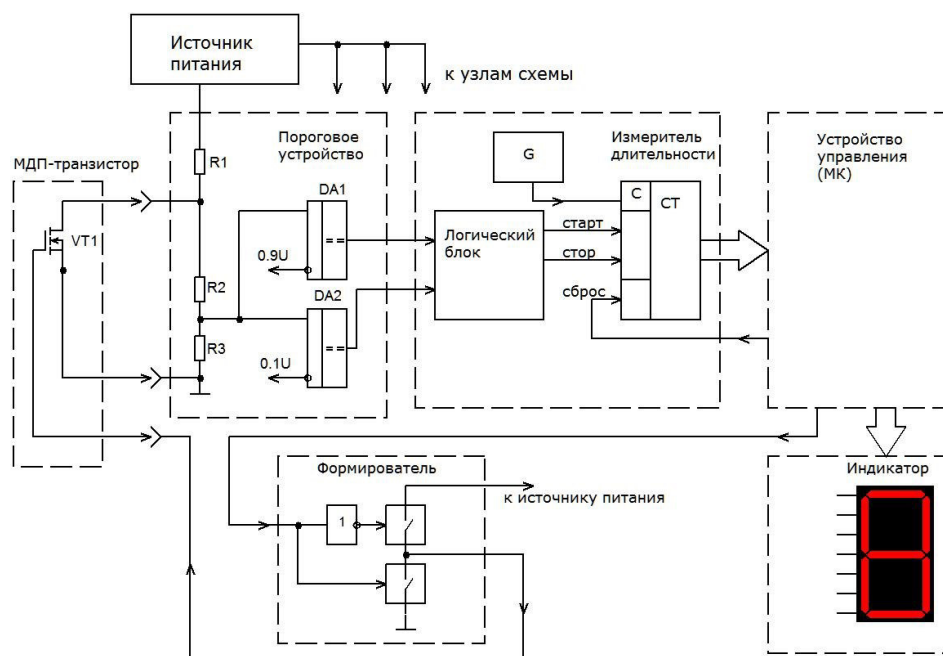


Рисунок 2 – Функциональная схема устройства измерения времени запуска МДП-транзистора

Сигнал запуска с устройства управления подается на блок формирователя, который состоит из двух биполярных транзисторов, усиливающих сигнал для открытия МДП-транзистора.

Напряжение от источника питания подается на два последовательно включенных делителя напряжения в блоке порогового устройства. Первый делитель устанавливает напряжение на исследуемом МДП-транзисторе, а второй понижает напряжение для измерения компараторами. Пониженное напряжение на компараторах упрощает выбор элементной базы и источников опорного напряжения. В качестве ИОН возьмем напряжение с DC/DC преобразователя и установим нужные уровни с помощью резистивных делителей.

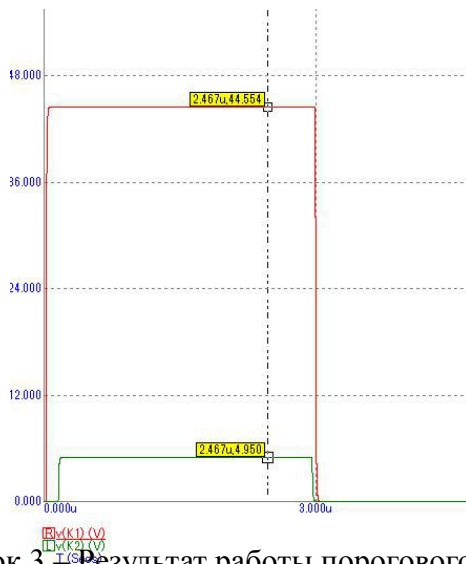


Рисунок 3 – Результат работы порогового устройства

Сигнал с компараторов поступает на логический блок, который состоит из элементов XOR и NAND3. Элементы соединены таким образом, чтобы обеспечивать выходной сигнал в нужные моменты времени. Далее тактовый сигнал попадает на счетчик.

8-разрядный двоичный код с выхода счетчика подается на устройство управления которое представляет собой микроконтроллер. Программа преобразует данные и отправляет их на индикатор в форме понятной для пользователя.

Для проверки работоспособности разработанного алгоритма было проведено имитационное моделирование в программах Proteus 7.10 SP0 и Microcap 10 (рис. 4-5).

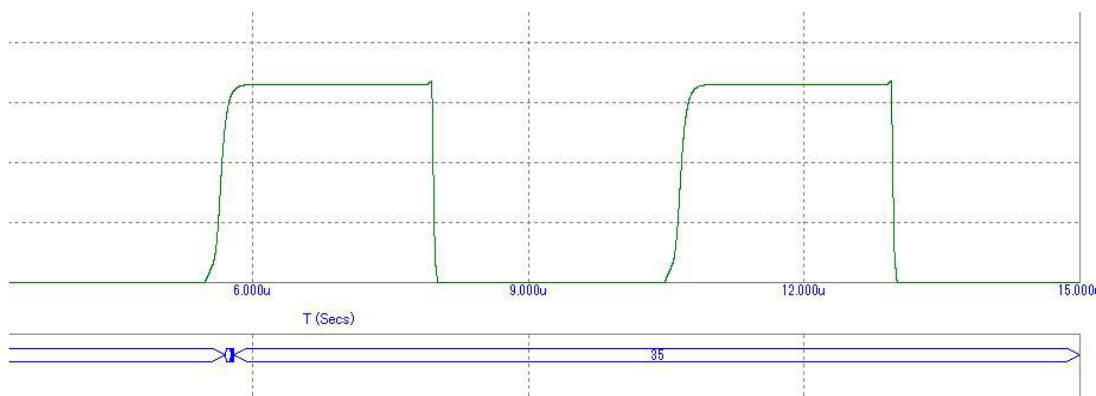


Рисунок 4 – Результат моделирования стенда в среде Microcap 10

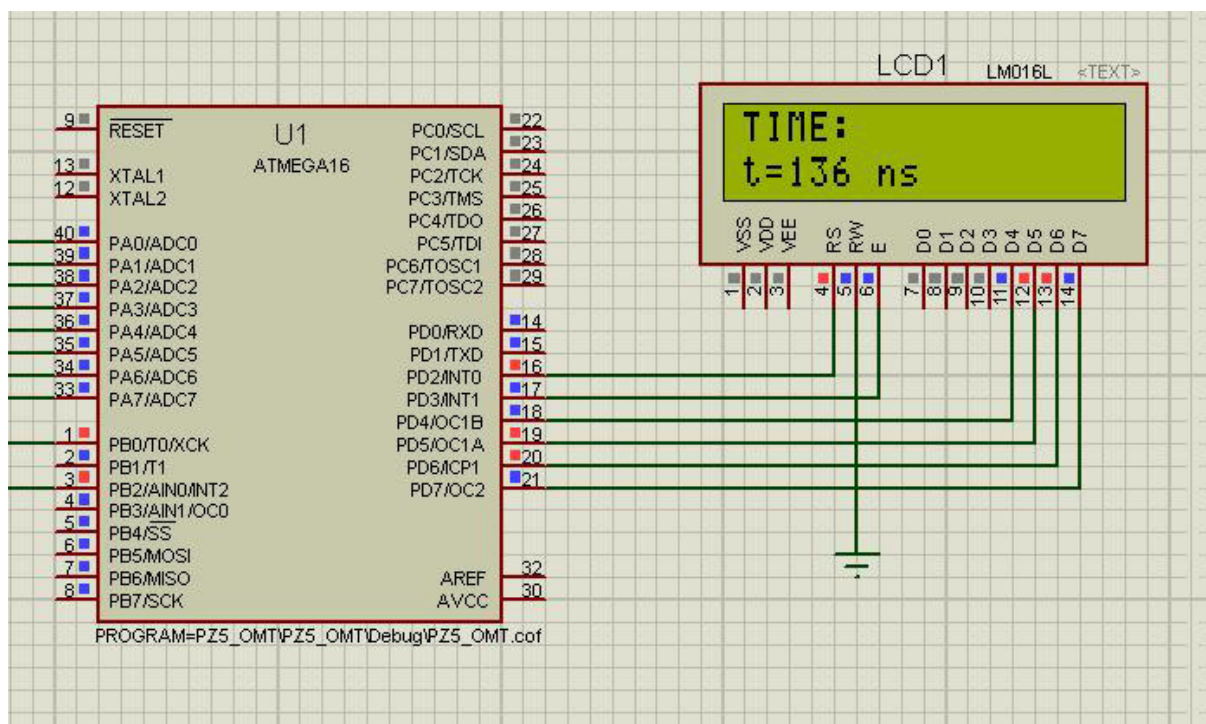


Рисунок 5 – Результат моделирования стенда в среде Proteus 7.10

Литература

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – М.: Мир, Бином, 2011. – 704 с. : ил.
2. ATmega16 Datasheet. [Электронный ресурс]: Datasheet. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
3. Затулов С.Л. Моделирование переходных режимов работы ограничителя выбросов напряжения, работающего в режиме ограничения мощности / Затулов С.Л., Амелин С.А., Амелина М.А. // Практическая силовая электроника. – 2016. – №1. – С.52-56
4. Амелин С. А. Проблемы создания SPICE-моделей ШИМ-контроллеров источников вторичного электропитания / Амелин С.А., Варфоломеева Д.Н. // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции: В 2 томах. филиал ФГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. – 2015. – С.243-245

Н.Н. Строев, к.т.н., доцент

(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОВИДЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Средства технического зрения с использованием радиовидения миллиметрового диапазона волн применяется для исследования объектов в радиопрозрачных средах, но непрозрачных в оптических диапазонах. К таким средам относятся диэлектрические вещества с малыми уровнями поглощения электромагнитных волн. Это делает подобные установки конкурентоспособными по параметрам с рентгеновскими и при этом они являются значительно более безопасными.

Организация освещения объекта в системах технического зрения во многом определяет качественные показатели получаемого изображения. Для аппаратуры радиовидения, используемой в таких системах, разработка средств

активного освещения в диапазоне рабочих частот является актуальной и технически сложной задачей [1, 3].

С точки зрения радиооптики сложность задачи состоит в том, что отражение волны от поверхности исследуемого объекта может происходить зеркально, в разных направлениях и значительная часть излучения не фиксируется приемной аппаратурой, а прямое отражение ведет к появлению ярких бликов на изображении. Подобные проблемы возникают и в оптических системах, например, при получении изображений рельефных отражающих объектов, когда без специальных осветителей просто не обойтись.

Теоретически наилучшим вариантом радио освещения может быть множество точечных источников, расположение которых организует равномерную подсветку объекта. Однако на практике такое решение слишком затратное, а при малом количестве точечных независимых источников не устраняется бликовый характер радио изображения.

Нами были проведены многочисленные эксперименты по организации освещения объектов источником на основе ЛПД генератора с частотой 98,3 ГГц с различными вариантами расположения осветителя и отражающих элементов. Обобщению полученных данных посвящена данная работа.

Как ранее отмечалось в работе [2], освещение сцены в лучшем варианте должно иметь диффузный характер. На практике же обычно исследователь имеет один или несколько точечных источников с близким к гауссовому распределению энергии в секторе освещения. Возможна корректировка распределения энергии для получения более плоского фронта волны путем точного расчета антенны на выходе генератора. Такая корректировка нами была произведена, однако существенного повышения качества радиоизображения добиться при этом не удалось. Наблюдался ярко выраженный бликовый характер, с трудом программными средствами удавалось восстановить контуры объекта, прорисовка деталей фактически была потеряна. В оптической аналогии данный пример соответствует освещению зеркального объекта ярким точечным осветителем, причем при почти полном отсутствии диффузной составляющей.

Исходя из данных экспериментов, было принято решение исследовать возможности применения дополнительных отражающих поверхностей для улучшения качества радиоизображения при работе «на отражение».

Реализация средств радиовидения для режима работы «на отражение» требует возврата энергии осветителя, отраженной поверхностью цели, на приемную камеру. Только в этом случае может быть получено изображение объекта, определены его контуры. Большинство объектов с электропроводящей поверхностью в диапазоне миллиметровых волн являются зеркально отражающими, т.е. падающая волна согласно оптическим законам отражается под углом равным углу падения. При расположении осветителя и матричной камеры близко к соосному отраженный радиолуч частично или полностью попадет на квазиоптический объектив камеры и будет получено радиоизображение, контурно повторяющее объект. Для этого отражающая поверхность объекта должна быть перпендикулярна биссектрисе угла

оптических осей камеры и осветителя. Если это условие не выполняется, радио луч проходит мимо камеры, радио изображение получено быть не может. На рисунке 1 проиллюстрирована такая ситуация, когда объект в виде плоской пластины слегка поворачивается от исходного положения. Отраженный луч уходит в пространство, объект не будет виден.

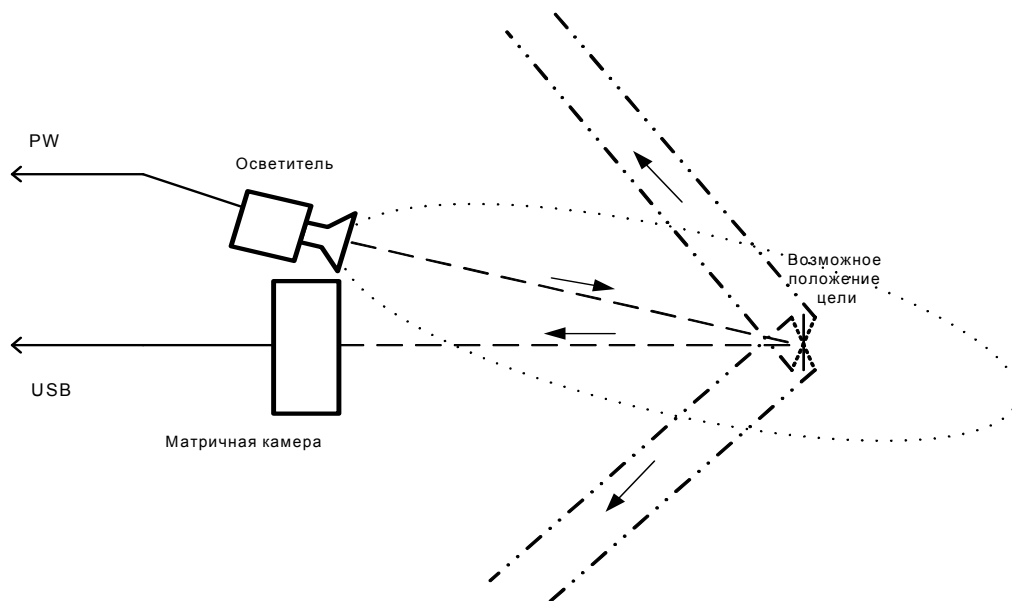


Рисунок 1 Потеря радиолуча при его отражении

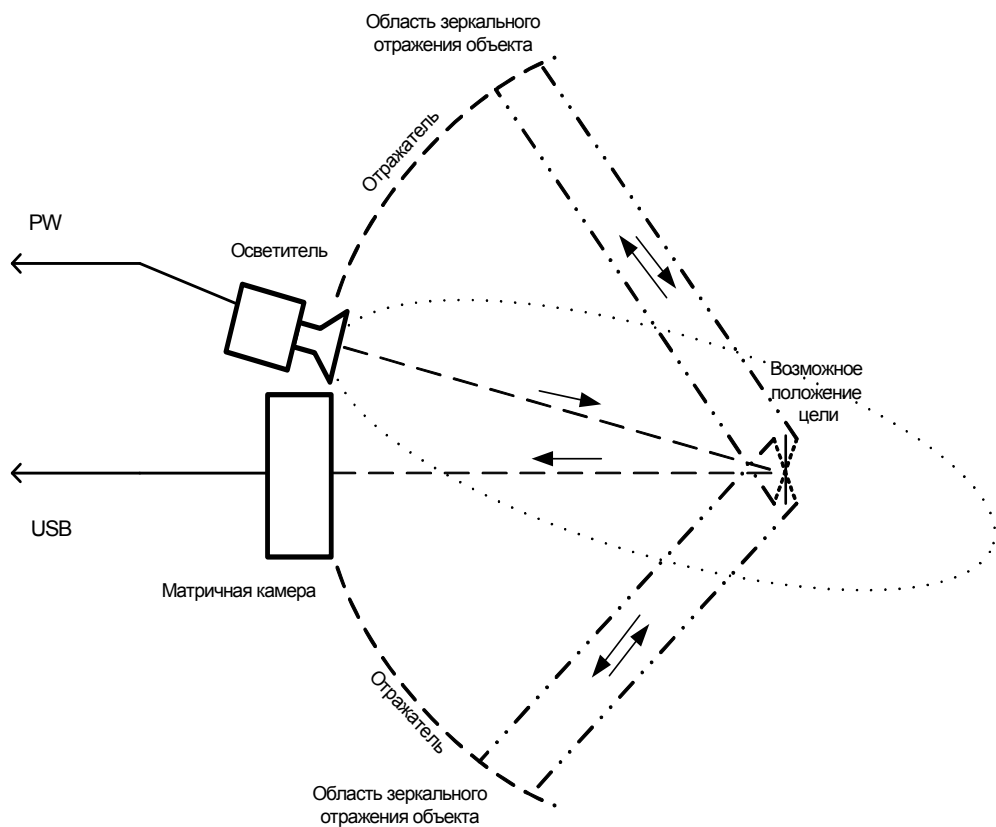


Рисунок 2 Использование возвратной отражающей поверхности

Самым простым решением может стать использование дополнительной отражающей поверхности, которая будет зеркально отражать радиолуч от объекта в обратном направлении. Такое решение иллюстрирует рисунок 2. Отразившись от отражающей поверхности, радиолуч будет возвращен на поверхность объекта и вновь отразившись попадет на камеру. Яркость изображения объекта при сохранении чувствительности камеры хотя и уменьшится, но он будет виден. «Крылья» отражателя должны быть тем больше, чем на больший угол отклонена цель. Несложный расчет показывает, что для компенсации угла до 5 градусов при расстоянии до цели 1м, достаточно отражающей поверхности диаметром порядка 40 см. Для больших углов поворота данный метод не эффективен, так как требует больших размеров отражателя и не позволит получить данные о форме объекта. При проведении эксперимента нами использовались как зеркальные, так и зеркально-диффузные поверхности. Последние дали заметно лучшие результаты.

Другой возможный вариант средств освещения объекта приведен на рисунке 3. В качестве отражателя используется поверхность эллипсоида, в первом фокусе которого помещается излучатель. Отраженные от поверхности эллипсоида лучи попадают во второй фокус, в котором размещается объект. При таком расположении часть энергии обязательно попадет в приемное окно матричной камеры, которая должна находиться в активной зоне эллипсоида.

Такая квазиоптическая система так же имеет строгие ограничения по применению, связанные с необходимостью нахождения объекта в фокусе эллипсоида. При использовании вместо эллипсоида параболической поверхности это требование немного меняется – объект должен находиться на оси параболоида. Эффективность осветителя с параболоидом будет снижена, поскольку значительная часть энергии будет проходить мимо цели и камеры.

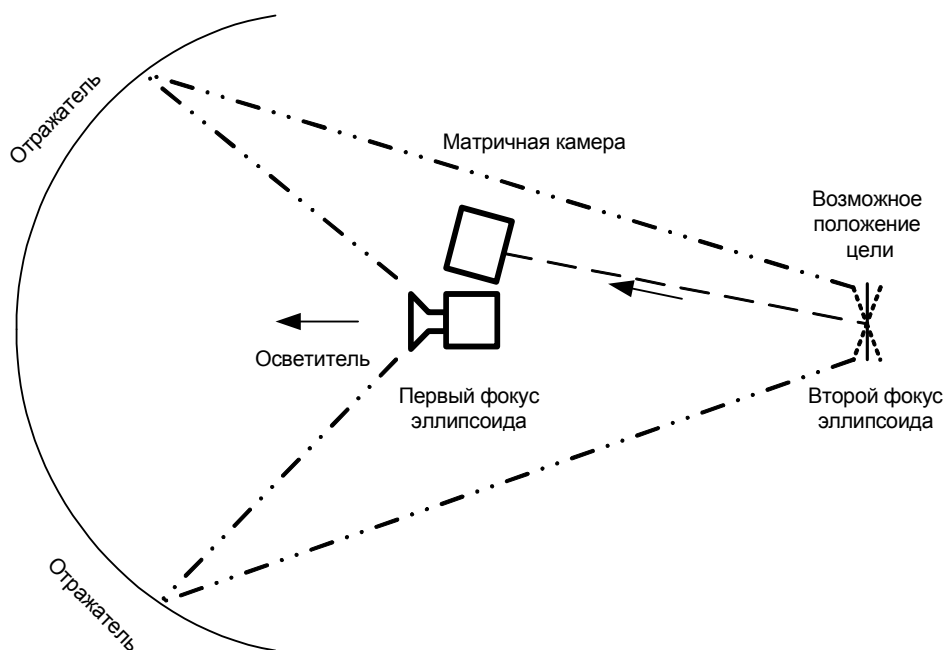


Рисунок 3 Использование эллиптической отражающей поверхности

Наиболее сложный вариант квазиоптической радиосистемы, требующий строгого расчета, может быть выполнен по принципу Кассегрена. Подобные системы состоят из основного (фокусирующего) зеркала и выпуклого вторичного зеркального элемента, располагаемого на его оптической оси (рисунок 4).

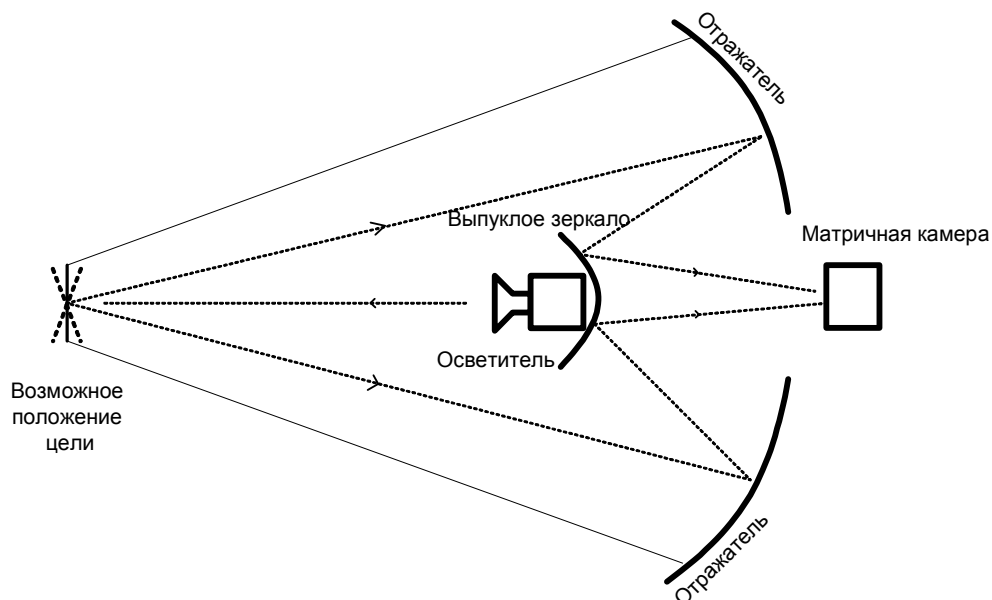


Рисунок 4 Построение структуры осветителя и приемной камеры с двумя отражателями

В настоящее время экспериментальные работы в данном направлении продолжаются.

Полученные результаты позволяют говорить о перспективности применения подобных структур освещения в системах технического зрения с применением волн миллиметрового диапазона.

Выводы: в ходе экспериментальных исследований опробован способ формирования радио освещения объектов в зоне наблюдения с использованием направленного источника излучения на ЛПД генераторе с рупорной антенной и отражающей поверхности эллипсоидной кривизны. Использование отражающей поверхности обеспечило уменьшение бликового характера изображения, дало возможность получения изображения рельефных поверхностей, что позволяет использовать его в системах технического зрения для наблюдения неподвижных объектов ограниченного объема. Недостатком предложенного решения можно считать большие габариты осветителя и сложность его настройки. В настоящее время проводится моделирование и построение вариантов системы радиовидения с более сложной конструкцией и меньшими размерами.

Литература

1. Способ формирования изображений в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне волн (варианты) и система формирования изображений в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне волн: пат. 2237267 Рос. Федерация : МПК G01S13/88, G01V3/12 / Волков Л.В., Воронко А.И., Карапетян А. Р.; заявитель и патентообладатель Волков Леонид Викторович. – № 2001131626/09; заявл. 26.11.2001 ; опубл. 27.09.2004, Бюл. № 4. – 37 с.

2. Строев Н.Н., Сулимский Е.С.. Организация исследовательского комплекса с использованием матричной камеры субтерагерцового диапазона/ Строев Н.Н., Сулимский Е.С. //Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. – 2014. Т. 13. Вып. 4. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-44-html/stroev/stroev.htm>
3. Локшин Г.Р. Основы радиооптики / Локшин Г.Р.. –М.: «Интеллект», 2014.. – 348 с.

*Н.Н. Строев, к.т.н., доцент; С.П. Астахов, к.т.н., доцент.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ БЕСПРОВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Тенденции внедрения беспроводных методов передачи информации в сетях различного назначения диктуются, прежде всего, желанием избавиться от необходимости прокладки сложных и дорогостоящих коммуникаций и обеспечить высокий уровень мобильности.

Для информационных сетей промышленного назначения применение беспроводных технологий позволяет так же обеспечить доступ в труднодоступные зоны. Однако применение радиодоступа узлов промышленной информационной сети ограничивается рядом факторов. Во-первых, это наличие большого уровня электромагнитных помех, мешающих устойчивой работе аппаратуры. Во-вторых, это ограничения на показатели для сетевых технологий, сертифицированных для использования в цеховых условиях. Кроме того, вопросы электропитания сетевых узлов беспроводной сети обычно решаются применением аккумуляторов, требующих подзарядки и контроля состояния.

Главной задачей промышленных информационных сетей является сбор данных и управление оборудованием в реальном времени. Для решения этой задачи используются уровневые подходы – разбиение сети на горизонтальные структуры, каждая из которых отвечает за определенный класс задач, связанных с производственными и технологическими процессами. Если на низких уровнях сети речь идет о сборе первичной информации с датчиков, управлении исполнительными устройствами, для чего требуется незначительные коммуникационные мощности, то на более высоких уровнях проводится управление базами данных, решаются вопросы моделирования, видеоконтроля, обработки данных систем технического зрения. На этих уровнях информационной сети резко возрастают требования к скорости и времени доставки данных, требуется сокращение или полное отсутствие периодов ожидания готовности среды передачи.

Актуальной задачей является поиск методов и разработка универсальных структурных единиц промышленной информационной сети, которые с успехом решали бы задачи сетевого обмена всех уровней, обеспечивая универсальность и унификацию сетевого оборудования. Существующие технологии, например Wi-Fi, конечно могут быть использованы и в промышленных сетях, однако для данных стандартов ограничена скорость обмена и не выполняется требование ограничения времени ожидания доступности. Решение данных вопросов

возможно при увеличении предельной производительности, а это в свою очередь требует значительного повышения частоты модуляции.

В последнее время разработчики все больше внимания уделяют диапазону миллиметровых волн [1,2,3], в этом направлении развивается известная группа стандартов IEEE802.15. Для несущей частоты КВЧ диапазона оказывается возможным достижение скорости передачи до 50-70 Гбит/с даже при относительно простых способах модуляции (амплитудной или фазовой). Существенным достоинством диапазонов КВЧ является малый уровень помех, наблюдаемых на частотах более 30 ГГц, наличие нескольких окон прозрачности для частот до 110 ГГц. Особенности радиоизлучения для данного диапазона являются: строго направленный характер, значительное ослабление при наличии воды или высокой влажности, невозможность обхода даже незначительных электропроводящих препятствий.

Проведенный анализ показал, что к настоящему времени имеются предпосылки разработки аппаратуры миллиметрового диапазона, однако многие вопросы пока не решены. В сегменте элементной базы широко представлены интегральные микросхемы для диапазона частот до 24 ГГц, имеются доступные решения для диапазона до 40 ГГц, разрабатывается линейка ИС для диапазонов 60-70 ГГц. Совершенствуются и принимаются новые стандарты для построения информационных сетей КВЧ диапазона. Наиболее проработаны вопросы радиоинтерфейсов для систем точка-точка, «последней мили» средств связи [3]. В промышленных образцах этих устройств применяются частоты от 24 до 40 ГГц и обеспечивается скоростная передача данных. Активно осваивается Е- диапазон, включающий два поддиапазона – 76 и 95 ГГц

Однако высокие цены данной аппаратуры не позволяют говорить о широком ее использовании в других областях информационных технологий.

Нами проведено исследование возможности разработки относительно недорогих радиоустройств для применения в аппаратуре информационных сетей, адаптированных к задачам повышения скорости обмена, снижения времени ожидания и достижения универсальности физического уровня и интерфейса канального уровня.

Для создания радиопередающей части узла сейчас доступны комплекты ИС, которые обеспечивают несущие радиочастоты до 40 ГГц. Можно в ближайшее время ожидать расширение возможностей частотного диапазона интегральных схем умножителей частоты и усилителей мощности до 60 ГГц. Некоторые частотные диапазоны недоступны по элементной базе из-за санкционных ограничений продажи и использования интегральных микросхем на территории России. Элементная база генераторов для более высоких частот пока имеет высокую стоимость и представлена ЛПД диодами, диодами Ганна с весьма существенными ограничениями возможности модуляции и предельной мощности.

Для приемной части аппаратуры наиболее распространены гетеродинные решения. Приемники миллиметрового диапазона такого типа выпускаются, в том числе, и в России, серийно небольшими тиражами [5]. Однако ценовой

диапазон, техническая сложность исполнения, энергозатратность не позволяют говорить о возможности широкого использования таких технологий в составе массового сетевого оборудования.

Благодаря научным открытиям российских ученых и изобретению полупроводниковых приборов, работающих на эффекте плазменных колебаний, для разработчиков стал доступен новый вид детекторов, которые осуществляют прием и прямое преобразование энергии колебаний КВЧ в энергию электрического тока. Выпускаемые фирмой Terasence Labs [4] пикосекундные детекторы способны принимать сигналы в широком диапазоне частот начиная с 30 ГГц, причем внутренняя структура в процессе производства адаптируется к выбранным резонансным частотам, где обеспечивается максимальная чувствительность. Мы провели экспериментальное исследование детектора Terasence, имеющего две ярко выраженные пики чувствительности – 39,9 ГГц и 98 ГГц. Заявленные на сайте производителя параметры в ходе экспериментов полностью подтвердились.

Для 98 ГГц в ходе экспериментов применялась антенна, представляющая собой фторопластовую линзу, конструктивно совмещенную с кристаллодержателем. Для 39,9 ГГц использовалась специально разработанная и изготовленная рупорная антенна.

Проведенные исследования позволяют с уверенностью говорить о возможности разработки простого и экономичного приемного устройства для работы в диапазонах КВЧ от 40 до 100 ГГц. Детектор подключается непосредственно к входу скоростного усилителя, параметры которого собственно и ограничивают возможности уверенного приема модулированного радиосигнала для его последующей обработки. Конечно, при этом возможно использовать только амплитудную модуляцию, другие виды модуляции не применимы с данным видом приемных детекторов. Зато для целей селекции можно полезно использовать ярко выраженную поляризацию характеристик детектора. Достаточно повернуть кристалл детектора относительно направления поляризации на 90 градусов, как чувствительность падает в десятки раз. Таким образом, можно формировать строго направленные каналы для встречной приемо-передачи точка-точка на близких и даже одинаковых частотах.

Для усиления сигналов детектора могут быть использованы усилители, применяемые в приемных устройствах оптоволоконных систем. Этот класс приборов выпускается серийно и является доступным. В наших экспериментах мы использовали несколько вариантов интегральных усилителей с предельной частотой единичного усиления до 500 мГц и получили обнадеживающие результаты. Детектор Terasence, в соответствии со справочными данными, способен обеспечить пикосекундное быстроедействие при работе на согласованную нагрузку, так что самым главным вопросом при разработке приемника будет именно достижение наилучшего согласования с входом усилителя. Рекомендуемый коэффициент усиления, исходя из данных эксперимента, должен составлять 3-5 раз, желательно так же применение в усилителе контура АРУ.

Таким образом, современный уровень развития элементной базы и технологий вполне позволяет обеспечить разработку скоростных недорогих устройств для сетевой приемо-передачи данных в миллиметровом диапазоне волн.

На основе анализа экспериментальных характеристик с учетом перспективных возможностей радио модуля была предложена структура узла сети, который, по сути, является универсальным приемо-передающим двунаправленным шлюзовым центром для полудуплексной приемо-передачи в двух направлениях с пространственно-временной селекцией. Радиоканалы формируются с применением остронаправленных антенн, каждый из которых фактически заменяет соответствующий проводной сегмент. Протоколно-канальную часть целесообразно сформировать на основе семейства стандартов Ethernet. Необходимо разработать интерфейс физического уровня – подуровень, обеспечивающий адресную передачу в заданном направлении точка-точка инкапсулированных кадров на приемо-передающий радиомодуль. Предполагается, что занятость узла будет обрабатываться по аналогии разрешения коллизии стандарта Ethernet IEEE802.3. Селективность направления обеспечивается остронаправленными антеннами и поляризационной чувствительностью детекторов. Получение минимальных задержек доступа среды передачи в сети гарантируется использованием высокой скорости передачи на сигнальном уровне.

Структура сети может представлять собой шину либо кольцо исходя из приоритетности решаемых в сети задач. Контроллеры, которые обслуживают промышленное оборудование, ПЛК, промышленные компьютеры будут подключаться к ближайшим шлюзовым узлам стандартными сетевыми интерфейсами. Тем самым достигается высокий уровень унификации узлов и снимается необходимость прокладки коммуникаций разноуровневых сетевых технологий в производственных помещениях, упрощается техническое обслуживание сети.

Достоинствами предложенного решения является высокая надежность, помехоустойчивость, коммуникационная универсальность оборудования, поддержка функций реального времени (минимальные задержки при передаче информационных блоков по сегментам сети). Существенные упрощения достигаются путем применения пространственно-временная селекция узлов сети, привязки адресности к территориальному расположению узла. Следует отметить возможность расположения сетевых узлов в труднодоступных и опасных зонах, отделенных радиопрозрачными перегородками.

К недостаткам следует отнести существенные ограничения дальности приемо-передачи исходя из свойств радиопрозрачности в рабочих зонах, чувствительности приемных детекторов и допустимых безопасных уровней радиосигналов КВЧ. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность надежной приемопередачи сигналов с последующей демодуляцией на расстояния до 100 м в зоне видимости, что согласуется с общими требованиями локальных информационных сетей.

Выводы. Проведенные исследования позволяют говорить о

перспективности разработки и применения радиочастотных средств миллиметрового диапазона для организации транспортной системы промышленных информационных сетей. Решения в этой области позволят обеспечить универсальность сетевой аппаратуры, избавиться от многоуровневых кабельных систем, увеличить производительность и сократить время ожидания доступности сети для передачи пакетов в режиме реального времени.

Литература

4. Вишневский В., Фролов С., Шахнович И. Миллиметровый диапазон как промышленная реальность. Стандарт IEEE 802.15.3с и спецификация WirelessHD. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2010, № 3, с.70–79.
5. Вишневский В., Фролов С., Шахнович И. Персональные сети миллиметрового диапазона. Стандарт ECMA-387. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2010, № 5, с.46–55.
6. Вишневский В., Фролов С., Шахнович И. радиорелейные линии связи в миллиметровом диапазоне: новые горизонты скоростей-387. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2011, № 1, с.90–97.
7. Электронный ресурс <http://terasense.com/technology/basics/>
8. Электронный ресурс <http://iceberg-nt.ru/prod.htm>

***В.В. Сухотин, к.т.н., доц.; И.В. Якименко, д.т.н., доц.; А.В. Навродский
(ВА ВПВО ВС РФ, г.Смоленск)***

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ ФОНОВЫХ ПОМЕХ

Погрешности измерений фоновых помех можно разделить на инструментальные и методические.

Инструментальные погрешности измерений связаны с работой оптико-электронных узлов и блоков аппаратуры, с методами и средствами энергетической градуировки, с качеством изготовления элементов аппаратуры: фильтров, приемников, зеркал, модулятора, с изменением температуры окружающей среды.

Методические погрешности измерений связаны с объектом измерений и определяются методами обработки информации и набором статистического материала.

Погрешности аппаратурного характера составляют около 12% при измерениях энергетической яркости фоновых помех в абсолютных единицах и $(1-3) P_m(B)$ т. е. $(1-3) U_{ш}$ радиометра при измерении контрастов яркости (относительные погрешности).

Основные погрешности измерений связаны с проведением градуировочных работ. Они зависят от нестабильности температуры эталонного источника – сотовой модели абсолютно черного тела, с неравномерностью температурного поля его излучающей поверхности, с фоном интерференционного фильтра, т. е. с пропусканием фильтра вне рабочей полосы длин волн (8–12,5 мкм) и, в связи с этим, определяются также и выбранной температурой эталонного источника. Последнее особенно важно при значительном фоне фильтра [1].

На практике обычно устанавливают температуру источника такой, чтобы максимум излучения совпадал с рабочей полосой длин волн излучения

исследуемого источника или был не сильно смещен относительно этой полосы, т. е. чтобы коэффициент использования оптико-электронной системы

$$\eta(\lambda, T_n K) = \frac{\int_0^{\infty} r(\lambda, T_n K) S_0(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} r(\lambda, T_n K) d\lambda}$$

был максимальным или мало отличался от максимального [2]. Здесь $S_0(\lambda)$ – спектральная характеристика чувствительности оптико-электронной системы, T_n – температура источника излучения, $r(\lambda, T_n, K)$ – спектральная плотность излучения АЧТ.

Такие требования следует особо учитывать для систем с широкополосными приемниками (пирозлектрический приемник, специально разработанный для ИВК, имеет спектральную полосу чувствительности в пределах от 1,8 до 25 мкм).

При градуировке температура модели АЧТ была выбрана равной 353K, нестабильность температуры не превышала $\pm 2K$, неравномерность поля температуры модели была не более 0,4K и при расчетах не учитывалась.

Погрешности, возникающие из-за нестабильности температуры АЧТ, рассчитывались по формуле [2]

$$\sigma_1(\lambda, TK \pm \Delta TK) = \frac{\int_{\lambda=12,5}^{\lambda=12,5} r(\lambda, 353 \pm 2K) S(\lambda) \tau_{\phi}(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda=8}^{\lambda=12,5} r(\lambda, 353K) S(\lambda) \tau_{\phi}(\lambda) d\lambda}$$

и не превышали 2–3%. При этом температура модулятора оставалась постоянной. Градуировка радиометра проводилась многократно, не реже одного раза в два месяца. Калибровочные измерения, т. е. определение нестабильности чувствительности, проводились несколько раз в день.

Погрешности, связанные с фоном фильтра $\tau_{\phi_{он}}(\lambda)$, рассчитывались по формуле [2]

$$\sigma_2(\lambda, TK) = \frac{\int_{\lambda=1,8}^{\lambda=8} r(\lambda, TK) S(\lambda) \tau_{\phi_{он}}(\lambda) d\lambda + \int_{\lambda=12,5}^{\lambda=16} r(\lambda, TK) S(\lambda) \tau_{\phi_{он}}(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda=8}^{\lambda=12,5} r(\lambda, TK) S(\lambda) \tau_{\phi_{он}}(\lambda) d\lambda}.$$

Они не превышали 3%, когда через фильтр пропусклось излучение от источника с температурой 473K, при пропускании излучения от источника с температурой 353K погрешности не превышали 1%.

При расчетах фон фильтра принимался как равномерно распределенный вне полосы пропускания с подавлением равным 10^{-3} (паспортные данные). Характеристики фильтра ежегодно проверялись метрологической службой.

Реальные погрешности измерений энергетической яркости фоновых полей были меньше расчетных, так как их температура всегда ниже, чем принималась при градуировке.

Влияние немодулированного излучения – засветки $\sigma_4(\lambda, T_\phi K)$ может также приводить к погрешностям измерений. При работе с приемниками на основе $CdHgTe$ (77K) и $GeHg$ (51K) это влияние при относительных фоновых засветках $E/E_0 \leq 8$ можно выразить в виде [2]

$$\sigma_4(\lambda, T_\phi K) = \frac{S(B)}{S_m(B)_0} = l - a \left(\frac{E}{E_0} - l \right)^{\frac{1}{4}},$$

$$\sigma_4(\lambda, T_\phi K) = \frac{P(B)}{P_m(B)_0} = l + b \left(\frac{E}{E_0} - l \right)^{\frac{1}{2}},$$

где $\frac{S(B)}{S_m(B)_0}$, $\frac{P(B)}{P_m(B)_0}$ – относительная вольт-ваттная и пороговая

чувствительности приемников;

E_0 и E – начальная и изменяющаяся фоновые засветки, действующие на приемник излучения в его апертурном угле γ при температуре окружающей среды $T_\phi K$ и $T_0 K$ при которой градуирована система:

$$E_0 = \sin^2 \left(\frac{\Omega}{2} \right) = \int_0^\infty r(\lambda, T_0 K) S_0(\lambda) d\lambda, \quad (1.12)$$

$$E = \frac{g_{ачт}}{\pi l^2} \int_0^\infty r(\lambda, T_\phi K) S_0(\lambda) d\lambda, \quad (1.13)$$

где l – расстояние между приемником излучения и диафрагмой источника излучения;

$g_{ачт}$ – площадь источника излучения;

a, b – масштабные коэффициенты.

Например, если система проградуирована при температуре $T_0 K = 298 K$, то при температуре $337 K$ фоновая засветка увеличится примерно в 2 раза при апертурном угле приемника $\Omega \approx 30^\circ$, при этом $S_m(B)$ может уменьшиться на 16–20%. В нашем случае температура окружающей среды всегда контролировалась и учитывалась при ее измерениях.

Погрешности измерений, связанные с квантованием непрерывного сигнала реализации $\sigma_5(f_{кв}(B))$, зависят от шага квантования. Дисперсия шумов квантования, согласно [2], определялась как

$$D[f_{k\epsilon}(B)] \cong \frac{I}{I_2} \delta^2,$$

где δ – шаг квантования по уровню, в нашем случае $\delta \approx kP_m(B) \approx (k \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1})$ при $k = \frac{U_c}{U_{ш}} = 1$, $D[f_{k\epsilon}(B)] = 2,5 \cdot 10^{-11} [\text{Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}]^2$ в полосе $\Delta f \approx 10 \text{ Гц}$.

Данная величина дисперсии в $10^3 \div 10^5$ раз меньше дисперсий флуктуаций яркости кучевых, слоисто-кучевых и высоко-кучевых облаков, поэтому этот вид погрешностей может учитываться лишь для тех ансамблей помех, флуктуации которых могут быть замечены в области высоких пространственных частот, как у перистой или высоко-слоистой облачности.

Погрешности измерений, связанные с неравномерностью скорости сканирования, частотой модуляции радиометра и нестабильностью параметров радиоэлектронных устройств, не превышают 1%.

Таким образом, как показывает анализ, суммарная погрешность измерений при экспериментальных исследованиях пространственных распределений яркостей облачной атмосферы не превосходит 10–12%.

Литература

1. Алленов А. М., Богданович С. А., Соловьев В. А. и др. Исследования излучения оптических фонов в диапазоне 3–5 и 8–13 мкм// Труды ИЭМ. 1996. Вып. 26 (161). С. 31–49.
2. Отчет о НИР “Ангстрем-2” “Исследование пространственно-временной и спектральной структуры излучения фоновых помех при облачной атмосфере в ультрафиолетовом и инфракрасном (до 13 мкм) диапазонах волн”. Смоленск, ВА ВПВО ВС РФ, 2009, 154 с.

*А.В. Теплов, студ.; Е.В. Найденов ассистент
(филиал ФГБОУ ВО “НИУ “МЭИ” в г. Смоленске, г. Смоленск)*

ПРОГРАММА ВЫДЕЛЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ СМЕСИ ГАУССИАН

В современном мире человек постоянно находится под напором в постоянно меняющемся потоке информации, исходящей из огромного количества разнообразных источников. Значительную роль в процессе контроля этой информации играют системы её мониторинга и анализа. Одним из наиболее ёмких каналов поступления информации являются видеоданные, многообразная природа которых делает их учёт и анализ сложной задачей, требующей комплексного аналитического подхода [1].

Системы анализа видеопотока находят своё применение во множестве сфер общественной жизни, таких, например, как системы безопасности дорожного движения, охраны правопорядка, управления различными техническими процессами или же в сфере развлечений. Для осуществления подобного анализа необходимо произвести выделение данных, представляющих непосредственный интерес, из общего потока поступающей информации. Одним из таких способов разделения данных является алгоритм выделения движущихся объектов.

Основными требованиями, предъявляемыми к подобным алгоритмам, являются:

- малое время обработки сигнала;
- устойчивость к шумам видеосигнала;
- возможность адаптации к изменяющимся условиям освещения;
- адаптация к появлению новых неподвижных объектов кадре.

Предложенный алгоритм предназначен для обнаружения и анализа жестов кисти руки человека, находящейся в поле зрения системы технического зрения. В основе алгоритма лежит процесс отделения фона от движущихся объектов, реализованный с помощью метода адаптивной модели смеси гауссовских распределений [2].

Выбор данного алгоритма обусловлен тем, что он позволяет учитывать колебания освещения сцены, повторяющиеся движения объектов, а также позволяет динамически оценивать, что является фоном, а что нет. В данном алгоритме значения каждого пикселя I на протяжении времени t можно представить, как вектор (1).

$$\{X_1, \dots, X_t\} = \{I(x_0, y_0, i) : 1 \leq i \leq t\} \quad (1)$$

Данная история значений пикселя моделируется как комбинация K адаптирующихся функций Гаусса (2).

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} \cdot N(X_t | \mu_{i,t}, \sum_{i,t}) \quad (2), \text{ где}$$

$$N(X_t | \mu_{i,t}, \sum_{i,t}) = \frac{1}{2\pi^{\frac{D}{2}}} \cdot \frac{1}{|\sum_{i,t}|^{\frac{1}{2}}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu_{i,t})^T \cdot \sum_{i,t}^{-1} (X_t - \mu_{i,t})}$$

Тогда, при $K=5$ значения истории для конкретного пикселя будет выглядеть подобным как показано на рисунке 1.

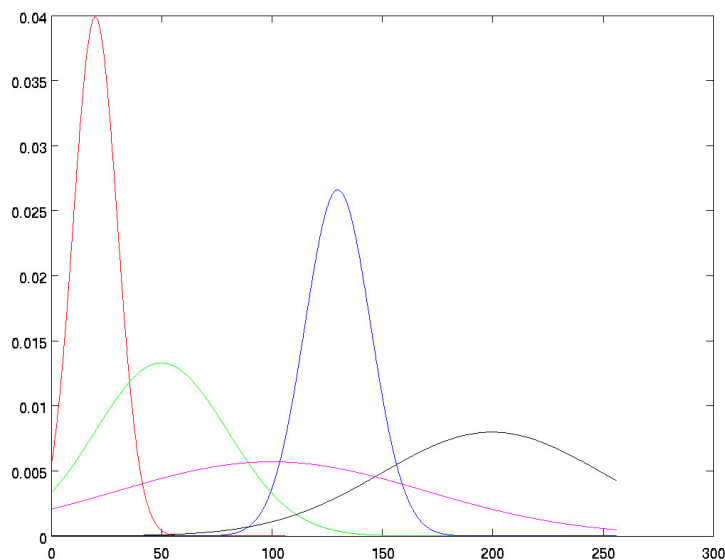


Рисунок 1 – Распределение пяти функций Гаусса для одного чёрно-белого пикселя

Использование комбинации нескольких функций обусловлено возможностью появления нескольких объектов в точке изображения. Для проходит процесс обновления функций методом К-средних [3]. Если новое значение X_{t+1} совпадает с одним из распределений (критерий – нахождение в пределах $2,5\sigma$), то значения $\mu_{i,t+1}$ и $\sigma^2_{i,t+1}$ пересчитываются согласно формулам (3) и (4) соответственно.

$$\mu_{i,t+1} = (1 - \rho)\mu_{i,t} + \rho X_{t+1} \quad (3)$$

$$\sigma^2_{i,t+1} = (1 - \rho)\sigma^2_{i,t} + \rho(X_{t+1} - \mu_{i,t+1})^2 \quad (4), \text{ где}$$

$$\rho = \alpha N(X_{t+1} | \mu_{i,t}, \sigma^2_{i,t}), \text{ а } \alpha - \text{коэффициент скорости обучения}$$

Далее веса функций Гаусса перераспределяются следующим образом

$$\omega_{i,t+1} = (1 - \alpha)\omega_{i,t} + \alpha(M_{i,t+1})$$

где $M_{i,t+1}=1$ для совпадающей функции, и $M_{i,t+1}=0$ для всех прочих. Если X_{t+1} не совпадает ни с одним из K распределений, наименее вероятная среди них заменится на новую. Под критерием вероятности подразумевается отношение веса к дисперсии ω/σ .

У нового распределения значение $\mu_{i,t+1}$ будет равно X_{t+1} , что соответствует малому весу и большой дисперсии.

Затем функции сортируются в порядке уменьшения ω/σ и среди них выбираются B функций, которые и считаются фоном (5).

$$B = \arg \min_b (\sum_{i=1}^b \omega_i > T) \quad (5),$$

где T – минимальная область изображения, воспринимаемая за фон.

После выполнения данных операций, данные из рисунка 3 разделяются на две характерные части – передний план движущихся и изменяющихся объектов, и задний план состоящий из объектов статичных (см. рис. 3.4).

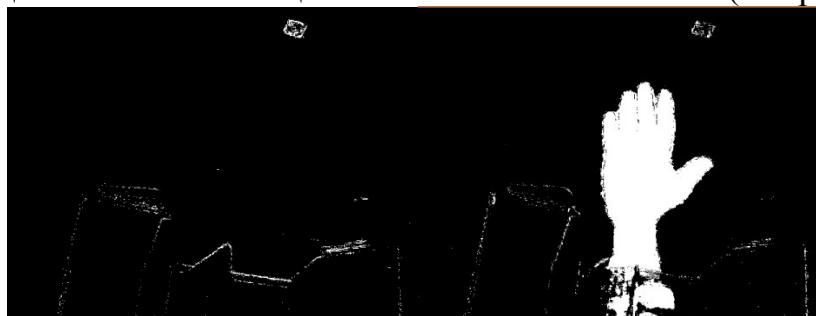


Рисунок 3.5– Результаты обработки изображений адаптивной моделью смеси гауссовских распределений

Дальнейшая обработка изображения направлена на устранение дефектов, вызванных различными источниками. Небольшие области, ложно определённые как объекты первого плана, вызванные цифровым шумом на границе объектов, устраняются с применением алгоритмов эрозии фона, в то же самое время неоднородности объектов переднего плана, устраняются посредством алгоритма наращивания [4].

Таким образом, программа для выделения движущихся объектов методом смеси гауссиан, обеспечивает достаточную точность, и скорость выделения данных в видеопотоке, обеспечивает нужный функционал и может найти применение в системах контроля дорожного трафика, охранных системах, а так же средствах интерактивного управления.

Литература

1. Fradkov A.L., Miroshnik I.V., Nikiforov V.O. Nonlinear and adaptive control of complex systems. Springer Science & Business Media, 2013. Vol. 1, p. 491.
2. Gwiazda A. System of designing complex technical means using fuzzy analysis. Applied Mechanics and Materials, 2014. Vol. 474. pp. 147-152.
3. Якименко Ю.И., Найдёнов Е.В. Алгоритм сопоставления изображения в системах технического зрения // Сборник трудов IV международной научно-технической конференции «Энергетика, Информатика, Инновации-2014». Смоленск: Издательство «Универсум», филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске, 2014. Т.1. С. 490-494.
4. Albers M.J., Mazur M.B. Content and complexity: information design in technical communication. Routledge, 2014, 380 p.

*А.В. Теплов, студ.; Е.В. Найденов ассистент
(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске, г. Смоленск)*

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО СТЕНДА С ИНТЕРАКТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В настоящее время большое распространение приобретают системы человек-машинного взаимодействия. Они находят своё применение в сфере торговли, социальных услуг и образования. Одним из способов использования систем человек-машинного взаимодействия в образовательном процессе могут являться интерактивные методы обучения. Техника человек-машинного взаимодействия заключается в применении не только динамических средств вывода, таких, но и разнообразных методов ввода информации, позволяющих обучающемуся самому определять состав интересующей информации.

В образовательном процессе различают несколько основных моделей обучения: пассивная; активная; интерактивная. Применение интерактивной модели является наиболее предпочтительным. Так как, процесс обучения осуществляется в условиях непрерывного, активного взаимодействия всех обучающихся, а преподаватель является равноправным субъектом обучения

Отмечено, что чем больше систем чувственного восприятия задействовано при обучении, тем качественней и надёжнее усваивается материал. Активное же использование различных мультимедийных устройств и интерактивной техники во время процесса обучения позволяет улучшить дидактические возможности, обеспечить наглядность, а также осуществлять аудио и видео контроль и поддержку, что позволяет заметно повысить качество преподавания [1].

Существующие средства интерактивного представления учебной информации сегодня в основном реализованы либо в качестве наглядных объёмных настенных пособий, интерактивных досок или учебных лабораторных стендов (рис. 1). Как правило, взаимодействие с ними осуществляется посредством специальных устройств ввода: ключей, механических кнопок, стилусов, клавиатуры, мыши или сенсорных экранов.

Каждое из подобных устройств хорошо подходит для решения определённых типов задач, однако также обладает собственными недостатками.

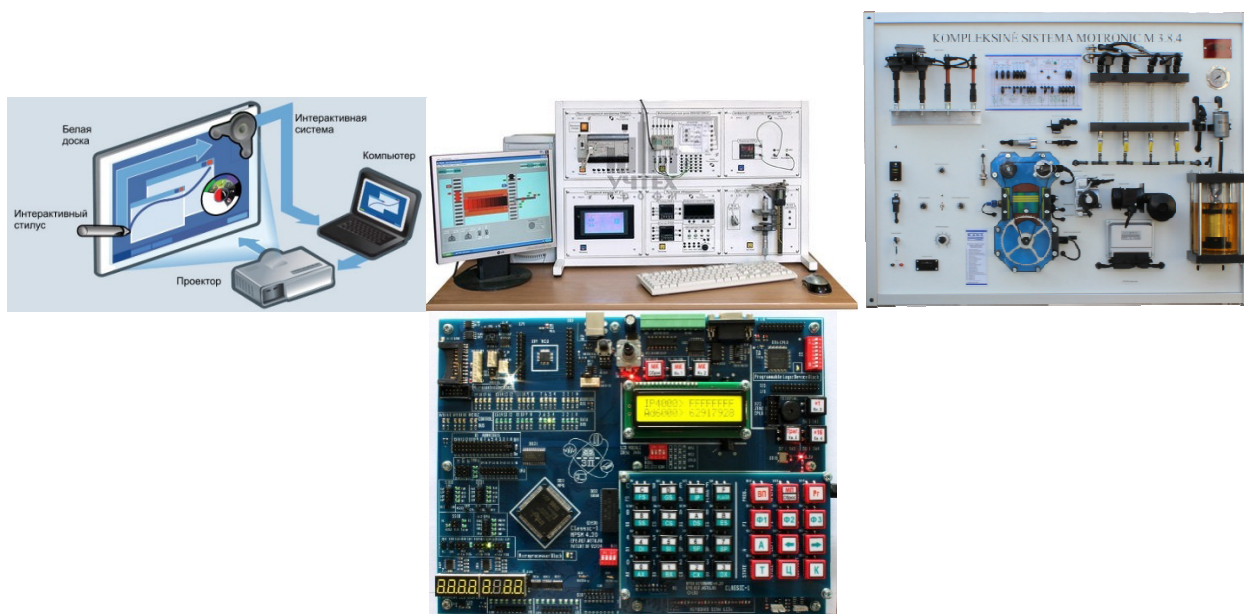


Рисунок 1 – Средства интерактивного представления учебной информации

Известные типы устройств, представленные на рынке, имеют высокую стоимость, а также содержат ряд требований к качественному аппаратно-программному обслуживанию. При этом, финансирование большинства образовательных учреждений не позволяют в достаточном количестве приобретать необходимые в образовательных целях наборы устройств с функциями человек-машинного взаимодействия.

Для решения описанной задачи предлагается разработка бюджетного миниатюрного стенда с функциями интерактивного управления для нужд проведения учебных занятий по ряду современных направлений. Основным функциональным блоком, обеспечивающим человек-машинное взаимодействие, может выступать система технического зрения, которая будет осуществлять захват движений кистей рук пользователя и последующую интерпретацию считанных жестов в управляющие команды. Подбор узлов разрабатываемого устройства должен осуществляться с учётом следующих параметров: технические характеристики, стоимость, доступность, простота обращения.

Функциональная схема устройства предлагаемой разработки представлена на рис. 2.

Центральным компонентом разрабатываемого устройства является блок обработки данных, реализованный на базе одноплатного компьютера, располагающего широким набором периферийных интерфейсов. Другим важным узлом нового устройства, является система технического зрения, которая позволит обеспечивать обработку и анализ поступающих данных посредством информации от оптической системы. Для придания разрабатываемому устройству портативности, будет использован блок батарейного питания, обладающий достаточным уровнем мощности для

обеспечения стабильной работы всех остальных узлов устройства. Вывод, а также ввод данных будет осуществляться посредством дисплея. Функционально могут быть применены классические мышь и клавиатура, в том числе с целью предварительной отладки и настройки параметров разрабатываемого устройства.

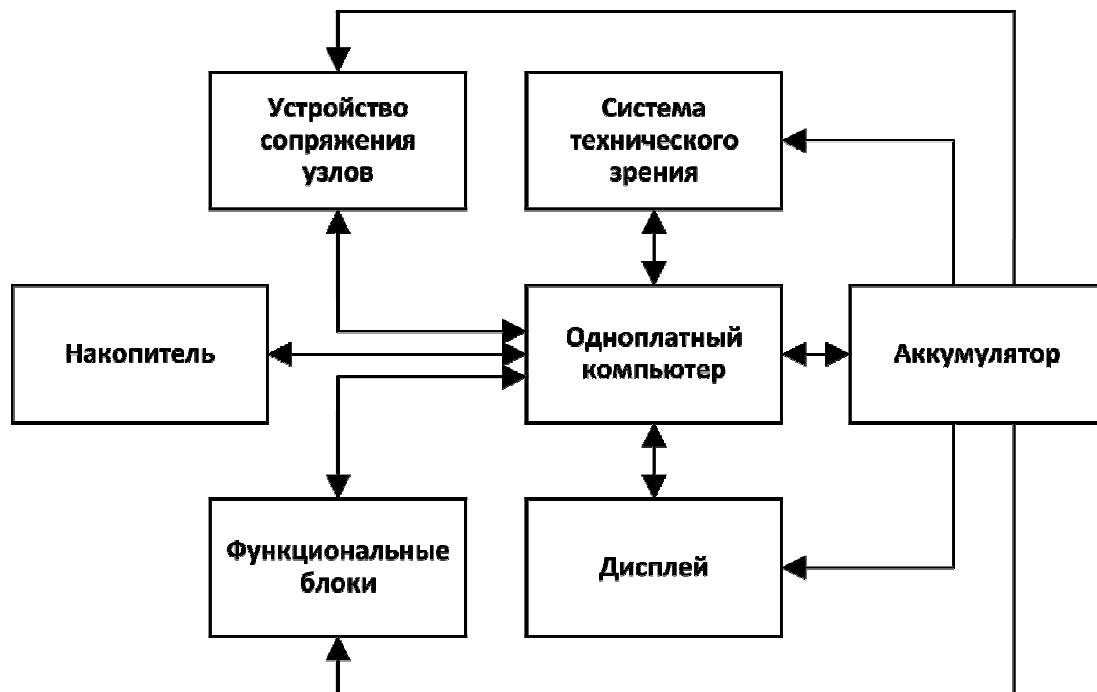


Рисунок 2 – Функциональная схема разрабатываемого устройства

Для разрабатываемого устройства был также разработан алгоритм программы поиска и идентификации жестов, даны описания программных модулей и процедура обработки изображений, полученных с системы технического зрения. Результат работы программы идентификации жестов приведён на рис. 3.

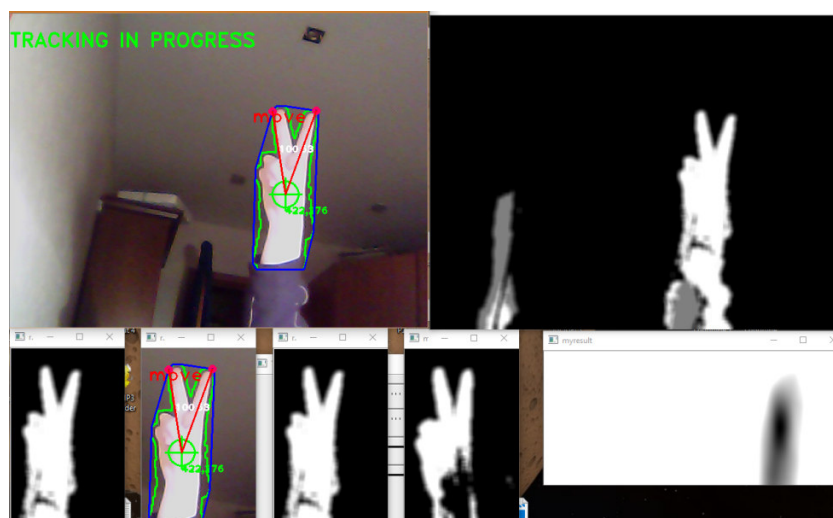


Рисунок 3 – Результат работы алгоритма

Программа быстро реагирует на изменения освещённости сцены хорошо распознаёт силуэт ладони на как на однотонном, так и на сложном

неоднородном фоне, однако теряет свою эффективность при наличии в сцене большого количества движущихся объектов, пересекающихся с силуэтом руки.

Проводятся дальнейшие испытания и доработка компонентов устройства. Начата процедура патентования программных продуктов. Разрабатываются алгоритмы более комплексных и точных методов идентификации жестов.

Литература

1. Теплов А.В., Ковалев А.В., Найдёнов Е.В. Анализ современных технологий визуализации НИ-ТЕСН устройств // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации – 2015». Смоленск: Издательство «Универсум», филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске, 2015. Т.1, С. 461-463
2. Найдёнов Е.В., Теплов А.В., Ковалев А.В. Разработка безопасной образовательной среды для учебных заведений // Сборник тезисов докладов V Всероссийского конгресса молодых учёных. СПб: НИУ ИТМО, 2016. URL: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/2558/2558.pdf>
3. Якименко Ю.И., Найдёнов Е.В. Алгоритм сопоставления изображения в системах технического зрения // Сборник трудов IV международной научно-технической конференции «Энергетика, Информатика, Инновации-2014». Смоленск: Издательство «Универсум», филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске, 2014. Т.1. С. 490-494.
4. Albers M.J., Mazur M.B. Content and complexity: information design in technical communication. Routledge, 2014, 380 p.

Н.В. Торгачев, маг.; Н.Н. Строев, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СВЧ-МОДУЛЕЙ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Введение

При разработке СВЧ устройств ММ диапазона возникает необходимость обеспечения электропитания интегральных схем с выполнением требований, изложенных в справочных материалах. Например, для комплекта ИС, входящих в состав передающего СВЧ модуля, требуются напряжения и токи, приведенные в таблице 1.

Табл. 1 Пример необходимого электропитание для СВЧ-устройства ММ диапазона

Уровни необходимого питания, В	Потребляемый ток, мА
+12	40
+5	370
+5	280
+4.5	270
+4.5	260
+3	300
+2.5	1
+1.5	<1
+1.2	50
-0.5	<1
-0.7	<1
-1.2	<1
-1.25	<1
-5	<1

Кроме уровней напряжений и токов, как правило, задаются достаточно жесткие условия по порядку подачи и снятия напряжений, параметров стабильности и пульсаций.

Все это говорит об актуальности разработки узлов электропитания с обязательным выполнением заданных условий и обеспечением высоких энергетических характеристик.

Традиционное решение задачи

Традиционно многоканальные источники питания с высокой стабильностью параметров разрабатываются на основе интегральных стабилизаторов линейного типа. Для работы этих микросхем требуется уровень входного напряжения превышающий уровень выходного напряжения на величину минимального падения потенциала на регулирующем элементе. Для большинства линейных интегральных стабилизаторов эта величина составляет не менее 2 В при номинальном токе (это связано с тем, что напряжение на регулирующем транзисторе, который обычно входит в состав линейных стабилизаторов, напряжение на коллекторно-эмиттерном переходе должно быть порядка 2 В). Хотя импульсные источники имеют лучшие энергетические характеристики, их применение ограничивается факторами уровня пульсаций и помех, возникающих при их работе. Так же следует учитывать возможность создания импульсными источниками радиопомех на плате.

При традиционном подходе к построению схемы электропитания СВЧ устройства следует выбрать максимальное из необходимых напряжений питания, обеспечить входное напряжение с учетом падения на регулирующем элементе и запитать остальные (более низковольтные) каналы от этого же входного напряжения (рис.1). Для соблюдения последовательности подачи напряжений использовать электронные ключи.



Рис. 1. Функциональная схема традиционного обеспечения питания СВЧ-модуля

Существенным недостатком подобных устройств многоканального электропитания являются значительные потери энергии на регулирующих элементах. Мощность потерь здесь определяется суммой потерь на всех интегральных стабилизаторах и может даже превышать полезную отдаваемую в

нагрузку мощность. В результате, в состав конструкции источника электропитания приходится вводить элементы охлаждения, что ухудшают массогабаритные показатели и температурные режимы работы, что нежелательно при проектировании устройств бортовой СВЧ электроники.

Вариант решения задачи

Нами была предложена структура модуля многоканального электропитания для варианта требований таблицы 1, в котором использован многоуровневый подход, обеспечивающий общее снижение электрических потерь за счет использования микросхем с низкоуровневым падением потенциала на регулирующих элементах.

В результате изучения современной компонентной базы, был выбран стабилизатор напряжения с минимальным падением напряжения 0.5 В.

Структура ИС TPS736xx представлена на рис.2.

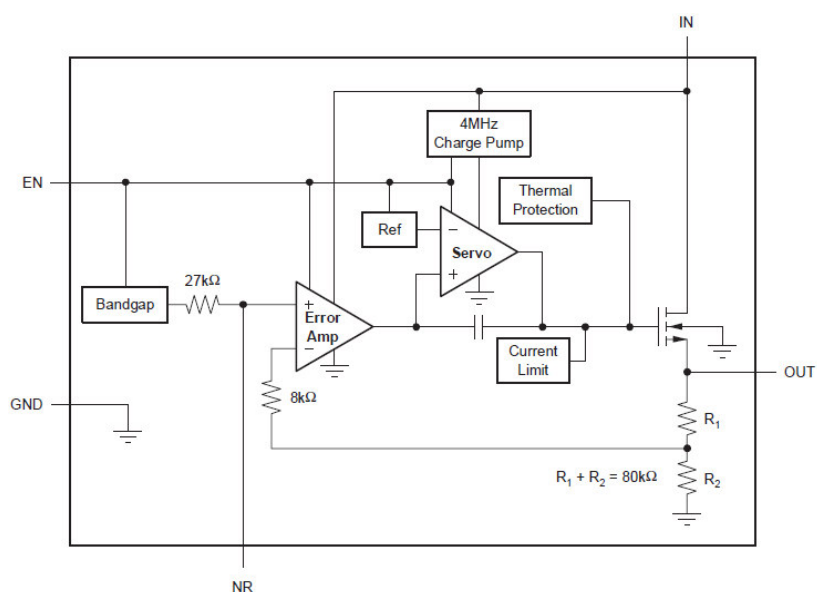


Рисунок 2. Внутренняя структура линейного стабилизатора напряжения TPS736xx

Основные параметры ИС TPS736xx представлены в таблице 2 [1].

Табл. 2 Основные параметры линейного стабилизатора TPS736xx

Входное напряжение	От -0.3 В до 6 В
Выходное напряжение	От -0.3 В до 5.5 В
Выходной ток	До 650 мА
Обратный ток утечки	До 15 мкА
Рабочая температура	От -55°C до 125°C

Особенностями таких микросхем является необходимость жесткого контроля входного напряжения, что легко можно выполнить, лишь запитав их от другого стабилизированного источника. Структурная схема стабилизированного многоканального модуля электропитания представлена на рис.3.

Использовано последовательное понижение напряжений, причем в качестве исходного источника применен импульсный DC/DC преобразователь, обеспечивающий высокий КПД устройства. Важно правильно выбрать многоуровневую структуру, для чего необходим анализ исходных требований электропитания.



Рис. 3. Функциональная схема представленного варианта обеспечения питания СВЧ-модуля

Производителем микросхемы рекомендована разность между входным и выходным напряжениями 0.5 В, что подтверждается экспериментальными характеристиками (рис. 4, 5) Характеристики доказывают способность корректной работы микросхемы в граничных пределах различия входного и выходного напряжений [1].

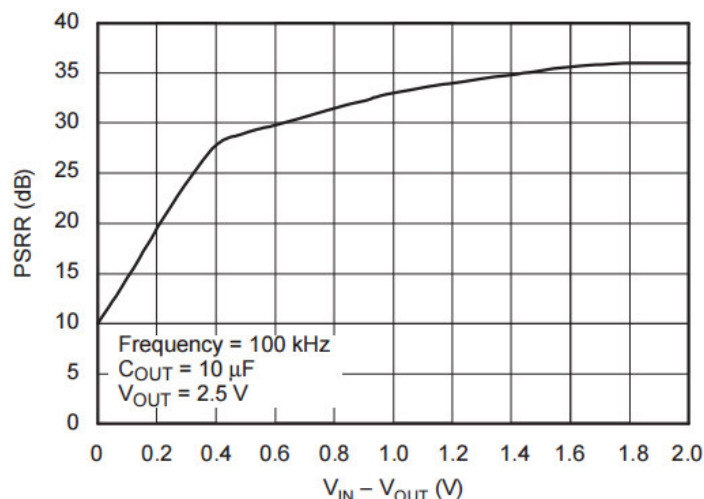


Рисунок 4. Зависимость подавления пульсации от разности между входным и выходным напряжением в линейном стабилизаторе TPS736xx

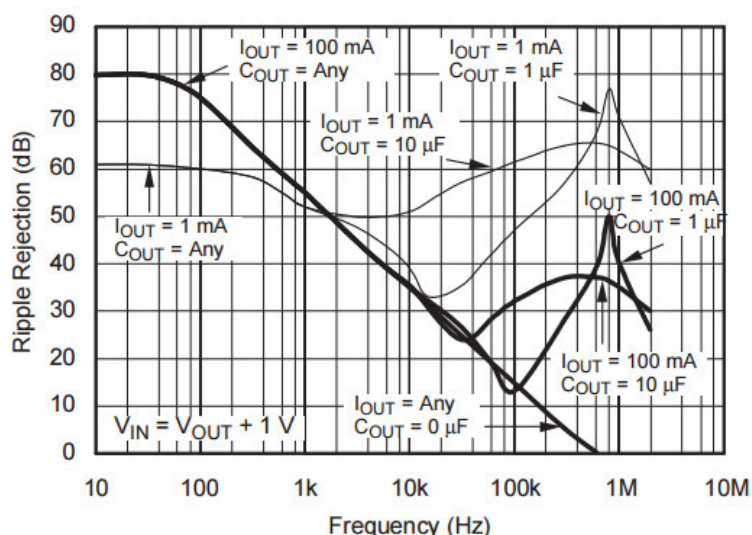


Рисунок 5. Зависимость подавления пульсаций от частоты в линейном стабилизаторе TPS736xx

Применение данного стабилизатора позволяет получить выходное напряжение с импульсного стабилизатора 5.5 В. Таким образом, самая большая рассеиваемая мощность при обеспечении питания СВЧ-модуля получается на стабилизаторе с выходным напряжением +5 В, она составляет 185 мВт, соответственно полностью отпадает необходимость использования радиаторов на плате.

Заключение

В ходе исследований было рассмотрено решение задачи обеспечения электропитания СВЧ-модуля и системы его управления с сохранением массогабаритных параметров, что позволяет использовать устройство в летательных аппаратах, в которых данный показатель крайне важен, и удалось повысить общий КПД устройства электропитания на 20%.

Список использованных источников

1. Datasheet [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps73601-ep.pdf>

*А.Ф. Уласень, к.т.н., доцент; А.В. Навродский
(ВА ВПВО ВС РФ, г.Смоленск)*

К ВОПРОСУ УСТРАНЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ИНФОРМАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ СБОЕВ

Все меры по обеспечению надежности программ направлены на то, чтобы свести к минимуму ошибки при разработке и, как можно раньше, их выявить и устранить после разработки функционального программного обеспечения (ФПО). Все программные системы практически всегда содержат ошибки. Вопросы надежности для аппаратуры хорошо разработаны, источником их ненадежности служат объективные факторы, неподвластные человеку (скачки напряжения питания, альфа-частицы и т. д.). Источник ненадежности программ – ошибки, совершаемые людьми, их создающими и использующими.

Под программным обеспечением информационно-управляющих систем (ИУС) понимают комплекс управляющих и обрабатывающих программ, предназначенных как для организации функционирования аппаратуры вычислительных систем, так и для автоматизации процесса создания новых

программ. С этих позиций программное обеспечение может быть разделено на следующие группы:

- функциональное программное обеспечение;
- технологическое программное обеспечение.

Функциональное программное обеспечение создается под конкретную конфигурацию ИУС и разрабатывается на основании требований к системе, внешних спецификаций, описывающих интерфейсы объектов системы с вычислительными средствами, а также внутренних спецификаций, описывающих интерфейсы между программными компонентами.

Технологическое ПО используется при разработке, отладке, испытаниях и эксплуатации штатного функционального программного обеспечения и разделяется на следующие группы:

- программы технического обслуживания;
 - инструментальные средства разработки и отладки ФПО.
- Программы технического обслуживания включают в себя:
- программы функционального контроля вычислительной системы;
 - комплексы тестовых программ вычислительной системы.

Второй составляющей технологического ПО являются инструментальные программные средства разработки и отладки ФПО (трансляторы, отладчики, компоновщики).

В процессе функционирования информационно-управляющих систем и могут возникают аппаратные сбои, являющиеся источником искажений результата работы функционального программного обеспечения, что в конечном итоге, служит причиной функционального отказа. Входные данные проходят длинный маршрут в процессе работы ФПО до выхода. На любом из участков маршрута может произойти их искажение в результате сбоев в работе аппаратуры. Частота отказов и сбоев аппаратных средств за последние десятилетия уменьшилась на два порядка, однако вероятность их появления сохранилась.

В ИУС как системе реального времени организация вычислительного процесса относится к приоритетной дисциплине обслуживания, которую организует операционная система (ОС) через диспетчера. Из анализа организации вычислительного процесса на уровне ОС следует, что критическими данными являются все таблицы с адресами входов и адресами начал областей памяти, например сбой адреса входа в ПОП (программу обработки прерывания). Этот отказ в работе ФПО может быть обнаружен программными средствами. Для этого можно предпринять несколько мер.

Одна из них заключается в контроле периода прерывания, если прерывание периодическое. Другой возможной мерой обнаружения сбоя в адресе входа в ПОП может быть контроль вектора событий, если прерывание вырабатывается в определенной ситуационно-временной обстановке рабочего класса системы. И так, по каждому типу сбоя в этой группе данных можно предусмотреть меры по их обнаружению.

Еще одним типом сбоя являются сбои, приводящие либо к обработке большого числа данных, либо к заикливанию программной компоненты.

Первый вариант сбоя приводит к сбою в работе ФПО, но при периодическом выполнении программной компоненты со временем может быть погашен. В случае превышения числа данных, обрабатываемых циклом, сбой приводит к искажению других областей данных, а это приводит, как правило, к нарушению вычислительного процесса, т. е. к отказу. К аналогичному результату приводит заикливание программ. Организация циклов обычно строится на счетчиках (индекс) числа выполнения определенной группы операторов программы. Счетчики изменяются с определенным шагом, который выбирается в соответствии с алгоритмом обработки и структурной организацией в памяти обрабатываемых циклом данных. Поэтому первой мерой обнаружения и предотвращения последствий обсуждаемого сбоя может быть проверка перед входом в цикл величины шага на соответствие программной реализации.

Одной из мер устранения последствия такого сбоя является специальная кодировка признаков посредством выделения под их представление избыточного числа разрядов либо дублирование значений данных в различных областях памяти. Константы, используемые для дешифровки и при шифровке значений данных, а также участвующие в логических операциях выбора маршрута выполнения программ, объединяются в отдельные таблицы, которые контролируются посредством контрольной суммы.

Поэтому в дополнение к аппаратным средствам обнаружения сбоев при арифметических операциях (переполнение, потеря значимости, попытка деления на ноль и т. д.) целесообразно применять и программные меры обнаружения сбоев этих данных.

Так как входные, промежуточные и результирующие (выходные) данные могут представлять множественный в смысле количества характер, то программные меры обнаружения сбоев в этой группе следует применять к тем данным, которые, во-первых, подвергаются преобразованию несколькими функциями (алгоритмами), во-вторых, при редко обновляющихся данных в течение рабочего цикла системы, в-третьих, если эти данные являются входными данными для множества программных компонент, в-четвертых, если эти данные используются в качестве входных для программных компонент, выполняющихся с большей частотой, чем происходит их обновление.

Таким образом, использование различных подходов к устранению сбоев в работе функционального программного обеспечения позволит повысить надежность функционирования информационно-управляющей системы в процессе обработки входной информации и решении задач по формированию команд управления.

Литература

1. Уласень А.Ф., Морозов А.В. Теоретические основы обеспечения надёжности супер-ЭВМ перспективных образцов вооружения войск ПВО СВ : моногр. – Смоленск : ВА ВПВО ВС РФ, 2013. – 197 с.
2. Константиновский В.М. Вычислительные устройства и программное обеспечение радиолокационных систем: моногр. – М.: Изд-во НИЭМИ, Концерн ПВО «Алмаз – Антей». – М., 2003. СФ 2916.

КВ ДИПЛЕКСЕРЫ (10, 12, 15, 20, 40, 80 МЕТРОВ)

Современная любительская радиостанция зачастую имеет в своём составе несколько трансиверов, которые позволяют оперативно проводить радиосвязи на разных диапазонах и отслеживать эффективность на них. Для такой работы в эфире необходимо использовать несколько антенн, либо одну многодиапазонную, хорошо согласованную с коаксиальным кабелем антенну, к которой трансиверы подключаются через устройство, обеспечивающее значительную «развязку» между приёмопередатчиками, работающими на разных диапазонах.

Наиболее простым подобным устройством является диплексер, имеющий порт для подключения антенны, а также два порта к которым подключаются трансиверы. Диплексер представляет собой комбинацию фильтров верхних и нижних частот, которые пропускают на первый порт сигналы одних диапазонов, а на второй порт – других. Появление сигналов, находящихся вне рабочей полосы частот для выбранного порта, достигает 60-70 дБ. Таким образом, с одной многодиапазонной антенной на двух трансиверах можно одновременно работать в эфире на разных диапазонах.

Диплексер, схема которого приведена на рис.1, позволяет работать двум трансиверам на одну 50-омную антенну в диапазонах 10 и 15 м.

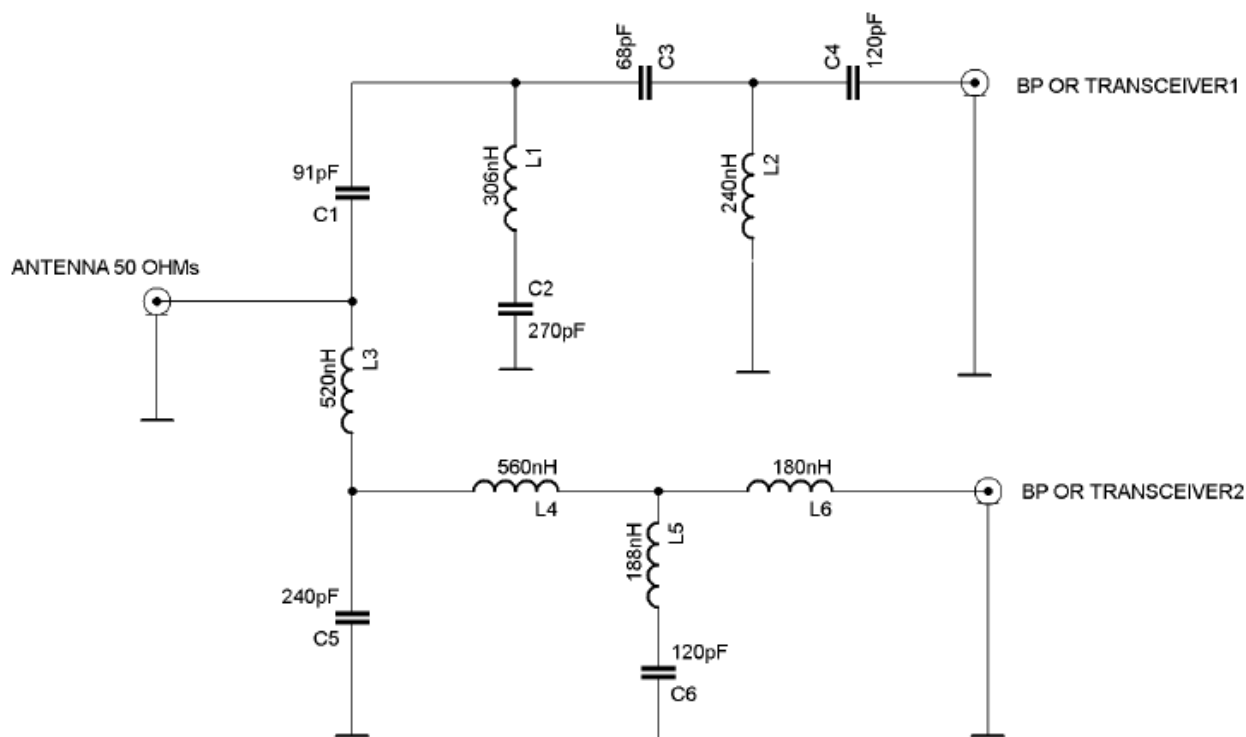


Рисунок 1.

Амплитудно-частотные характеристики (ФЧХ) фильтров, подключённых к портам «01 трансивер» и «02 трансивер», показаны на рис. 2, на которых видно, что первый трансивер подключён к выходу фильтра верхних частот (ФВЧ), а второй трансивер – к фильтру нижних частот (ФНЧ). Частоты среза обоих фильтров – около 25 МГц.

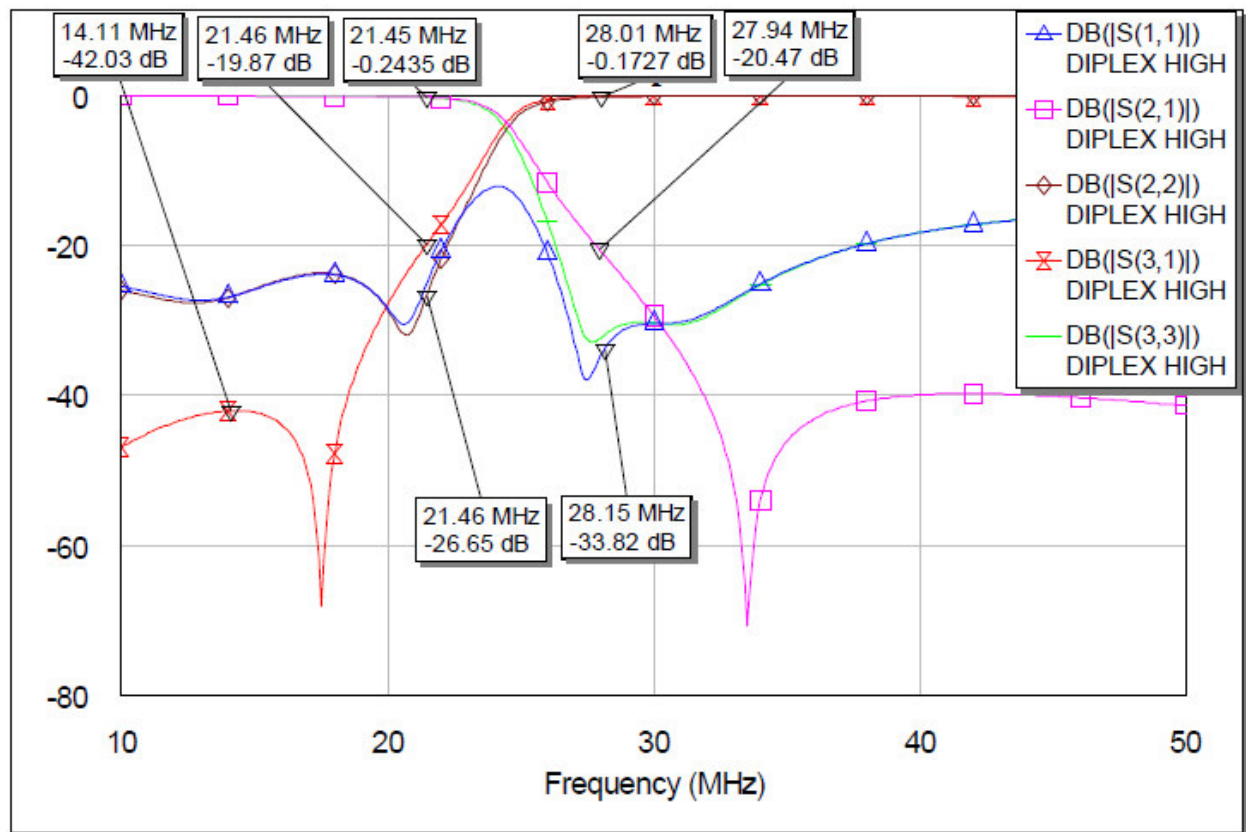


Рисунок 2.

При повторении конструкции катушки L1 – L6 можно намотать на оправке $\varnothing 12$ мм, проводом $\varnothing 2$ мм, с шагом намотки – 2 мм. Катушки L1 и L2 содержат по 5 витков, катушки L3 и L4 – по 8 витков, катушки L5 и L6 – по 4 витка.

Изготовленный фильтр желательно проверить с помощью измерителя частотных характеристик. Для этого выход измерителя подключают к антенному порту, вход – например, к порту «01 трансивер», а порт «02 трансивер» нагружают на безиндуктивный резистор 50 Ом. В небольших пределах скорректировать АЧХ можно сжатием или растяжением витков катушек L1 и L2. Затем к порту «01 трансивер» подключают безиндуктивный резистор, а к порту «02 трансивер» – вход измерителя АЧХ и проверяют работу фильтра. При необходимости его АЧХ корректируется сжатием или растяжением витков катушек L3 – L6. Потери в фильтрах не должны превышать 1 дБ.

Схема трёхдиапазонного диплексера (80, 40 и 20 м), приведена на рис. 3. К порту «01 трансивер» подключается аппарат, работающий в диапазоне 20 м

(можно и более высокочастотных), а к порту «02 трансивер» приёмо-передающее устройство диапазонов 80 и 40 м. Частотные характеристики ФВЧ и ФНЧ данного диплексера приведены на рис. 4.

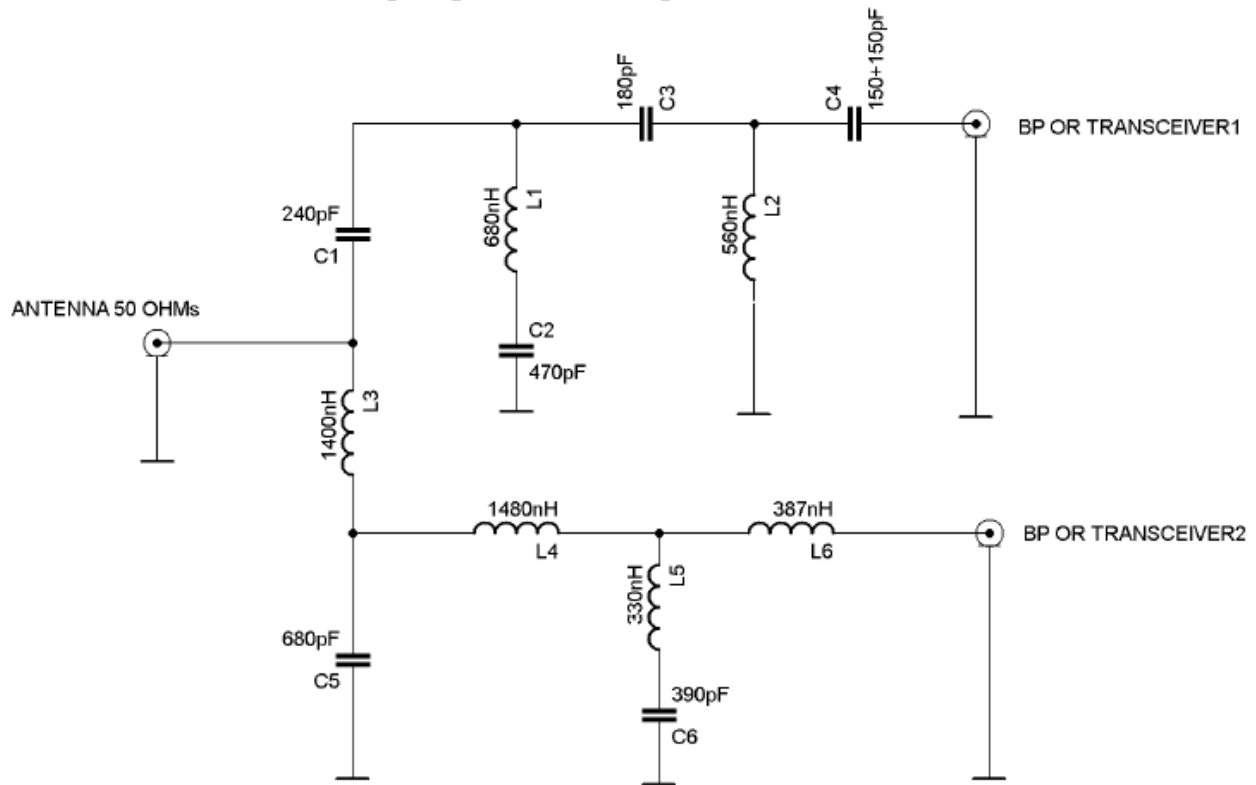


Рисунок 3.

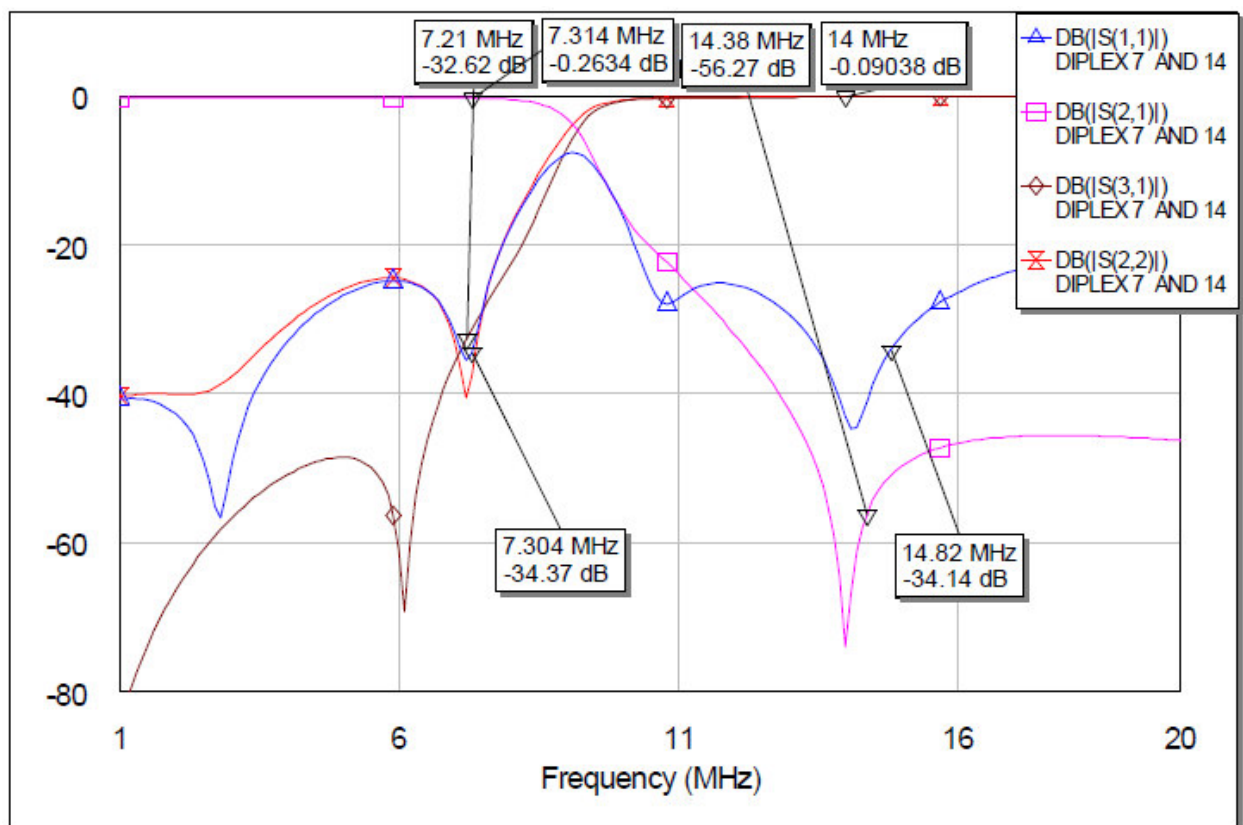


Рисунок 4.

Катушки L1, L2, L5 и L6 можно намотать на оправке 12 мм, катушки L3 и L4 на оправке $\varnothing 15$ мм – провод $\varnothing 2$ мм, шаг намотки 2 мм. Катушки L1 и L3 содержат по 9 витков, L2 – 8 витков, L4 – 10 витков, L5 и L6 по 6 витков.

Процедура проверки и подстройки АЧХ изготовленного диплексера была описана в предыдущих схемах.

На рис. 5 приведена схема диплексера, один порт которого предназначен для работы в диапазонах 80, 40 и 20 м, а другой – 15, 12 и 10 м. АЧХ ФВЧ и ФНЧ, входящих в состав диплексера показаны на рис. 6.

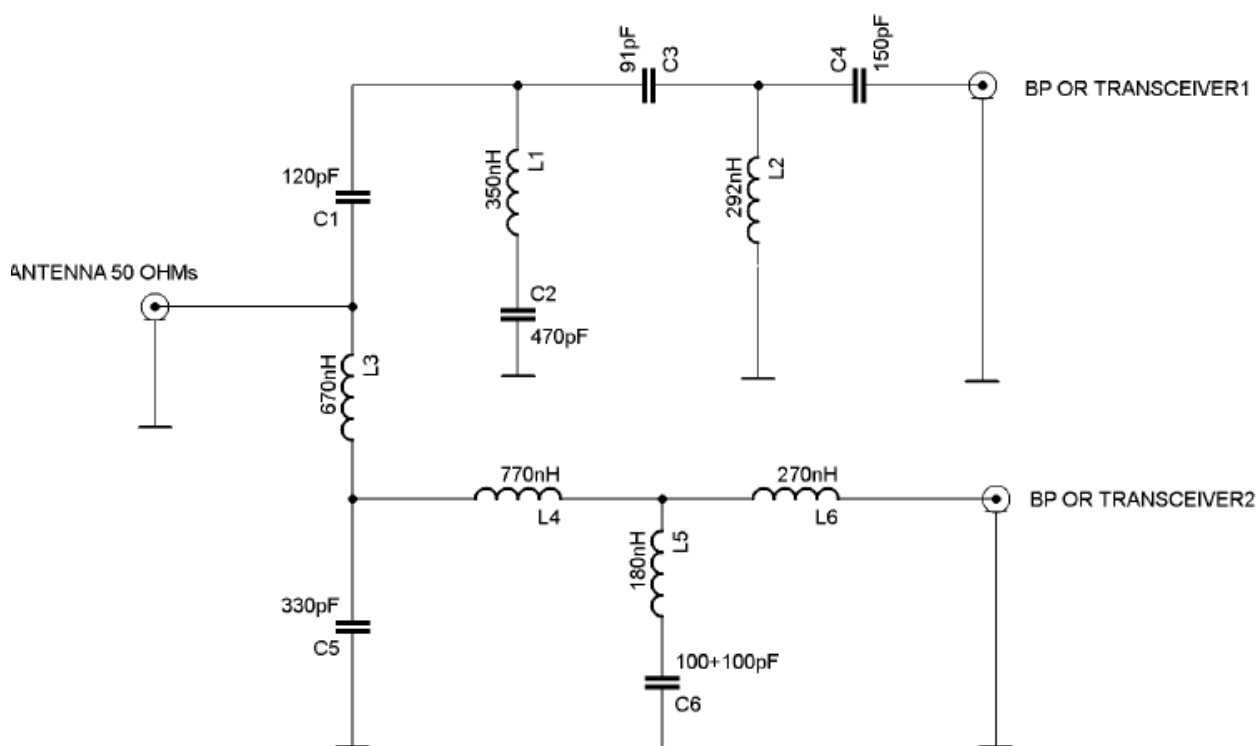


Рисунок 5.

Катушки L1 – L6 можно намотать на оправке $\varnothing 12$ мм проводом $\varnothing 2$ мм, шаг намотки – 2 мм. Катушка L1 содержит 6 витков, L2 – 5, L3 – 10, L4 – 11, L5 и L6 – 4 витка. Изготовленный фильтр следует проверить и при необходимости подстроить с помощью измерителя АЧХ.

Следует иметь в виду, что корректная работа описанных диплексеров обеспечивается только при использовании согласованных нагрузок, т.е. и антенна, и трансиверы должны иметь импеданс около 50 Ом с минимальной реактивной составляющей. Применение в диплексере керамических и слюдяных 500-вольтовых конденсаторов позволит использовать устройство с трансиверами, имеющие выходную мощность до 100 Вт. В процессе работы в эфире возможное рассогласование в антенно-фидерном тракте (например, при поломке антенны), может привести к значительному ухудшению «развязки» между портами «01 и 02 трансивер» и, соответственно к выходу из строя

приемной части одного трансивера при работе в режиме передачи другого. Для более надёжной работы с диплексером следует подключать трансиверы к портам через диапазонные полосовые фильтры, имеющие в рабочей полосе частот входной и выходной импеданс 50 Ом.

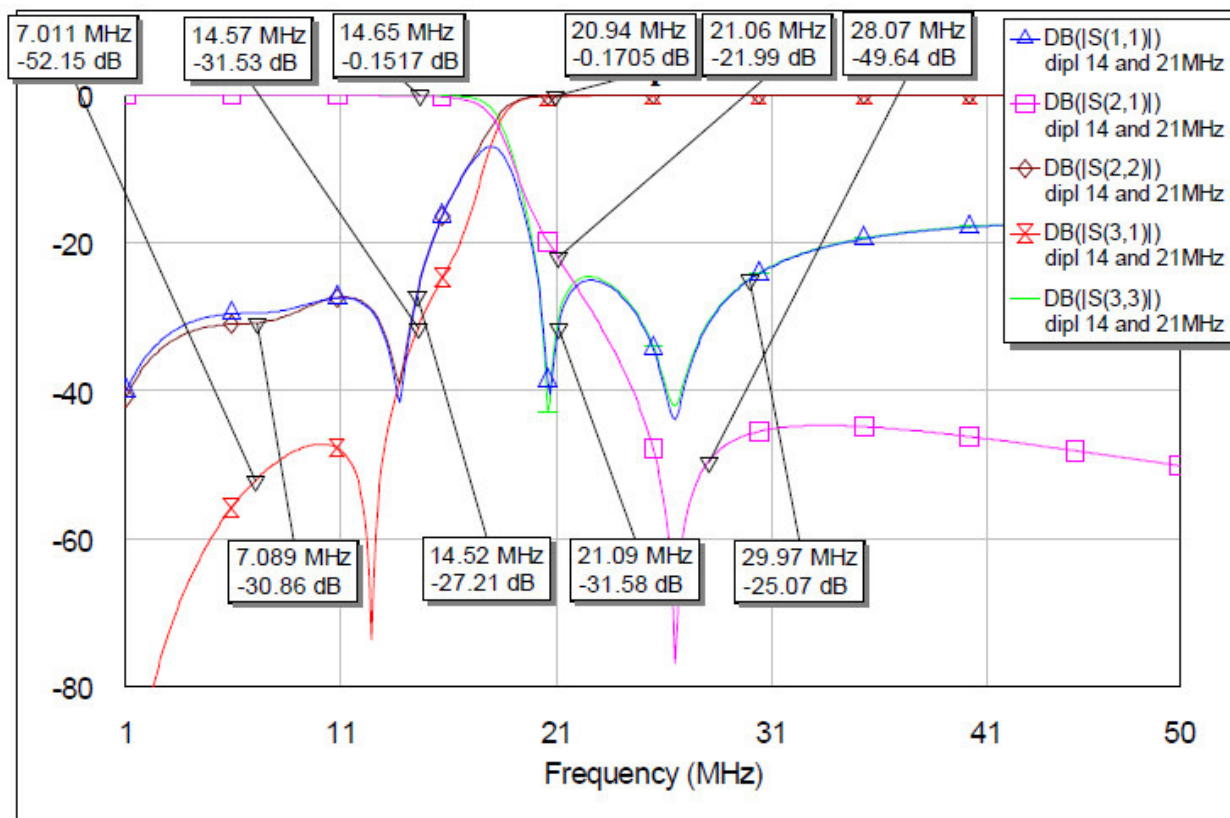


Рисунок 6.

Литература

1. <http://www.yu1lm.qrpradio.com/bp%20yu1lm.htm> [Электронный ресурс, 04.10.2016]
2. <http://www.bavarian-contest-club.de/projects/bandpassfilter/100W-BP.pdf> [Электронный ресурс, 04.10.2016]
3. <http://www.linear.com/designtools/software/> [Электронный ресурс, 04.10.2016]
4. Ed Wetherhold W3NQN – Clean Your Signal with Band-Pass Filter –part1), QST May 1998

*Е. Ю. Федорова, маг., А. А. Черняков, маг., Н. Н. Строев, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЛОЧНЫХ СБОРОК МНОГОКАНАЛЬНОГО РАДИОПРИЕМНИКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОНТРОЛЬНО ТЕСТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Условия проведения контрольно-тестовых испытаний радиоэлектронной аппаратуры жестко регламентируются нормативной документацией, что делает необходимой учитывать эти требования при составлении методик проведения данных работ, использовать технические средства для задания и контроля климатических параметров. Наиболее полно требования климатических норм

испытаний выполняется при использовании специальной аппаратуры – шкафов и боксов, обеспечивающих поддержание заданных параметров в процессе проведения тестов. Однако на практике приобретение специальной аппаратуры зачастую оказывается экономически не целесообразно в связи с ее высокой стоимостью.

Перед нами была поставлена задача разработки аппаратных и программных средств для автоматизированного проведения контрольно-тестовых испытаний радиоэлектронной продукции предприятия «Эдельвейс» (АО НИИ СТТ) с обеспечением требуемой нормативными документами температуры корпуса. Применявшаяся ранее методика предполагала полностью ручное проведение испытаний, температура контролировалась цифровым термометром, обеспечивалась саморазогревом испытываемого блока и включением вентилятора для охлаждения в случае перегрева. Когда температура находилась в заданных пределах, оператор производил снятие характеристик блока радиоприемника с помощью специального оборудования. Процесс требовал большого времени, часто приводил к недопустимым ошибкам.

Проведенная нами разработка модуля температурного контроля для испытательного стенда позволила решить задачу автоматизации операций поддержания температурного режима при проведении тестового контроля характеристик многоканальных радиоприемников серии РПВ.

В соответствии с заданной концепцией, устройство контроля и поддержания температуры корпусов многоканального радиоприемника предназначена для обеспечения теплового режима путем активной вентиляции с регулируемой интенсивностью. Конструкция блоков многоканального приемника обеспечивает отвод тепла на внешнюю металлическую поверхность, выполняющую роль радиатора. Регулируя интенсивность воздушного потока, охлаждающего работающий блок, удается поддерживать температуру его поверхности в пределах 40 – 42 °С. Благодаря тому, что модули (каналы) приемника могут быть в процессе эксплуатации загружены не одинаково, при реализации системы охлаждения так же использован каналный принцип. Вентиляторы проточного охлаждения включаются и регулируются индивидуально, исходя из температуры каждого канала. Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

Все функции поддержаны реализацией соответствующих периферийных устройств.

Разработанное устройство является частью системы автоматизированного тестирования и снятия характеристик многоканального приемника, которая функционирует под управлением компьютера и практически не требует участия оператора. В процессе тестирования автоматически поддерживается температура в соответствии с требованиями, изложенными в Технических Условиях, включается контрольно-измерительная аппаратура, документируются данные. В приемнике может быть до 12 каналов, в процессе тестирования проводится проверка каждого канала. Согласование всех процессов в системе обеспечивает компьютерная программа.

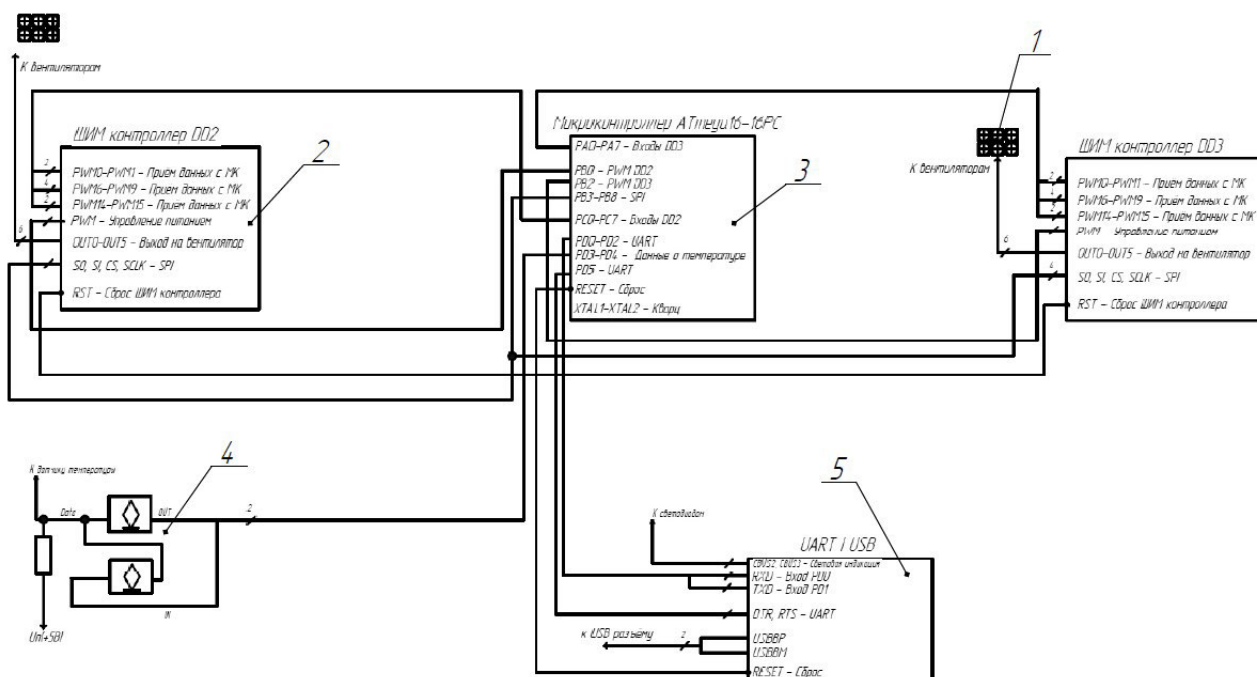


Рисунок 1 - Структурная схема устройства

В состав структурной схемы входят следующие компоненты:

1. Сборка вентиляторов (12 вентилятор)
2. ШИМ контроллеры (33999)
3. Микроконтроллер (ATmega16-16PC)
4. Трансивер MicroLAN
5. Конвертор интерфейса RS232/USB

Начало алгоритма данной программы связано с включением аппаратуры и выполнением инициализации аппаратно-программных средств управления системой (компьютер с программным обеспечением, средства измерения спектральных характеристик, тестируемый радиоприемник, устройство поддержания температурного режима). Все устройства связаны с компьютером средствами интерфейса USB. После подключения тестируемого радиоприемника компьютерная программа подготавливает процесс проведения измерений – загружаются данные для проведения измерений в периферийные устройства, задается временная выдержка для выхода радиоприемника на рабочий режим. Обычно величина задержки составляет порядка 7 минут. За это время за счет выделения тепла приемник прогревается до температуры не менее 42 градусов. Температурный режим в процессе измерений полностью контролируется нашим устройством. В процессе прогрева контроль температуры по всем каналам производится с помощью датчиков температуры, закрепленных на корпусах каналов радиоприемника. Данные о температуре обрабатываются микроконтроллером и по USB интерфейсу передаются на компьютер. Когда прогрев тестируемого приемника достигает заданного уровня, начинает выполняться программа поддержания температурного режима в процессе измерений. Номер канала РП, выбранного для тестирования, от компьютера передается микроконтроллеру. Если температура достаточна для начала теста, производится инициализация ШИМ контроллера, закрепленного

за соответствующим каналом. После включения вентилятора выбирается его скорость вращения, которая зависит от текущей температуры тестируемого канала. Программа выполняется циклически. На каждом проходе цикла контролируется температура, выбираются параметры ШИМ для управления вентиляторами, проверяется признак завершения тестирования канала, который поступает от компьютера, когда процесс тестирования будет завершен.

Регулирование изменения температуры при охлаждении происходит параметрически, данные соответствия температура-скорость выбирается из экспериментально полученной таблицы. Такое построение программы передает ответственность за температурный режим РП микроконтроллеру устройства охлаждения, позволяет упростить программное обеспечение системы.

Когда тестирование канала завершено, ШИМ контроллер отключается и управление вновь передается компьютеру для начала тестирования следующего канала. Когда все каналы радиоприемника будут протестированы, компьютерная программа подготовит результаты тестов и передаст сообщение микроконтроллеру о завершении всех операций. По этому сообщению происходит завершение программы, отключение питания РП и задействованного оборудования.

Выводы: Проведенная нами разработка позволила решить задачи обеспечения температурных режимов при автоматизированном проведении контрольно-испытательных операций тестирования блоков многоканального радиоприемника. В ходе выполнения работы было разработано устройство управления системой охлаждения на основе ШИМ контроллера и многоканальной вентиляторной системы. Благодаря эффективному использованию энергии саморазогрева блоков и индивидуального регулирования воздушных потоков вентиляции удалось обеспечить высокую точность поддержания температуры без использования дополнительных нагревателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В. С. Гуров, В. А. Пушкин, А. И. Утиленко «Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов и устройств»
2. Datasheet [Электронный ресурс] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.html>
3. Datasheet [Электронный ресурс] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/90157/MOTOROLA/MC33999.html>
4. Datasheet [Электронный ресурс] https://www.sparkfun.com/datasheets/IC/FT232R_v104.pdf
5. Datasheet [Электронный ресурс] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26839/TI/CD40107B.html>

*И.А. Цыганков, студ.; рук. Н.Н. Строев, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ РАДИОВИДЕНИЯ

Радиовидение – получение видимого изображения объектов с помощью радиоволн. Оно позволяет изучить внутреннее строение объектов,

непрозрачных в оптическом диапазоне и распознать объекты в оптически непрозрачной среде. Информация об объектах передается при помощи радиоволн, излученных или рассеянных. Основная задача радиовидения – собрать информацию и преобразовать ее в видимое изображение. Система радиовидения это специальное устройство или комплекс, выполняющее такое преобразование. Управление системой радиовидения осуществляется при помощи программного обеспечения. Целью данной научной работы стала модернизация уже существующей программы управления. В частности, был обновлен пользовательский интерфейс для улучшения взаимодействия между пользователем и программой, а также реализована функция протоколирования работы программы для оперативного устранения ошибок.

Программное обеспечение управления было создано на языке программирования C++ при помощи следующих инструментов:

- свободная интегрированная среда разработки Qt Creator Community, распространяемая по лицензии GNU Lesser General Public License [2];
- свободная интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2015, распространяемая по лицензии Microsoft Software License для Microsoft Visual Studio Community 2015 [3].

При модернизации программного обеспечения дополнительно были использованы:

- библиотеки Qt, входящие в состав Qt Creator Community;
- собрание свободных библиотек Boost, распространяемое по лицензии Boost Software License [1].

Для более удобной работы с программой был переработан пользовательский интерфейс. Изображения, получаемые с камеры, разбиты на вкладки и добавлена панель меню. Данный функционал был реализован при помощи виджетов Qt, которые включены в библиотеки Qt.

Виджеты Qt – это стандартные элементы графического пользовательского интерфейса. Одним из преимуществ виджетов является то, что они подстраиваются под используемую операционную систему, т.е. приложение созданные с использованием Qt под Windows, Linux или macOS выглядят как стандартные приложения этих операционных систем. Виджеты используются для отображения данных и состояния приложения, обработки пользовательских событий и в качестве контейнеров для других виджетов, которые должны быть сгруппированы вместе. Виджеты, не вложенные в другие виджеты, являются окнами [4].

Чтобы не перегружать окно программы функционалом, который не является для пользователя первостепенным, было решено переместить его в верхнюю часть окна, а именно в панель меню. Панель меню – это виджет, производный от класса QMenuBar. Для его реализации в программе использована функция menuBar(), которая вызывается внутри виджета главного окна класса QMainWindow. На панели меню размещены меню File и Edit, производные от класса QMenu. Каждое меню содержит действия, производные от класса QAction. В меню File содержатся действия обычного типа, они имеют

одно состояние и могут генерировать сигнал triggered (активировано). В меню Edit содержатся флаговые действия, они имеют два состояния: включено и выключено. При переключении между этими состояниями генерируется сигнал toggled (переключено). Сигналы соединены со слотами основной программы, в которых реализованы функции, выполняемые при активации или изменении состояний соответствующих действий.

Изначально, в главном окне программы одновременно располагались изображение с камеры и его обработанные версии. Для более наглядного отображения они были разделены на вкладки. В первой располагаются обработанные версии изображения, во второй – само изображение. Разделение реализовано при помощи виджета, описываемого классом QTabWidget. Внутри этого виджета располагаются два виджета класса QWidget. Их добавление в виде вкладок осуществлено при помощи функции addTab. Сам виджет класса QTabWidget располагается внутри виджета главного окна.

Обновленный пользовательский интерфейс представлен на рис. 1.

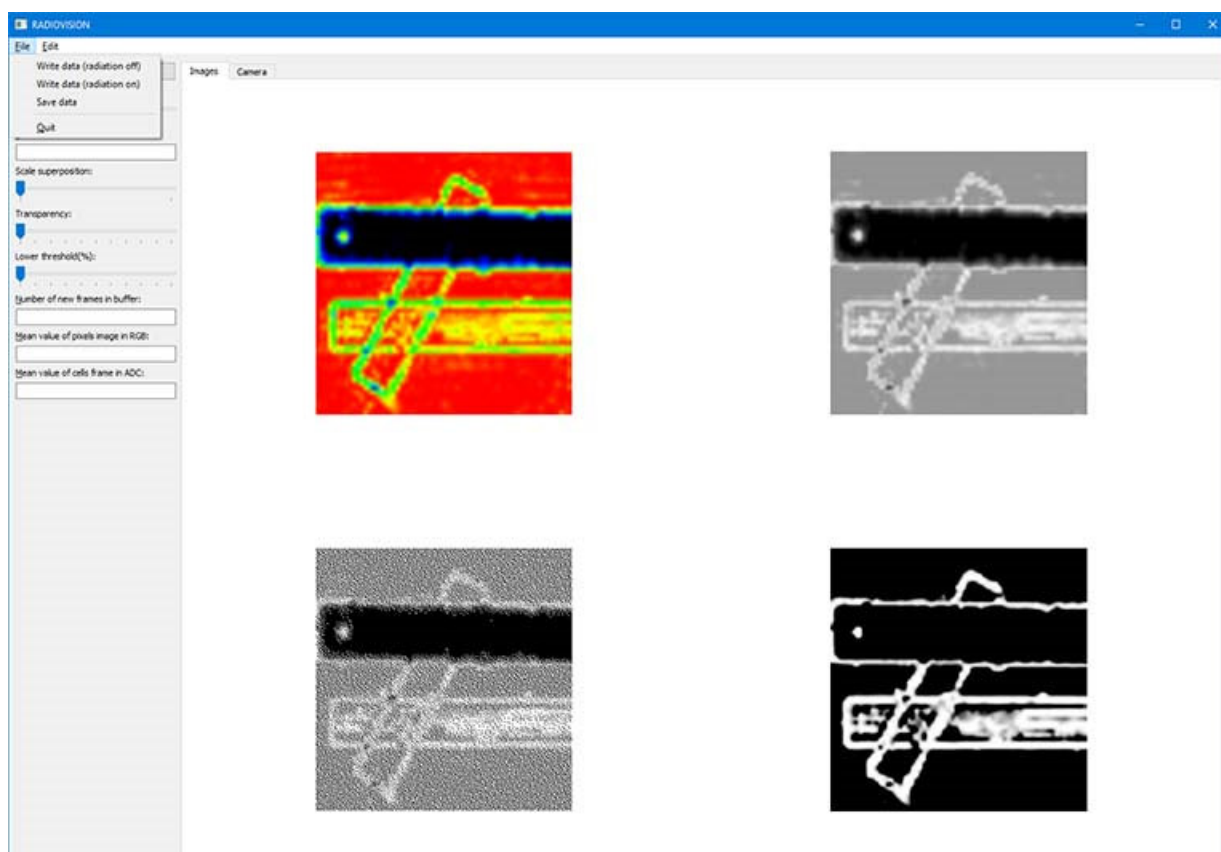


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс программного обеспечения

Во время работы программного обеспечения возникают непредвиденные ошибки. Чтобы их оперативно находить и устранять, был разработан алгоритм протоколирования работы программы. Т.е. все сведения о происходящих в программе событиях записываются в хронологическом порядке в файл журнала (лог-файл). Для решения этой задачи использовалась библиотека Boost.Log, входящая в состав свободно распространяемого собрания библиотек Boost.

Алгоритм протоколирования работы программы в виде блок-схемы изображен на рис. 2.

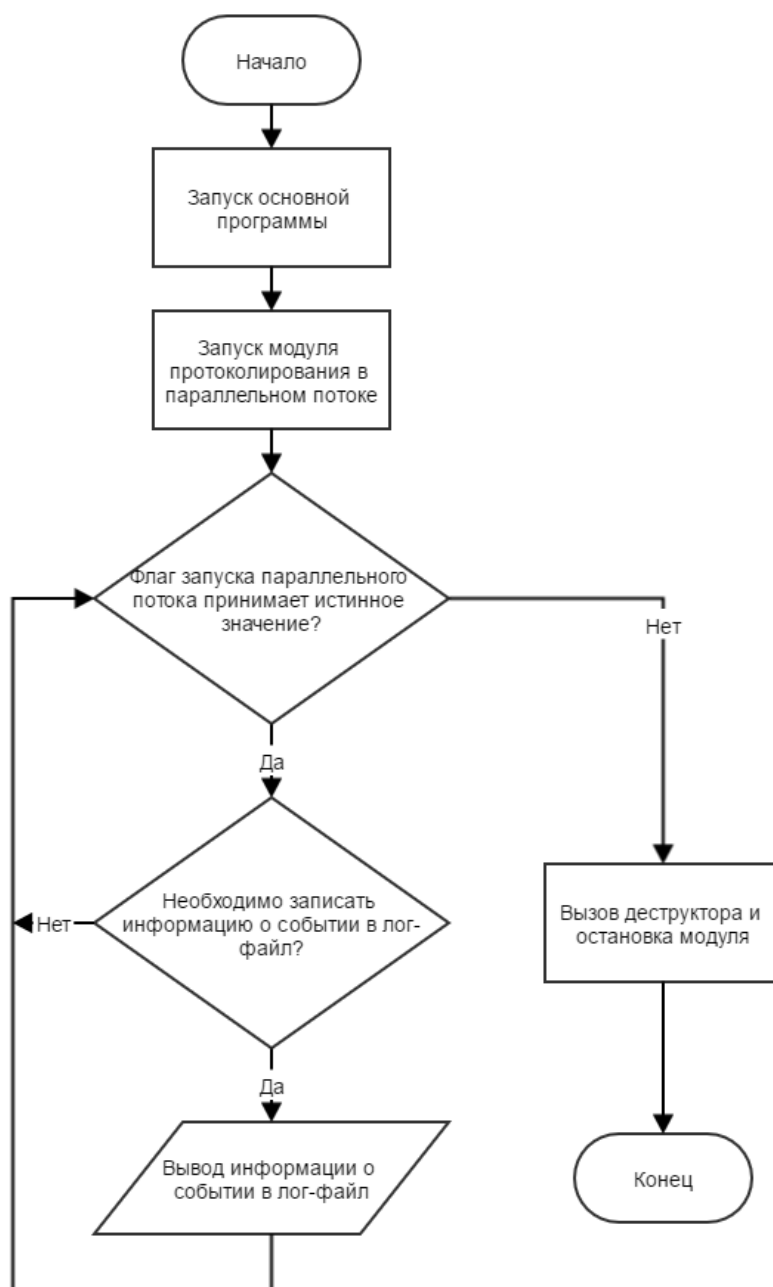


Рисунок 2 – Алгоритм работы модуля протоколирования

Более подробное, поэтапное, описание инициализации модуля представлено ниже:

- получение доступа к ядру библиотеки;
- создание переменной типа `sink` (тип определен в библиотеке `Boost.Log`), в которую будут записываться происходящие события в текстовом формате;
- поиск каталога, в котором будут храниться лог-файлы, если такого каталога нет, то он создается;
- определение имени лог-файла и размер, после достижения которого будет происходить замена файла;
- присвоение общих атрибутов (время, дата и т.д.) и идентификационного номера, благодаря которому программа определяет в какой лог-файл записывать информацию;

- определение форматирования текста записи;
- добавления переменной `link` в ядро библиотеки.

В итоге результатом модернизации программного обеспечения стало:

- обновление пользовательского интерфейса;
- добавление функции протоколирования работы программы.

Литература

1. Boost Software License. – Режим доступа: <http://www.boost.org/users/license.html> (дата обращения: 30.08.16);
2. GNU Lesser General Public License (LGPL). – Режим доступа: <http://doc.qt.io/qt-5/lgpl.html> (дата обращения: 30.08.16);
3. Microsoft Software License Terms for Microsoft Visual Studio Community 2015. – Режим доступа: <https://www.visualstudio.com/license-terms/mt171547/> (дата обращения: 30.08.16);
4. Qt Documentation. – Режим доступа: <http://doc.qt.io/> (дата обращения: 30.08.16).

*А. А. Черняков, маг., Е.Ю. Федорова, маг., С.А. Амелин, к.т.н., доц.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАНАЛА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ

В настоящее время при разработке различных устройств используют МДП-транзисторы, в процессе которой практически не обойтись без имитационного моделирования. Однако это не всегда представляется возможным.

Одна из причин заключается в том, что в настоящее время отсутствуют SPICE библиотеки отечественных мощных МДП-транзисторов, соответственно их нужно создать. Для этого необходимо узнавать параметры каждого транзистора в отдельности. Решать эту проблему можно по отдельности, используя современные достижения науки и техники.

Используя современную элементную базу, можно разработать стенд, который позволит быстро и без больших временных затрат получить значение остаточного сопротивления канала «сток-исток» МДП-транзистора. Аналогичным образом можно разработать другие стенды для измерения других необходимых характеристик транзисторов и, получив все необходимые, разработать SPICE модель.

Измерительное устройство должно содержать датчики тока и напряжения, а также устройство обработки результатов, которое будет вычислять сопротивление канала. Поскольку транзисторы мощные, необходим внешний источник питания с большим напряжением порядка 50 В для обеспечения тока через канал в районе 2,5 А[1]. Измерения должны проводиться только в момент времени, когда МДП-транзистор полностью открыт. Поэтому эти измерения должны осуществляться с определенной задержкой относительно подачи управляющего импульса. Величину задержки задает управляющее устройство. Результаты вычислений должны поступать на устройство индикации. Питание узлов устройства осуществляется от источника питания.

В соответствии с изложенными выше требованиями разработана структурная схема устройства измерения остаточного сопротивления канала (рис. 1).

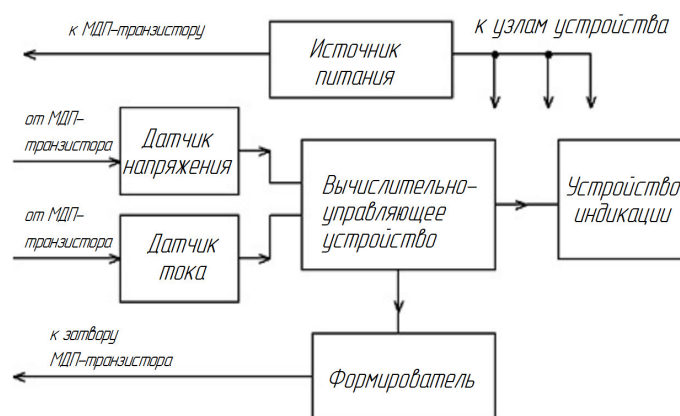


Рисунок 1 – Структурная схема устройства измерения остаточного сопротивления канала МДП-транзистора

Временные диаграммы работы устройства измерения остаточного сопротивления канала МДП-транзистора представлены на рис. 2.

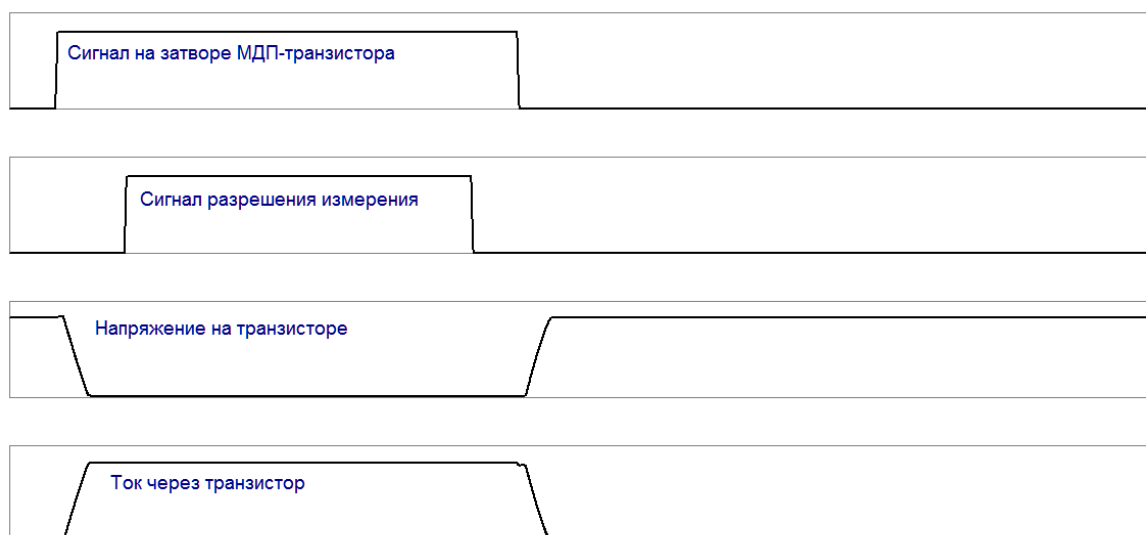


Рисунок 2 – Временные диаграммы работы устройства измерения остаточного сопротивления канала МДП-транзистора

Во время открытого состояния МДП-транзистора напряжение между стоком и истоком составляет десятки-сотни мВ, а при закрытом состоянии – 50 В. Поэтому необходимо предусмотреть устройство защиты (устройство ограничения входного напряжения) для измерительных устройств тока и напряжения. С учётом этого требования была разработана функциональная схема устройства (рис. 3) на основе структурной.

В данной функциональной схеме присутствует микроконтроллер. Для разрабатываемого стенда можно использовать микроконтроллер семейства AVR Atmega16 с частотой 8 МГц, так как в нём присутствует встроенный АЦП. В схеме так же используется понижающий DC/DC преобразователь чтобы не использовать дополнительный внешний источник питания. Поскольку микроконтроллеру требуется напряжение питания от 4,5 В до 5,5 В[2], выходное напряжение DC/DC преобразователя должно лежать в этих пределах. Это же напряжение в качестве напряжения питания можно использовать для

положительного питания усилителей, УВХ и буфера.

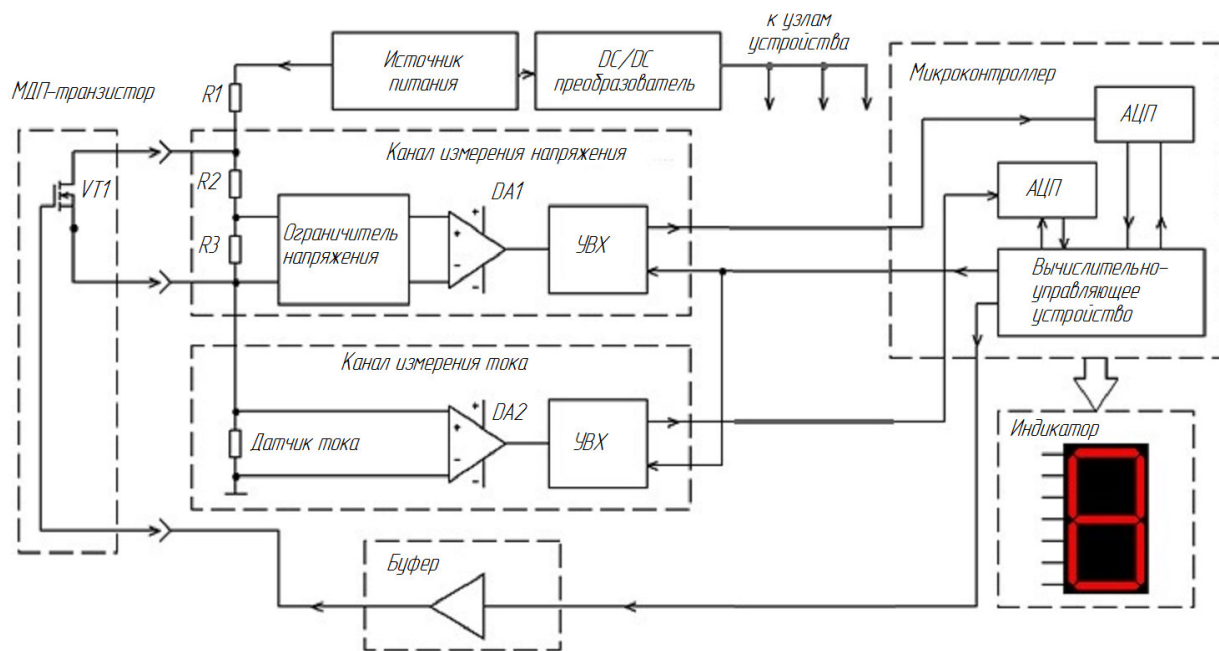


Рисунок 3 – Функциональная схема устройства измерения остаточного сопротивления канала МДП-транзистора

Так как при эксплуатации устройства используется многоканальный источник, один канал можно использовать для напряжения +50 В, а второй канал – для отрицательного питания усилителей, УВХ и буфера.

Буфер необходим по той причине, что в цепи затвора транзистора существует ёмкость, которую необходимо перезаряжать током, но этого тока будет недостаточно при подаче сигнала напрямую с микроконтроллера. Поэтому, в цепи затвора необходим буферный усилитель с выходным током несколько сотен миллиампер.

Устройство выборки хранения (УВХ) необходимо чтобы зафиксировать уровень напряжений с операционных усилителей, после этого закрыть транзистор и только потом начинать процесс АЦП и вычислений. В противном случае получим длительное протекание большого тока в цепи затвора транзистора. Также присутствует узел защиты от перенапряжения для предотвращения выхода из строя операционных усилителей.

Для проведения измерений остаточного сопротивления канала необходимо составить алгоритм функционирования устройства. При этом необходимо учитывать, что длительное протекание тока порядка 2,5 А может вызвать перегрев транзистора и резисторов, следовательно, время протекания надо обеспечить как можно более коротким (т. е. скважность как можно больше, минимум 200). То есть, алгоритм можно описать следующим образом.

Сначала происходит инициализация микроконтроллера, инициализация портов ввода-вывода, затем происходит первичная инициализация переменных с присвоением нулевого значения. После этого происходит инициализация АЦП, и начинается бесконечный цикл.

Сразу после открытия транзистора происходят переходные процессы,

связанные с наличием ёмкости в цепи затвора. Следовательно, необходимо дождаться их завершения (несколько десятков микросекунд). После их завершения напряжение на затворе станет постоянным, в это же время протекает большой ток. Аналого-цифровое преобразование нельзя начинать, так оно занимает порядка 10 мс – на пассивных компонентах выделяется очень большая мощность. Поэтому подаётся сигнал запуска устройствам выборки хранения, которые запоминают значения необходимых тока и напряжения, транзистор после этого можно закрыть и запустить аналого-цифровое преобразование.

После завершения АЦП происходит программная обработка данных, полученные значения сопротивления с каждым измерением усредняются и выводятся на ЖК-индикатор.

Для проверки работоспособности разработанного алгоритма было проведено имитационное моделирование в программе Proteus 7.10 SP0 (рис. 4).

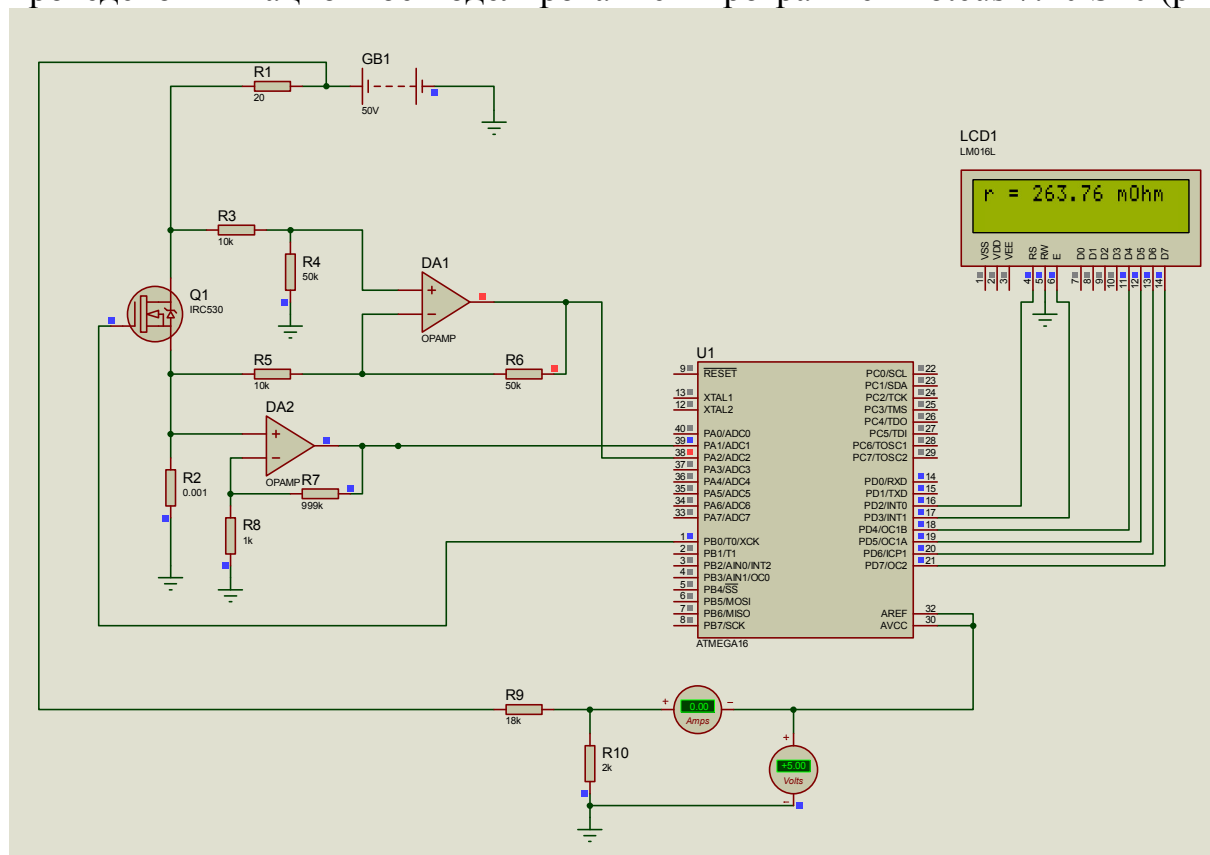


Рисунок 4 – Результаты симуляции работы стенда

Как видим, для зарубежного МДП-транзистора остаточное сопротивление канала составляет 263 мОм по результатам вычислений. Чтобы убедиться в правильности вычислений, получим этот результат, используя виртуальные амперметр и вольтметр (рис. 5).

Исходя из показаний приборов, вычислим сопротивление:

$$r = \frac{U_c}{I_c} = \frac{0,64 \text{ В}}{2,46 \text{ А}} = 260,1 \text{ мОм}$$

Полученный результат близок к программно вычисленному, что позволяет

сделать вывод о правильности разработанного алгоритма.

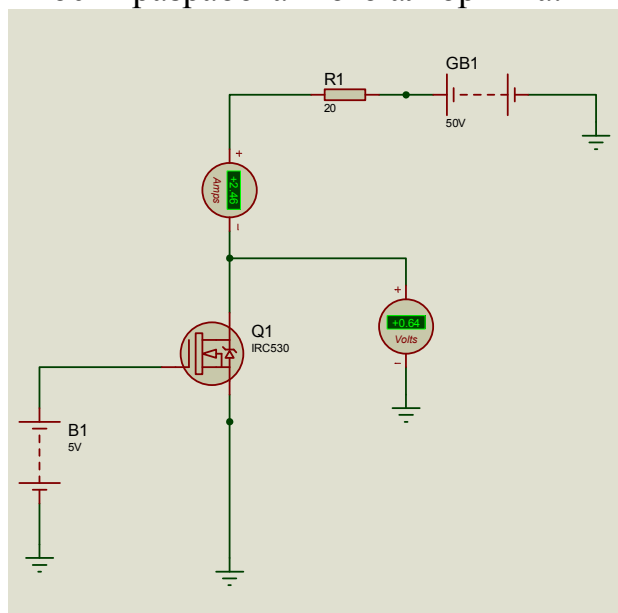


Рисунок 5 – Проверка вычислений

Литература

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – М.: Мир, Бином, 2011. – 704 с. : ил.
2. ATmega16 Datasheet. [Электронный ресурс]: Datasheet. URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
3. Затулов С.Л. Моделирование переходных режимов работы ограничителя выбросов напряжения, работающего в режиме ограничения мощности / Затулов С.Л., Амелин С.А., Амелина М.А. // Практическая силовая электроника. – 2016. – №1. – С.52-56
4. Амелин С. А. Проблемы создания SPICE-моделей ШИМ-контроллеров источников вторичного электропитания / Амелин С.А., Варфоломеева Д.Н. // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции: В 2 томах. филиал ФГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. – 2015. – С.243-245

*А.А. Чесноков, маг.; А.А. Пеньков, к.т.н., доцент
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ДАТЧИКА

Введение

Необходимость одновременно измерять и контролировать множество различных физических величин порождает активное развитие телекоммуникационных систем с использованием современных технологий, широкое развитие научных исследований, а так же высокие требования к точности и быстродействию измерений

Появление таких средств измерений, как информационно-измерительные приборы и измерительные системы обусловлено естественной физиологической ограниченностью возможностей человека в восприятии и обработке больших объемов измерительной информации стала одной из основных причин

Развитие программируемых микропроцессорных систем привело к созданию гибких автоматизированных систем

Гибкие интегральные системы дают возможность программным способом изменять режим измерений, а так же производить обработку, хранение и отображать данные, в удобной для человека форме. При этом остается не затронутой аппаратная часть измерительной системы.

Микропроцессоры осуществляют сервисные операции: задают различные режимы измерения, а так же измерение ряда параметров цепи. В автоматизированных микропроцессорных измерительных системах все узлы устройства подключены непосредственно к шине микропроцессора.

В традиционных измерительных приборах перестроить или изменить число каналов измерения и анализа достаточно проблематично. Этим обусловлена некоторая функциональная ограниченность. Функциональные возможности задаются при производстве. И так как производитель не в состоянии охватить все многообразие реальных исследовательских задач, это препятствует подбору оптимального комплекта оборудования. Виртуальные приборы и измерительные системы снимают данное ограничение.

С развитием информационных технологий разработка информационно-измерительных приборов различной сложности происходит быстрее и с меньшими затратами, что позволяет создавать системы: от измерения параметров до ввода и обработки видеоизображений с передачей результатов через внешнюю сеть. Появление приборов с применением специализированных микропроцессорных систем, измерительных информационных комплексов, а также, компьютерных и виртуальных технологий вызвано следующими причинами:

- распространением специализированных микропроцессоров и персональных компьютеров, имеющих высокое быстродействие, большие объемы памяти, стандартные интерфейсы, высокие графические возможности, позволяющие создать функционирующие в реальном масштабе времени виртуальные измерительные устройства, с высокой степенью подобия воспроизводящие поведение тех или иных физических приборов и систем;
- созданием автоматизированных систем различного назначения, системы научных исследований, системы комплексных испытаний.
- реализации в компактной форме измерительных приборов и модулей;

Описание разработки устройства

Устройство состоит из трех основных частей: датчика тока, блоки обработки данных, блок расширения измеряемых каналов.

Измерения тока цепи питания нагрузки производится датчиком тока. ИМС ACS764 представляет собой датчик тока на основе эффекта Холла с цифровым выводом данных и выходом перегрузки по току, для мониторинга и отчетности работы устройств. Цифровой выход может быть считан с датчика контроллером через I2C интерфейс. Основные критерии выбора датчика, соответствующие требованиям ТЗ:

- Функциональный критерий (наличие в датчике схемы преобразования и усиления измеряемых сигналов);

- Малая суммарная погрешность измерений (менее 2%);
- Наличие интерфейса обмена данными;
- Возможность установить допустимый порог измерения;
- Максимальный измеряемый ток (до 16 А).

Управление устройством производится посредством отправления команд с ПК. Обмен данными между МК и ПК осуществляется путем подключения устройства к USBпорту компьютера. Это достигается путем использования преобразователя интерфейса USB/UART.

Вывод результатов измерения производится на трехсимвольный семисегментный индикатор. При этом данные, в соответствующем виде, поступают по интерфейсу SPI с МК на сдвиговые регистры. Таким образом исключается необходимость использования большого количества портов МК для организации индикации данных.

Для удобства макетирования и гибкости эксплуатации устройство разделено на три отдельных модуля:

- Модуль 1 датчик тока.
- Модуль 2: представляет платформу для расширения измерительных цепей.
- Модуль 3: исполняет функции сбора, обработки и вывода данных.

Основной цикл работы представлен на рис. 1. При включении осуществляется инициализация интерфейса и система переходит в режим ожидания команд.

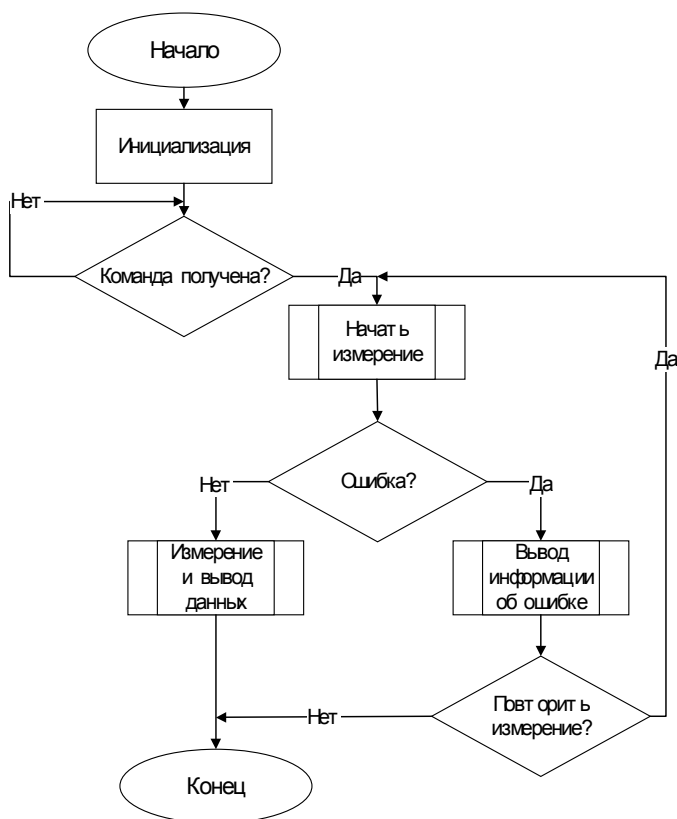


Рисунок 1 — Упрощенный алгоритм работы программы

Для отладки программного кода в среде PROTEUS была реализована схема, позволяющая пошагово выполнить работу программы.

Так как в данном пакете моделирования отсутствует модель датчика тока, при моделировании устройства используется модель интегрального термометра DS1621, работающая по интерфейсу I2C. Данное обстоятельство не влияет алгоритм работы программы, и в случае необходимости, позволяет обойтись минимальными изменениями программного кода.

Заключение

В ходе работы были проанализированы наиболее известные методы измерения тока, а так же произведен обзор интегральных датчиков тока и их сравнительный анализ. На основании этого была проведена разработка структурной схемы устройства, обосновано разбиение устройства на модульные части. Разработана принципиальная схема устройства и необходимое ПО для микроконтроллера.

Список использованных источников:

1. Амелина, М.А. Оформление курсовых и дипломных работ: методические указания для студентов специальности «Промышленная электроника» / Сост. : М.А. Амелина, С.А. Амелин, Ю.В. Троицкий. — Смоленск : ГОУВПО СФМЭИ(ТУ), 2007. — 78 с.
2. Амелина, М.А. Основные правила работы в WORD/ Сост.: М.А. Амелина, С.А. Амелин. — Смоленск : ГОУВПО СФМЭИ(ТУ), 2007. — 32 с.
3. Козенков, Д. Интегральные датчики тока / Д. Козенков // Электронные компоненты. — 2005. — № 9 — С. 63
4. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: справочное руководство / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. — М. : Мир, Бином, 2011. — 704 с. : ил.
5. Лебедев М.Б. - CodeVisionAVR. Пособие для начинающих. – 2008
6. Белов, А.В. — Разработка устройств на микроконтроллерах AVR шагаем от «чайника» до профи - Санкт-Петербург НиТ, 2013-530 с.
7. ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ ЧАСТЬ 2 (7 семестр) Слайды к курсу лекций Лектор: к.т.н., доц. Амелина М.А. [Электронный ресурс]: https://drive.google.com/file/d/0B_zuGjoSJdggcWRQUmhvdzMxVVU/edit?usp=sharing
8. ACS764 Datasheet. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS764-Datasheet.ashx?la=en>
9. CP2102 Datasheet. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/CP2102-9.pdf>
10. 8-bit AVR Microcontroller ATmega81 Datasheet. [Электронный ресурс]: URL: http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf

Т.В. Широких, к.т.н., доцент

(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЗРАЧНОЙ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ

Как известно стоимость бриллиантов определяется четырьмя параметрами: массой, которая измеряется в каратах, типом огранки, дефектностью и цветом. Следует отметить практически равноценный вклад каждого из перечисленных параметров в стоимость бриллианта, но в данной работе речь пойдет о цвете.

Оценка цвета осуществляется сопоставлением цвета бриллианта с цветом

эталонного определенной группы цветности [1].

Следует отметить, что комплект эталонов достаточно дорог, особенно если учесть, что существует целая система образцовых мер: эталоны различных разрядов, образцовые и рабочие меры, комплект которых имеет каждый профессиональный оценщик. В результате в производстве «замораживаются» значительные материальные средства. Кроме того практически невозможно обеспечить идентичность рабочих эталонов, поэтому целесообразно рассмотреть возможность замены бриллиантовых эталонов цвета на иные, например, из цветного оптического стекла. Такой образец при определенном спектральном составе излучения будет метамерен цвету бриллианта [2]. Форма имитаторов может быть подобна форме бриллиантов, а может быть и иной, например, в виде плоскопараллельной пластины.

Методика расчета таких образцовых мер базируется на расчете цвета плоскопараллельной пластинки, расположенной на белой подложке и освещаемой равномерно рассеянным светом, т.к. излучение двухлампового люминесцентного светильника, который используется при оценке цвета бриллиантов, можно считать равномерно рассеянным.

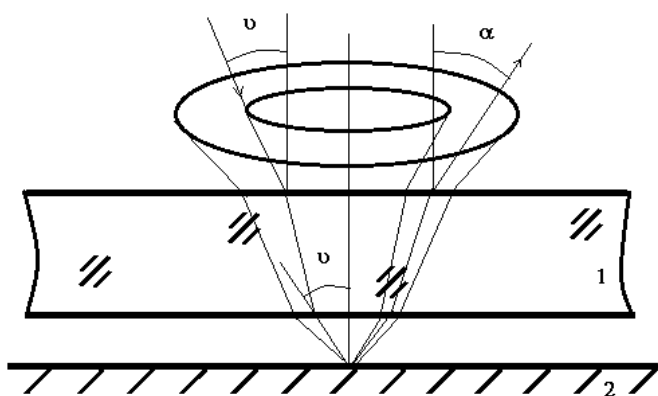


Рис.

В этом случае для расчета спектральной плотности яркости наблюдаемых лучей можно воспользоваться методом зональных телесных углов: световое пространство верхней полусферы разбивается на равные 10 - градусные зоны по углу падения лучей ν (см. рис.). На рисунке представлен ход световых лучей в прозрачной пластине 1, расположенной на белой

непрозрачной подложке 2.

Лучи падающего излучения с текущим углом падения ν преломляются на пластине на первой грани, меняя при этом направление, частично отражаются от второй грани, проходят к белой подложке с тем же углом падения ν и отражаются от нее по всем направлениям, в том числе к наблюдателю под углом α (см. рис.).

В этих условиях спектральная плотность яркости лучей, падающих на подложку под углом, можно рассчитать по формуле:

$$l_{\lambda, \theta} = l_{\lambda} (1 - \rho_{\theta 1}) (1 - \rho_{\theta 2}) 10^{-\mu_{\lambda} d_{\theta}} \quad (1)$$

где l_{λ} - спектральная плотность яркости источника света; μ_{λ} - спектральный десятичный показатель поглощения вещества пластинки; d_{θ} - длина пути лучей в пластине; $\rho_{\theta 1}$ и $\rho_{\theta 2}$ - френелевские коэффициенты отражения от первой и второй граней пластины.

Длина пути d_{θ} , входящая в (1), находится через толщину пластинки d , угол

падения ϑ и показатель преломления вещества пластинки n :

$$d_{\vartheta} = \frac{d}{\cos \left[\arcsin \left(\sin \frac{\vartheta}{n} \right) \right]}, \quad (2)$$

а коэффициент френелевского отражения можно рассчитать по формуле:

$$\rho_{\vartheta} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\cos \vartheta - \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \vartheta}}{\cos \vartheta + \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \vartheta}} \right)^2 + \left(\frac{n^2 \cos \vartheta - \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \vartheta}}{n^2 \cos \vartheta + \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \vartheta}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

причем углы падения луча на верхнюю грань пластины $\vartheta_1 = \vartheta$, а нижнюю $\vartheta_2 = \arcsin(\sin \vartheta/n)$

Спектральная плотность яркости лучей, отраженных от подложки, имеющей равномерно рассеянный характер отражения, рассчитывается как

$$l_{\lambda, \alpha} = \frac{e_{\lambda} B_{\lambda, \alpha}}{\pi} \quad (4)$$

где e_{λ} – спектральная плотность освещенности подложки, $B_{\lambda, \alpha}$ – спектральный коэффициент яркости подложки в направлении α .

Спектральная плотность освещенности определяется по формуле:

$$e_{\lambda} = \int_{\vartheta=0}^{\pi/2} l_{\lambda}(\vartheta) \cos \vartheta d\Omega = 2\pi \int_{\vartheta=0}^{\pi/2} l_{\lambda}(\vartheta) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta \quad (5)$$

При равномерном распределении яркости в верхней полусфере окружающего пространства и с учетом (4) спектральная плотность освещенности будет равна:

$$e_{\lambda} = 2\pi l_{\lambda} \int_{\vartheta=0}^{\pi/2} (1 - \rho(\vartheta)) \left(1 - \left(\arcsin \left(\frac{\sin \vartheta}{n} \right) \right) \right) 10^{-\mu_{10, \lambda} d_{\alpha}} \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta \quad (6)$$

Спектральную плотность яркости наблюдаемых лучей можно рассчитать как:

$$l_{\lambda, \alpha, n} = l_{\lambda, \alpha} (1 - \rho_{\alpha 1}) (1 - \rho_{\alpha 2}) 10^{-\mu_{\lambda, 10} d_{\alpha}} \quad (7)$$

где d_{α} и ρ_{α} рассчитываются по формулам (2) и (3) для угла α , причем $\alpha_1 = \alpha$, а $\alpha_2 = \arcsin(\sin \alpha/n)$.

С учетом (4) и (7)

$$l_{\lambda, \alpha, n} = 2(1 - \rho_{\lambda}) \left(1 - \rho \left(\arcsin \left(\frac{\sin \vartheta}{n} \right) \right) \right) 10^{-\mu_{\lambda} d_{\lambda}} B_{\lambda, \alpha} l_{\lambda} \times \\ \times \int_0^{\pi/2} (1 - \rho(\vartheta)) \left(1 - \rho \left(\arcsin \left(\frac{\sin \vartheta}{n} \right) \right) \right) 10^{-\mu_{\lambda} d(\vartheta)} \sin \vartheta \cos \vartheta d\vartheta$$

Координаты цвета наблюдаемого излучения определяем по формулам [3]:

$$X = \sum_{\lambda_i=380 \text{ нм}}^{770} l_{\lambda, \alpha, n} x_{\lambda} \Delta \lambda + \sum_{\lambda_i=380 \text{ нм}}^{770} L_{\lambda, \alpha, n} x_{\lambda} \\ Y = \sum_{\lambda_i=380 \text{ нм}}^{770} l_{\lambda, \alpha, n} y_{\lambda} \Delta \lambda + \sum_{\lambda_i=380 \text{ нм}}^{770} L_{\lambda, \alpha, n} y_{\lambda}$$

$$Z = \sum_{\lambda_f=380 \text{ нм}}^{770} l_{\lambda, \alpha, n} z_{\lambda} \Delta \lambda + \sum_{\lambda_f=380 \text{ нм}}^{770} L_{\lambda, \alpha, n} z_{\lambda}$$

Методика расчета колориметрических параметров плоскопараллельных стеклянных пластин может быть предложена следующая:

1. Задаются исходные параметры: толщина пластины d , тип источника излучения и его спектральные характеристики $\varphi_{\lambda} = f(\lambda)$, марка цветного оптического стекла и его спектральные характеристики в виде спектрального показателя поглощения среды $\mu_{10} = f(\lambda)$.
2. Разбивают световое пространство верхней полусферы ($0 \dots \pi/2$) на девять десятиградусных зон по углу ψ со средними значениями $\psi_{\text{ср}} = 5, 15, \dots, 85$ градусов.
3. Рассчитывают по (1) - (6) спектральную плотность освещенности подложки для каждой зоны.
4. Рассчитывают по (8) спектральную плотность яркости наблюдаемых лучей, проведя интегрирование по всему световому пространству верхней полусферы.
5. Рассчитывают колориметрические параметры пластин по (9).

По предложенной методике была разработана программа расчета колориметрических параметров стеклянных плоскопараллельных пластин, расположенных на белой подложке и освещаемых равномерно рассеянным светом, включающая расчет координат цвета X, Y, Z и цветности x, y в колориметрической системе МКО-31, расчет координат цветности u, v равноконтрастной системы МКО-76 и расчет цветового сдвига Δe между исследуемым образцом и источником света. По программе рассчитаны колориметрические параметры пластин из цветного оптического стекла различной толщины марок ЖС, БС и СЗС при освещении их люминесцентными лампами различных типов. В качестве примера в таблицы приведены результаты расчета для люминесцентной лампы *Daylight*.

Таблица - Колориметрические параметры стеклянных пластин по отношению к люминесцентной лампе *Daylight*

Тип стекла	Толщина пластины, мм	Колориметрические параметры				
		X	Y	u	u	Δe
ЖС-3	1	0,335949	0,390916	0,191449	0,334159	0,01760
	2	0,349329	0,419074	0,190624	0,343024	0,02650
	4	0,367068	0,455925	0,189774	0,353569	0,03707
	8	0,386070	0,496119	0,188758	0,363844	0,047399
ЖС-4	1	0,326292	0,365421	0,193862	0,325665	0,00899
	2	0,336078	0,381261	0,194744	0,331388	0,01148
	4	0,352005	0,404185	0,197030	0,339356	0,02295
	8	0,377553	0,435065	0,202288	0,349652	0,03412
ЖС-10	1	0,329250	0,368599	0,194688	0,326932	0,01032
	2	0,343007	0,389949	0,196190	0,334559	0,01808
	4	0,365342	0,421248	0,199524	0,345089	0,02903
	8	0,394991	0,454710	0,206086	0,355866	0,04115
БС-5	1	0,313210	0,341751	0,193501	0,316701	0,00002

	2	0,313229	0,341797	0,193498	0,31678	0,00004
	4	0,313265	0,341882	0,193491	0,316750	0,00007
	8	0,313330	0,342040	0,193479	0,316801	0,00013
БС-6	1	0,313470	0,342338	0,193467	0,316925	0,00025
	2	0,313742	0,342957	0,193430	0,317161	0,00048
	4	0,314271	0,344156	0,193358	0,317618	0,00095
	8	0,315266	0,346411	0,193225	0,318471	0,00181
БС-7	1	0,313643	0,342740	0,193440	0,317078	0,00040
	2	0,314074	'0,343727	'0,193378	0,317454	0,00078"
	4	0,314885	0,345581	0,193264	0,318156	0,00149
	8	0,316346	0,348913	0,193063	0,319407	0,00276
СЗС-26	1	0,317231	0,347756	0,194066	0,319110	0,00249
	2	0,320731	0,352771	0,194625	0,321100	0,00456
	4	0,326760	0,360970	0,195720	0,324316	0,00795
	8	0,337157	0,374223	0,197852	0,329404	0,01344

Литература

1. Бочаров А.М., Широких Т.В. К вопросу определения цвета бриллиантов// Вестник геммологи, 2002, № 4(7).- с.16.
2. Нюбин В.В., Широких Т.В. Имитаторы цвета бриллиантов// Светотехника, 2001, №1.- с. 23.
3. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов. В 2-х ч. Ч.2 Физиологическая оптика и колориметрия – М.: Энергоатомиздат, 1989, 432 с.

*В.А. Юдин, к.т.н., доцент; А.В. Мурашкин, к.т.н.; Н.А. Окунев
(ВА ВПВО ВС РФ, г. Смоленск)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО МНОГОЧАСТОТНОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ РАДИАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ВЦ НА РЛС РАЗВЕДКИ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Целью эксперимента являлось доказательство технической реализуемости корреляционного многочастотного способа распознавания классов воздушной цели (ВЦ), отличающихся радиальными размерами, в РЛС дежурного режима дециметрового диапазона (ДР ДД), а также исследование его временных и энергетических характеристик.

Экспериментальные исследования проводились по реальным ВЦ на типовой РЛС ДР ДД, способной обеспечить формирование зондирующего сигнала (ЗС) с поимпульсной перестройкой несущей частоты. Наличие в указанной РЛС десятичастотного ЗС позволило аппаратно реализовать и исследовать на ней корреляционный многочастотный способ распознавания, предполагающий различный разнос частот ΔF сигнала с поимпульсной перестройкой несущей частоты [1].

В ходе натурного эксперимента исследовалось влияние на значения признака распознавания ϵ радиального размера ВЦ.

В качестве измеряемых параметров использовались амплитуды квадратурных составляющих сигналов смежных частот сигнала с поимпульсной перестройкой несущей частоты.

Необходимо было получить представительные выборки комплексных амплитуд сигналов на смежных частотах сигнала с поимпульсной перестройкой десяти частот, измеренных при контактах с ВЦ разных классов, далее вычислить значения признака распознавания и определить различия, дающие

возможность доказать наличие устойчивой функциональной связи между значениями признака распознавания и радиальным размером ВЦ, выявленной в ходе математического моделирования. Затем в результате анализа экспериментальных данных обосновать возможность решения задачи распознавания классов ВЦ корреляционным многочастотным способом [2-4].

При проведении эксперимента осуществлялись:

оцифровка несжатых квадратурных составляющих сигналов десяти частот, рассеянных реальными ВЦ различных классов;

первичная обработка записанных сигналов (сжатие сигналов согласно закону М-последовательности).

На этапе статистической обработки записанных сигналов осуществлялось:

вычисление признака распознавания ε по разработанной методике обработки записанных сигналов;

построение статистических распределений признака;

определение показателей качества радиолокационного распознавания как двухчастотным, так и многочастотным корреляционными способами.

Границы экспериментального исследования:

дециметровый диапазон длин волн;

для исследования эффективности корреляционных двух- и многочастотного способов распознавания объектов СВН на типовой РЛС ДД были использованы два класса целей – малоразмерная (МРЦ) и крупноразмерная цель (КРЦ);

для построения гистограмм по КРЦ была взята совокупность реализаций по четырем типам ВЦ «Ту-134», «Ту-154», «Boing-737», «Boing-747»);

полет ВЦ на ракурсе: МРЦ – 1800; КРЦ – 900;

исследования проводились в отсутствие активных и преднамеренных пассивных помех;

количество реализаций по цели ограничены возможностью их наблюдения на ИКО РЛС;

запись информации осуществлялась на удалении ВЦ от РЛС с 35 до 120 км;

высота полета ВЦ: МРЦ – 800–1300 м; КРЦ – 10000–11000 м;

режим работы РЛС – амплитудный.

Запись эхосигналов обеспечивалась в амплитудном режиме работы РЛС. Скорость вращения антенны при этом составляла 6 об/мин, дальность обнаружения – 150 км (редкий запуск $\tau_{\text{и}}=212$ мкс).

На первом этапе была осуществлена запись эхосигналов от самолета «Cessna-182», на втором - запись эхосигналов от самолетов транспортной авиации.

На рисунках 1 и 2 приведены осциллограммы сигналов, полученные после вычисления квадрата модуля корреляционного интеграла (сумма квадратов действительной и мнимой части) на двух частотах из десяти для МРЦ «Cessna-182» и КРЦ «Boing-737». В начале участков дальностей видны ярко выраженный зондирующий сигнал, а также отражения от местных предметов

(МП) и отметки от целей на фоне внешних и собственных шумов приемника РЛС. Шумы приемника РЛС в выбранном масштабе не просматриваются.

Из рисунков 1, 2 видно, что амплитуды эхосигнала на соседних частотах (были выбраны первая и вторая частота) для ВЦ, относящейся к классу КРЦ, существенно отличны, а для ВЦ, относящейся к классу МРЦ, значения амплитуды на смежных частотах больших отличий друг от друга не имеют (соответственно значения 240 для КРЦ и 170 для МРЦ о. е на оси Y), в чем и заключена физическая сущность признака распознавания.

В процессе обработки результатов экспериментального исследования отношение сигнал-шум для самолета «Cessna-182» составляло в среднем 15–22 dB, для самолета «Boeing-737» – 15–26 dB. Расчеты проводились для самолета «Cessna-182», находящегося на дальности 70 км от РЛС, и для самолета «Boeing-737» – на дальности 100 км от РЛС.

На рисунке 3 приведены огибающие пачек импульсов по записанным обзорам на десяти частотах, полученных в ходе проведения измерений для самолета «Cessna-182», а на рисунке 4 – для самолета «Boeing-737».

На рисунках 5, 6 приведены огибающие пачек импульсов, отраженных от этих же самолетов за один обзор.

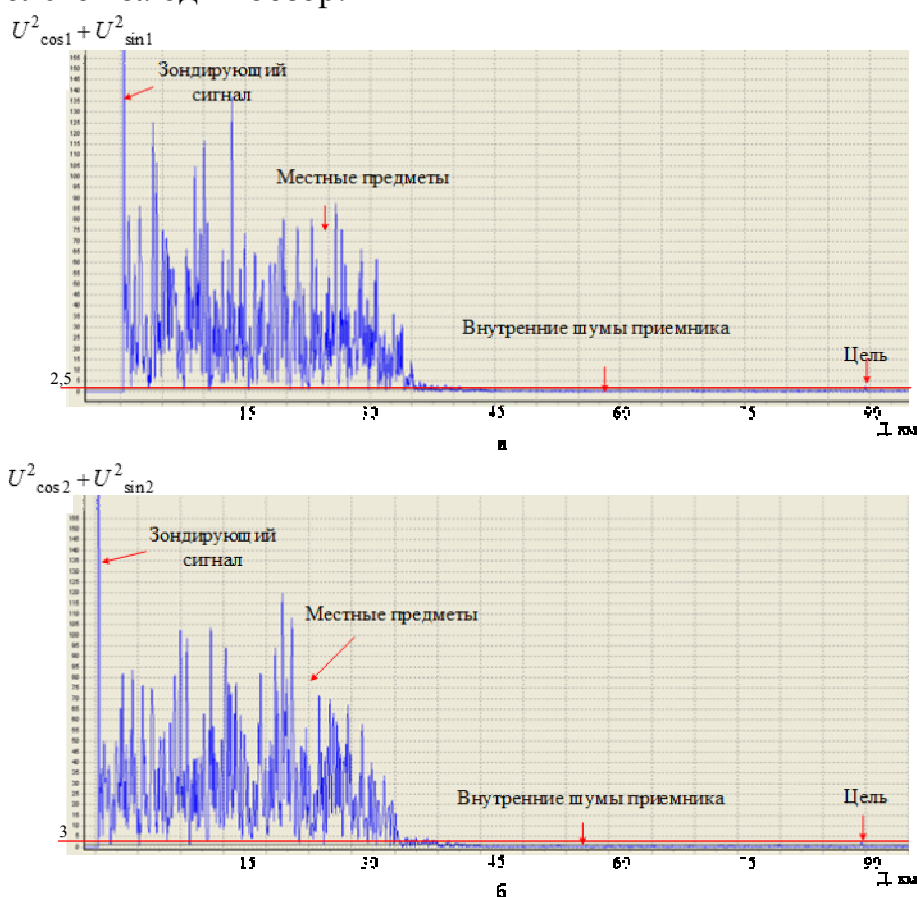


Рис. 1 – Фрагменты участков дальностей и отметка от МРЦ «Cessna-182», полученные после вычисления квадрата модуля корреляционного интеграла
а) на первой частоте; б) на второй частоте

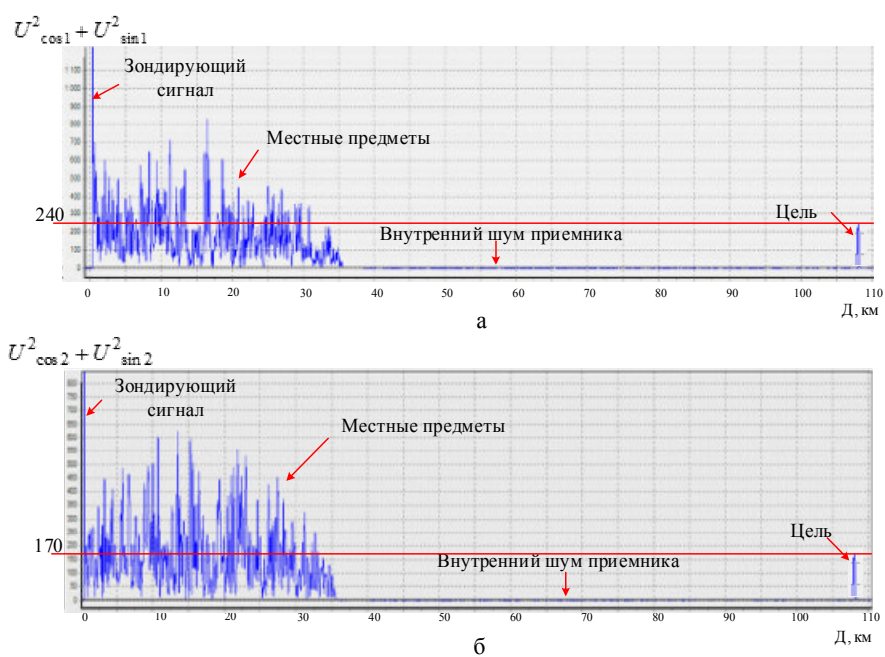


Рис. 2 – Фрагменты участков дальностей и отметка от КРЦ «Boing-737», полученные после вычисления квадрата модуля корреляционного интеграла
а) на первой частоте; б) на второй частоте

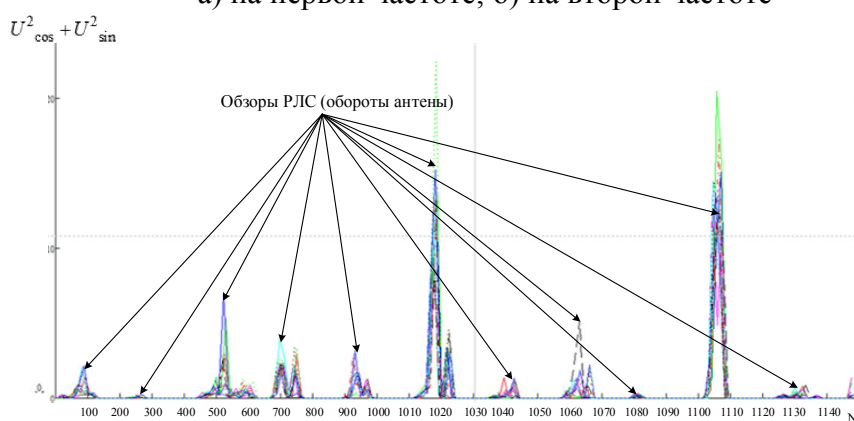


Рис. 3 – Огибающие пачек импульсов по обзорам на 10 частотах для самолета «Cessna-182»

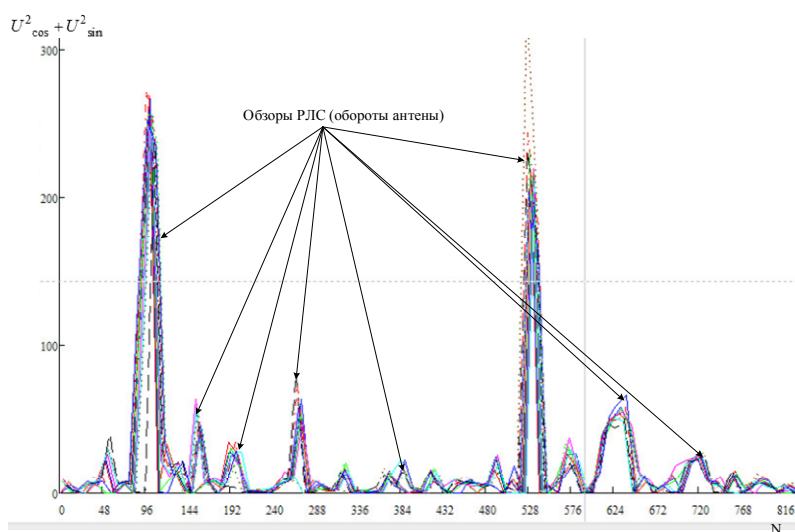


Рис. 4 – Огибающие пачек импульсов по обзорам на 10 частотах для самолета «Boing-737»

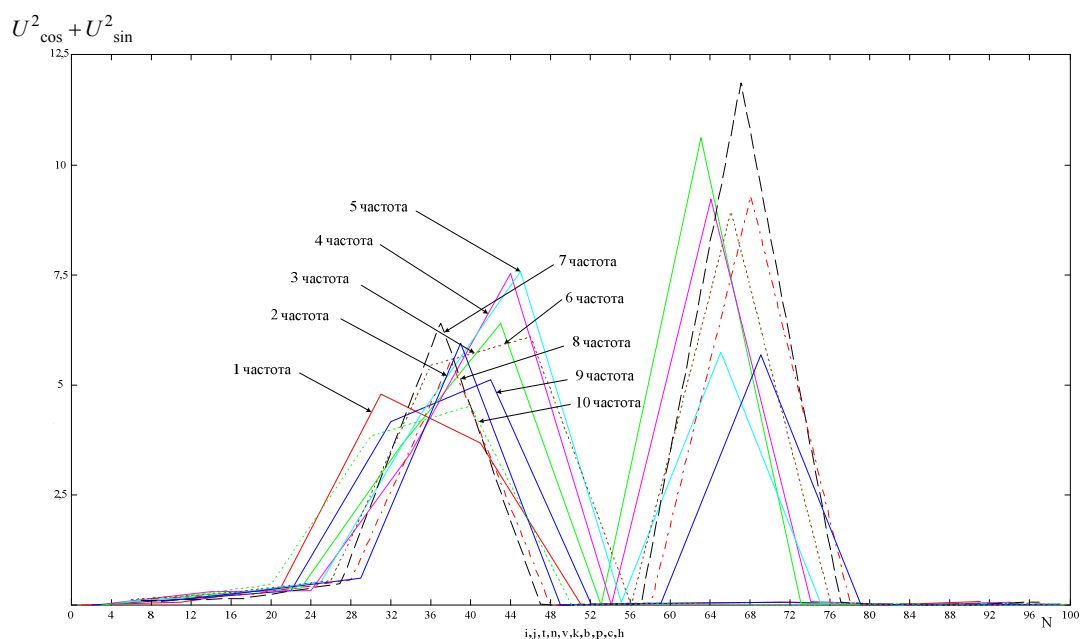


Рис.5 – Огибающие пакки импульсов по одному обзору на 10 частотах для самолета «Cessna-182»

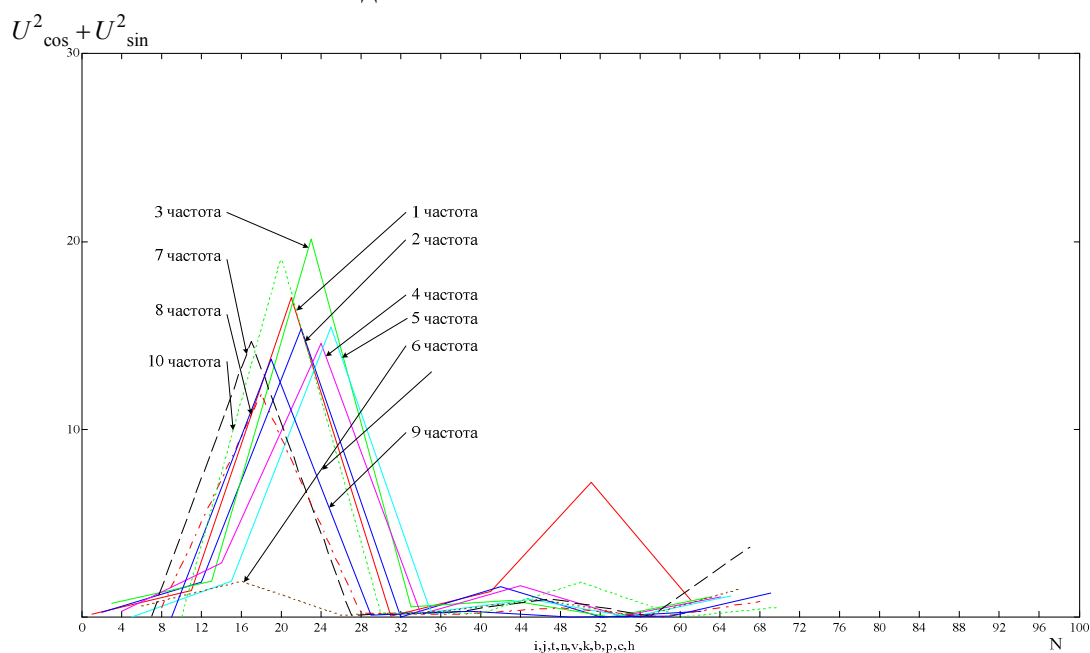


Рис. 6 – Огибающие пакки импульсов по одному обзору на 10 частотах для самолета «Boeing-737»

Анализ рисунков 3–6 показывает, что значения мгновенных ЭПР сигнала с поимпульсной перестройкой несущей частоты имеют случайный характер от обзора к обзору, но характер их изменения в отдельно взятом обзоре имеет свою закономерность. Для МРЦ разница значений мгновенных ЭПР смежных частот гораздо меньше, чем для КРЦ. Это еще раз подтверждает отличительную черту корреляционного многочастотного признака распознавания.

Из рисунков 5, 6 отчетливо видно, что на любом отсчете уровни откликов различны для различных частот и это различие больше для КРЦ. Каждый последующий отклик смещен на один отсчет (последовательное зондирование

десятью частотами). Смещение максимумов амплитуд на 1 и 9 частоте для самолета «Cessna-182» в этом обзоре объясняется случайной потерей при аналого-цифровом преобразовании и сжатии истинного положения максимума.

Анализ рисунков 4–6 подтверждает адекватную работу экспериментальной установки, что позволяет перейти к статистической обработке полученных результатов [4].

Литература

1. Ширман Я. Д., Горшков С. А., Лещенко С. П. и др. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование//Зарубежная радиоэлектроника. 1996. № 11. С. 3–63.
2. Бондарев Л. А., Юдин В. А. Подготовка экспериментальных исследований признака распознавания реальных воздушных целей двухчастотным способом//Инф. бюл. Смоленского регионального отделения Академии Военных наук. 2001. № 5. С. 87–93.
3. Юдин В. А. Натурные экспериментальные исследования признака распознавания воздушных целей двухчастотным способом/ЦВНИ МО РФ. М., Сер. Б. Вып. 58. 2002. 6 с. Деп. в ЦСИФ.
4. Мурашкин А.В., Юдин В.А. Экспериментальные исследования корреляционного двухчастотного способа распознавания аэродинамических целей // Достижения вузовской науки: сборник материалов XXI Международной научно-практической конференции – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. – С.136-140.

СЕКЦИЯ 5

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ

*Г.В. Алексеев, д.т.н., проф.; О.И. Аксенова, асп.
(Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)*

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ ПТИЦЕПЕРЕРАБОТКИ

Проблема отсутствия безотходной ресурсосберегающей технологии производства для перерабатывающих отраслей пищевой промышленности в настоящее время может быть решена с помощью внедрения экструзионной обработки отходов перерабатывающих производств, что в дальнейшем позволит разрабатывать более экономичные режимы экструдирования, снизить себестоимость выпускаемой продукции и расширить ассортимент за счет создания новых продуктов на основе отходов крупяных, овоще- и рыбоперерабатывающих, мясных производств с добавлением ценных добавок.

Экструзионная технология обладает высоким экономическим эффектом, так как позволяет заменить комплекс производственного оборудования одним аппаратом – экструдером, по сравнению с традиционными способами сокращаются энергопотребление, требуемые производственные площади, временные и общие производственные затраты на семь процентов (Werner & Pfleiderer), при этом технологический процесс экструдирования непрерывен, универсален и хорошо контролируется.

Экструзионный процесс, как высокоскоростной высокотемпературный процесс, позволяет добиваться глубоких изменений физико-химических свойств сырья за короткое время. В настоящее время интенсификация таких производственных процессов является основным направлением развития пищевой промышленности [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что экструзионная технология один из самых перспективных ресурсосберегающих способов переработки вторичного пищевого сырья, который характеризуется непрерывностью, высокой производительностью, малыми габаритами основного производственного оборудования, низкой себестоимостью продукции и гибкостью технологических режимов обработки.

Однако, в настоящее время выпуск большинства экструдированных продуктов сопровождается дополнительной предварительной обработкой текстуратов, так как термопластическая экструзия не позволяет сразу достигать требуемой тонкости измельчения и однородности текстурируемой смеси. Решение этой проблемы возможно с помощью применения матрицы для динамической экструзии, позволяющей, варьируя угол наклона отверстий разгрузочного цилиндра к горизонтальной плоскости, достичь максимальной

эффективности экструзионного процесса, сократив при этом количество вспомогательных операций.

Таким образом, целесообразно провести функционально-стоимостной анализ процесса экструдирования вторичного пищевого сырья птицепереработки, с целью определения влияния результатов НИР на эффективность технологического процесса, протекающего в экструдере, на основании предложенного допущения, что внедрение результатов НИР, позволило снизить количество сырьевых отходов при производстве продукта с n_0 до n_1 .

Получить на выходе одинаковое количество продукта возможно, скорректировав объем перерабатываемого вторичного сырья по формуле (1):

$$A = a_0(l - n_0) = a_1(l - n_1) \quad (1)$$

где: a_0 – исходный объем обработки сырья;

n_0, n_1 - доля отходов на исходном и преобразованном, на основании результатов НИР, экструдере, соответственно.

Выражая новый объем обработки вторичного сырья:

$$a_1 = \frac{a_0(l - n_0)}{l - n_1} \quad (2)$$

Внедрение результатов НИР повысило стоимость экструдера с C до C_1 :

$$C_1 = A_1 C \quad (3)$$

Сопутствующие капитальные вложения определяются по формулам (4) и (5), на основании соотношений балансовых стоимостей исходного $A_2 C$ и преобразованного $A_2 C_1$ экструдеров с учетом транспортных и установочных затрат A_3 :

$$K_0 = A_3 C \quad (4)$$

$$K_1 = A_3 C_1 = A_3 A_1 C \quad (5)$$

Далее было принято допущение, что в эксплуатационные затраты входят только амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт и техобслуживание, стоимость электроэнергии, стоимость спецодежды [3].

Амортизационные отчисления (6)-(7) и отчисления на капремонт оборудования (8)-(9) по формулам:

$$A_{м0} = A_3 A_4 C \quad (6)$$

$$A_{м1} = A_3 A_4 C_1 = A_1 A_3 A_4 C \quad (7)$$

$$K_{p0} = A_5 A_2 C \quad (8)$$

$$K_{p1} = A_5 A_2 C_1 = A_5 A_2 A_1 C \quad (9)$$

Выразим затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, через амортизационные (10)-(11):

$$T_{p0} = A_6 A_{м0} \quad (10)$$

$$T_{p1} = A_6 A_{м1} \quad (11)$$

Энергозатраты определяются потребляемой мощностью оборудования, временем его работы за год, тарифами на электроэнергию, по формулам (13)-(14).

При равных мощностях электродвигателей исходного P и преобразованного P_1 экструдеров будет получаться равное количество отходов

производства:

$$Pn_0 = P_1 n_1 \quad (12)$$

Энергозатраты равны:

$$\mathfrak{Z}_{30} = A_7 \frac{a_0}{P} \quad (13)$$

$$\mathfrak{Z}_{31} = A_1 \frac{a_1}{P_1} = A_7 \frac{\frac{a_0}{P} (1 - n_0) n_1}{(1 - n_1) n_0} \quad (14)$$

Заработная плата обслуживающего экструдеры персонала, в зависимости от объема перерабатываемого сырья:

$$3_{n0} = A_8 \frac{a_0}{P} \quad (15)$$

$$3_{n1} = A_8 \frac{a_1}{P_1} \quad (16)$$

Затраты на спецодежду:

$$C_{o0} = A_9 \frac{a_0}{P} \quad (17)$$

$$C_{o1} = A_9 \frac{a_1}{P_1} \quad (18)$$

Коэффициент реновации для учета долговечности оборудования:

$$R = \frac{E}{(1 + E)^T - 1} \quad (19)$$

где: E - норматив приведения ($E=0,1$);

T - срок эксплуатации экструдера, лет.

Тогда эффективность работы экструдера на основании внедрения результатов НИР:

$$\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_0 \frac{B_1}{B_2} \frac{R_0 + E_H}{R_1 + E_H} + \frac{(I_1 - I_2) E_H (K_2 - K_1)}{R_1 + E_H} \mathfrak{Z}_1 \quad (20)$$

где: E_H - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Экономическая эффективность в пересчете на суточную норму выработки:

$$\mathfrak{Z}_\kappa = \frac{\mathfrak{Z}}{\frac{E}{(1 + E)^{T_m} - 1} + E_H} \quad (21)$$

Результаты анализа полученного соотношения с численными параметрами соответствующими одношнековому экструдеру и его преобразованному образцу с динамической матрицей с одновременным изменением параметров ресурсосбережения и срока службы для различных объемов обработки вторичного сырья птицепереработке и различной стоимости обрабатываемого сырья при помощи пакета Excel приведены на рисунке 1 [1].

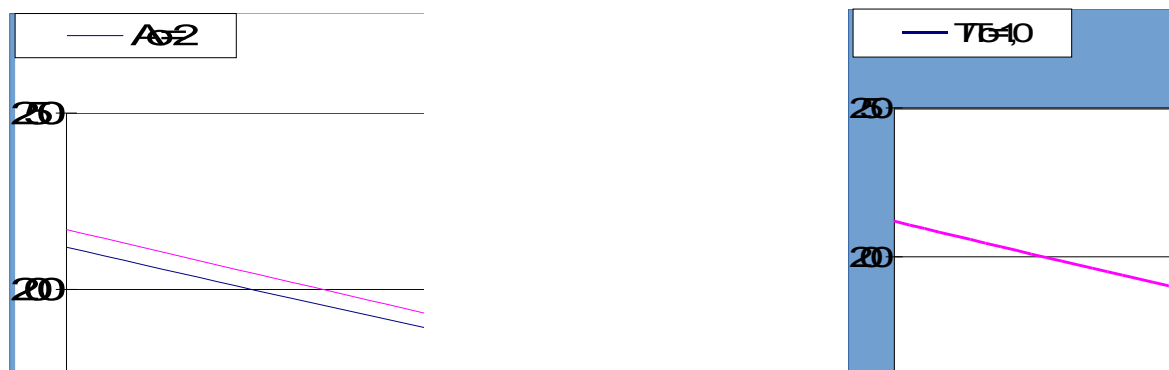


Рисунок 1 - Зависимость эффективности работы экструдера от доли отходов для различных:

а) стоимости вторичного пищевого сырья (A_0)

б) относительной долговечности (T/T_0)

Анализ показал, что работа экструдера может быть убыточна в определенных областях для зависимости эффективности работы экструдера от его срока службы, а также при определенных значениях показателя ресурсосбережения. Так же стоит отметить, что влияние изменений стоимости сырья и объема производства менее значимо, чем влияние изменения количества отходов производства на эффективность работы экструдера.

Полученные результаты показывают, что большинство факторов ресурсоемкости аппаратов определяются на этапе проектирования оборудования. Таким образом применение новых технических решений, созданных на основе научного анализа особенностей физико-механических процессов, лежащих в основе технологического процесса экструдирования вторичного пищевого сырья, и конструктивных особенностей используемых экструдеров, позволяет минимизировать эти показатели.

Поднятые проблемы интенсификации и ресурсосбережения процесса экструзии вторичного сырья пищевого назначения рассматриваются в неразрывной связи с технологической задачей наиболее полного сохранения качества вырабатываемых продуктов. Выполнение комплексных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку перспективных конструкций оборудования и способов осуществления высокоэффективных технологий производства продуктов из вторичного сырья птицепереработки, является в настоящее время актуальной задачей.

Литература

1. Алексеев Г.В., Дмитриченко М.И. Осюхина Е.Ю. Об экономической оценке экологичности технологического процесса и оборудования// Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. №12. С. 48-52.
2. Аксенова О.И., Алексеев Г.В., Гончаров М.В. Современные тенденции в решении задач неопределенности при проектировании технологического оборудования// Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Современные концепции развития науки». 2015. С.18-23.
3. Даниленко Е.А., Куликова М.Г. Технологический менеджмент и аудит на предприятиях пищевой промышленности// В мире научных открытий. 2009. №1. С 23.26.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЕМЯН ПРЯМЫМИ И КОСВЕННЫМИ МЕТОДАМИ

В последние годы большое внимание уделяется сельскому хозяйству, а частности растениеводству. Быстрый подъем данной отрасли поднимает вопрос определения качества семян.

На все зерновые культуры имеются нормативные документы, в которых представлены качественные показатели зерна в соответствии с дальнейшим его использованием. Для определения качества зерна применяют общие показатели, которые применимы ко всем зерновым культурам, и специальные, применяемые лишь для зерна отдельных культур. К показателям общей группы относят: вкус, цвет, запах, влажность, засоренность, зараженность амбарными вредителями, натуру.

Основным показателем качества семян является влажность. Влажность семян – это количество гигроскопической влаги в семенах, выраженное в процентах к их общей массе.

Вода представляет собой один из важных компонентов всех пищевых продуктов. Рассмотрение её как универсального растворителя для пищевых веществ или инертного компонента невозможно. Для большинства пищевых продуктов вода является не только преобладающим компонентом, но и она способна оказывать влияние на их качественные характеристики.

В зависимости от формы энергии связи и вида материала, влага может быть в виде свободной воды, капиллярно-связанная (физико-механическая связь), адсорбционно-связанная (физико-химическая связь) и химически-связанная.

Влажность - это показатель который характеризуется количеством питательных веществ в зерне, а также возможностью его хранения и дальнейшей переработки. Зерно с повышенной влажностью имеет меньше питательных веществ и не пригодно для хранения. Повышенная влажность активизирует физико-химические и физиологические процессы (дыхание, прорастание, расщепление высокомолекулярных биополимеров, активизация ферментов, набухание), все это осложняет его хранение и переработку.

Вредоносные микроорганизмы начинают быстро развиваться на поверхности влажного зерна, также увеличивается число насекомых, клещей и других опасных вредителей. Сумма всех перечисленных процессов приводит к ухудшению качества зерна и к его порче при хранении.

При увлажнении зерна изменяются его физические свойства, происходит набухание, его поверхность становится гладкой. Снижается показатель сыпучести и натура зерна. Также повышается эластичность оболочек и уменьшается сопротивление раздавливанию. Как следствие, при переработке значительно увеличиваются затраты энергии на измельчение зерна, снижается выход и качество продукции. В некоторых случаях переработка зерна

становится невозможной.

Именно поэтому контроль за влажностью зерна производится на всех стадиях переработки и хранения. Существует две группы методов определения влажности: прямые и косвенные.

В прямых методах влагу, содержащуюся в материале, тем или иным способом отделяют от сухого вещества и оценивают количественно.

При применении косвенных методов производят замер той или иной физической величины, которая в свою очередь зависит от содержания влаги в контролируемом материале. Зная зависимость вторичной, косвенной величины, от влажности, можно измеряя её, судить о влажности контролируемого материала.

Существенный недостаток прямых методов является их низкая достоверность и точность. Более точными методами для определения влажности в зерне и продуктах его переработки выступают прямые методы, но их проведение занимает требует наличия дорогостоящего оборудования.

Учитывая все недостатки прямых и косвенных методов были разработаны оптические методы определения влажности.

Оптические методы измерения влажности применимы для широкого набора веществ и материалов, как жидких, газообразных, так и твёрдых. Достоинством оптических влагомеров является то, что их показания мало зависят от температуры, не требуют разрушения исследуемых образцов, занимают мало времени.

Отличительными особенностями оптических методов являются их высокая избирательность, чувствительность, точность и воспроизводимость. На основе оптических методов возможно создавать полуавтоматические и автоматические приборы для контроля влажности многокомпонентных сред как органического, так и неорганического происхождения.

На базе НИУ "МЭИ" в г. Смоленске была проведена серия опытов по определению влажности семян.

Влажность всех семян определялась с использованием гостированной методики, с помощью высушивания в сушильном шкафу СЭШ-3М.

Из каждой партии отбирается по 100 семян, у которых измеряются кинетические характеристики люминесценции по ранее разработанной методике.

Усредненные результаты для каждой партии представлен на рис. 2.

Проводилось 100 измерений по длительности и по задержке, при следующих параметрах: $\lambda_p=425$ нм, $\lambda_b=512$ нм, чувствительность ФЭУ – высокая, длительность импульса $\tau_{\text{длит}}=4,45$ мкс и время задержки $\tau_{\text{зад}}=0,75$ мкс, как установлено по умолчанию прибора. Затем значения усреднили при помощи ПО "Панорама ПРО" с помощью функции Smoth (f).

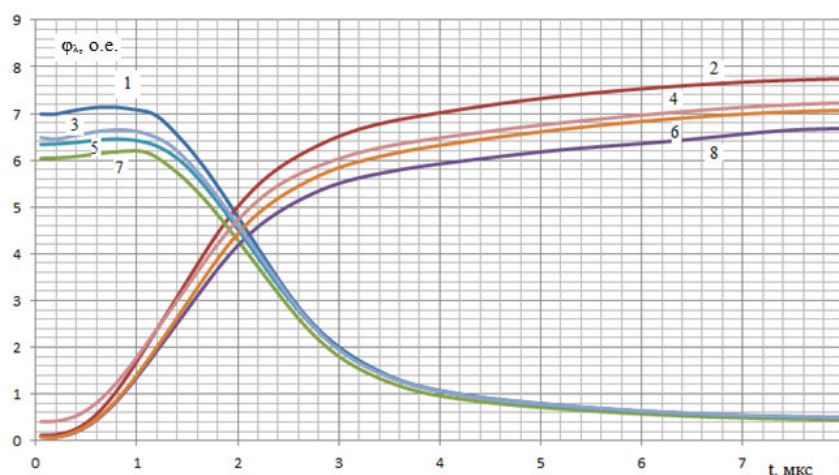


Рисунок 1 - Кинетические характеристики ячменя различной влажности. 1 – измерение по задержке для семян влажностью 4,2%; 2 – измерение по длительности для семян влажностью 4,2%; 3 – измерение по задержке для семян влажностью 15,6%; 4 – измерение по длительности для семян влажностью 15,6%; 5 – измерение по задержке для семян влажностью 4,0%; 6 – измерение по длительности для семян влажностью 4,0%; 7 – измерение по задержке для семян влажностью 31,7%; 8 – измерение по длительности для семян влажностью 31,7%.

Графики качественно имеют схожий вид, но заметна тенденция снижения максимальных значений сигналов люминесценции при увеличении влажности.

Для семян обычной влажности 4,2% интенсивность по длительности составляет 7,18 о.е., а для высушенных семян с влажностью 4,0% интенсивность по длительности составила 6,48 о.е. То есть высушивание уменьшает влажность весьма незначительно и, как следствие, интенсивность уменьшилась всего лишь 1,11 раз.

Средне увлажненные семена, влажностью 15,6%, имеют интенсивность по длительности 6,68 о.е., а сильно увлажненные, влажностью 31,7% – интенсивность 6,23 о.е. То есть при увеличении влажности интенсивность люминесценции снижается в 1,16 раза.

С помощью этих исследований удастся диагностировать биологические объекты и получать важную информацию об их физико-химических свойствах в норме и патологии. Повышение качества сельскохозяйственной продукции связано, в том числе, с соблюдением допустимых пределов влажности материалов. Актуальность данной работы состоит в исследовании зависимости оптических свойств материалов от влажности с дальнейшей возможностью создания влагомера.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, грант № 16-48-670810_a

Литература

1. Тимохина П.С., Максименкова О.В., Кривцова Л.А., Волкова К.А. Спектры люминесценции семян различного качества // «Информационные технологии, энергетика и экономика» (микроэлектроника и оптотехника, инновационные технологии и оборудование в промышленности). Сборник трудов XII-ой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 3 т. Т. 2. Филиал «Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, 2015. С. 123-126
2. Максименкова О.В. Люминесцентный метод определения качества сельскохозяйственной продукции // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и

3. Куликова М.Г., Беляков М.В., Максименкова О.В., Кривцова Л.А., Волкова, К.А., Артюхов И.В. Люминесцентные характеристики искусственно состаренных семян ржи // Энергетика, информатика, инновации-2015 – ЭИИ-2015. В 2 томах. Том 1. Секции 1,2,3,4 – Смоленск: Универсум, 2015. С 346-349

***В.С. Гавриков , тех. директор ООО «Новые Системы Электроники»;
Е.М. Петухова, студ.; О. А. Фролков, директор Инженерного центра
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, г. Смоленск)***

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «PRESS-FIT» В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Большинство многослойных печатных плат (МПП) обеспечивают питание немалого количества плат второго уровня, включая в себя слои земли и питания, которые при пайке создают мощные теплоотводы (рис.1). Различные ухищрения технологов пропаять отверстие не приводили к существенным результатам (припой поднимался до точки соединения с одним из слоев и остывал). Отверстия оставались непропаянными.

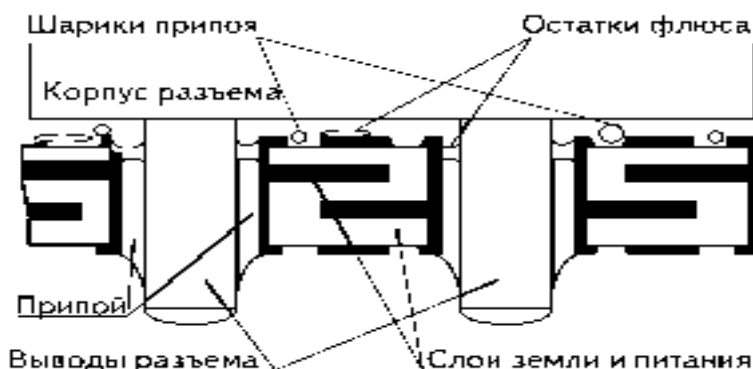


Рисунок 1 - Трудности пайки объединительных моделей

Необходимо учесть, что хвостовики разъемов нужно защищать от припоя, если предусматривается их дальнейшее использование для последующих соединений. Поэтому пайка волной припоя хоть и возможна, но трудоемка и сложна из-за дополнительных операций. Решением данной проблемы является технология «Press-fit».

«Press-fit» активно развита зарубежными фирмами благодаря тому, что соединения прессом обладают высоким уровнем надежности, способным серьезно конкурировать с паяными соединениями. Кроме того, такие соединения требуют минимального комплекта оборудования, просты в реализации и отличаются экономической эффективностью, ремонтпригодностью и экологичностью.

Российские фирмы, заинтересовавшиеся запрессовкой, пытаются интегрировать данную технологию в свои техпроцессы производства устройств электроники, однако отсутствие надлежащего опыта и соответствующих стандартов затрудняет эту задачу. Пока в России такие стандарты отсутствуют, приходится использовать зарубежные стандарты: международный стандарт IEC 60352-5 и немецкий стандарт DIN 41612, часть 5 [1,2].

Технология включает в себя запрессовку – процесс монтажа, спрофилированного особым образом контакта в сквозное металлизированное отверстие печатных плат. При реализации соединения прессом большую роль играют три характеристики: зона и усилие электрического контакта, усилие пресса. Зона контакта должна быть большой, постоянной в размерах, с металлическим блеском, термостойкой и виброустойчивой. Минимальное усилие удержания запрессованного контакта в зоне пресса должно быть равно 30Н в отверстиях 0,9...1,1мм. Для предотвращения изгиба контактов в процессе запрессовки и во избежание прикладывания неоправданно высоких общих усилий запрессовки максимальное значение не должно превышать 150Н на контакт [2].

Различают жесткую запрессовку – массивные элементы без пуклевки (рис.2) и упругую запрессовку – на контактном штыре выполняют специальную пуклевку для создания упругой деформации при впрессовывании штыря в отверстие (рис.3а).



Рисунок 2 - Внешний вид силовых элементов соединений

Формы пуклевок имеют поверхность сопряжения, необходимую для механического и электрического контакта штыря с отверстием и широкую зону упругой деформации (рис.3б).

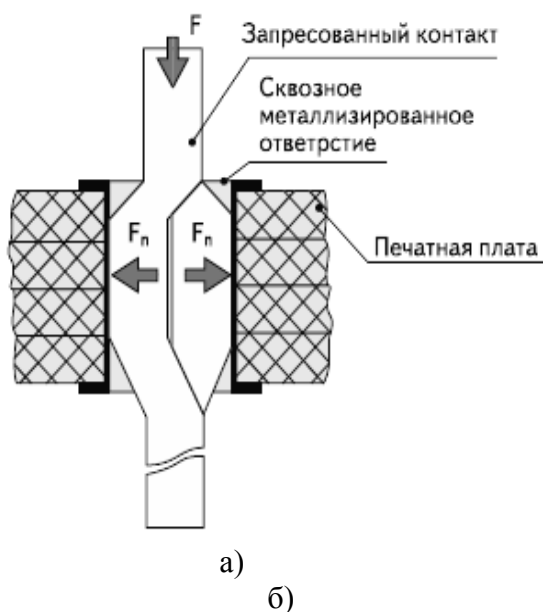


Рисунок 3 - . а) Соединение упругий «Press-Fit»; б) Классификация соединений упругой запрессовки

Наиболее распространенным конструктивным решением запрессовываемого контакта является так называемый контакт «игольное ушко». «Ушком» служит продольное отверстие в штыре. Изменяя размер контакта в поперечном сечении, получается компенсация излишнего усилия при запрессовке контактов. Такие контакты используются ведущими фирмами [3] и [4]. Существуют и другие варианты формы контактов для запрессовки в СМО ПП: V-образная форма сечения: форма лодочки, П-образного, круглого, Т-образного зеркального, квадратного и круглого сечения с утолщенной центральной частью, штампованный штырь. Но далеко не все из них реализованы на производстве в настоящее время. Для увеличения допустимых токов необходимо увеличить площадь контакта запрессовываемого в плату штыря, исследовать их новые формы и усовершенствовать технологию.

Принцип соединения – хорошо известный эффект холодной сварки. Из-за пластической деформации двух контактирующих поверхностей вырабатываются свободные электроны. Связанное с металлом электронное облако объединяет свободные электроны и соединяет их снова по тому же принципу, что и в базовом металле. Сила полученного соединения ниже, чем в исходной решетке, но она увеличивается в течение первых часов соединения благодаря эффекту рекристаллизации.

Технологии монтажа компонентов пайкой на ПП свойственен ряд недостатков, связанных с большой энергоемкостью, экологической небезопасностью и сложностью оборудования. К тому же, паяные соединения не обладают достаточной надежностью. В настоящее время непаяные методы монтажа получили широкое распространение в связи с их серьезными преимуществами:

- возможность использовать МПП со сплошными полигонами для коммутации токов до единиц КА;
- высокая стабильность контактов при малом переходном сопротивлении;
- высокая надежность (после многих испытаний паяные соединения имеют место ослабления);
- высокая механическая прочность на растяжение;
- высокая устойчивость к вибрационным нагрузкам;
- герметичность (стойкость к коррозии за счет герметичного соединения);
- отсутствие последующей промывки ПП (чистый процесс);
- стойкость к тепловым ударам;
- гигиеничность производства (из-за отсутствия флюсов и припоев);
- экономическая эффективность (в ряде случаев).

На практике наиболее популярной областью применения технологии запрессовки является производство объединительных плат. При этом запрессовка позволяет добиться максимального уровня эффективности технологического процесса. За рубежом данная технология ориентирована в основном на монтаж многоконтактных соединителей и токоведущих элементов. Основными производителями колодок и разъемов «Press-fit» являются: ERNI (Германия), Wurth (Германия), TE Connectivity (на российском рынке известна

под брендом Tyco Electronics) и др.

Можно выделить несколько наиболее емких секторов Российского рынка, где указанная технология позволит повысить качество продукции, ее надежность, при одновременном снижении стоимости:

1. Силовая электроника и энергетика;
2. Автомобильная электроника;
3. Системы связи и передачи данных;
4. Военная электроника;
5. Космическая и авиационная электроника.

Особенно хороша данная технология для электрических контактов с более высокими требованиями по надежности. Практическое внедрение такой технологии для сборки устройств энергетической электроники, в том числе и силовых интеллектуальных модулей, позволит повысить качественные характеристики и снизить стоимость изделий. Интегрируя технологию запрессовки для силовой части электронного устройства с пайкой в слаботочной управляющей части, можно создавать на одной плате комбинацию силовых элементов (полупроводниковых приборов различного типа или их кристаллов) и систем управления.

Но существуют трудности по внедрению технологии «Press-fit»:

- особые требования к точности сквозных монтажных отверстий;
- отсутствие опыта у Российских производителей печатных плат;
- отсутствие нормативной базы;
- необходимость инструментов оценки качества запрессовки.

Перечисленные проблемы были решены ООО «Новые Системы Электроники» совместно с Инженерным центром филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске [5].

На данный момент требуются дальнейшие исследования:

- анализ влияния скорости запрессовки;
- анализ влияния термоударов при пайке после запрессовки;
- дальнейший поиск оптимальных форм контактов;
- и др.

Непаяные соединения «Press-fit» помогут решить вопросы повышения экономической эффективности при производстве изделий силовой электроники, благодаря простоте оборудования; позволят уменьшить переходное контактное сопротивление и как следствие температуру в области контактирования при протекании больших рабочих токов; исключить возможность электрохимической коррозии в зоне контакта.

Литература

1. IEC 6 0352-5, Solderless Connections – Part 5: Press-in connections – General requirements, test methods and practical guidance, Edition 3.0, 2008-01.
2. Плотников Ф.Г. Непаяные соединения, выполняемые запрессовкой, - новый класс соединений на российском рынке электронной техники // Компоненты и технологии №1.
3. <http://www.HARTING.com> – Официальный сайт компании производителей Harting.
4. <http://www.amp.com> – Официальный сайт компании производителей разъемов Amp.
5. <http://nce-online.com> – Официальный сайт ООО «Новые Системы Электроники».

СИСТЕМА ЕГАИС В КОНТРОЛЕ ОБОРОТА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

В настоящее время активно развивается систематизация и контроль качества во всех сферах торговли. Торговая ниша этилового спирта и спиртосодержащей продукции всегда находилась на особом контроле государственных органов, так как эта отрасль связана с большим количеством фальсификата. Основным документом, регулирующим деятельность участников алкогольного рынка, является ФЗ от 22.11.95 № 171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции». Согласно этому закону на Росалкогольрегулирование возложена обязанность по введению системы ЕГАИС [1].

ЕГАИС – единая государственная автоматизированная информационная система; единая база данных, где содержится информация обо всей алкогольной продукции, производимой на территории РФ или ввозимой из других стран [2]. Правила функционирования системы ЕГАИС утверждены постановлением правительства РФ № 522 от 25.08.06 [1].

Главной целью создания системы ЕГАИС является контроль оборота алкогольной продукции в РФ, и сокращение числа контрафактной продукции. Главная задача системы: контроль оборота алкоголя от выхода с конвейера до попадания в корзину потребителя. За внедрение системы ЕГАИС в производство и технологическое обеспечение проекта отвечает ФГУП «ЦентрИнформ» [2]. Поэтапное развитие системы ЕГАИС представлено в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Поэтапное развитие системы ЕГАИС

Этап	Параметры, фиксируемые в ЕГАИС	Участники рынка
2006 г.	-	Создание системы
2012 г.	Оборот алкоголя	Производители алкоголя
2016 г.	Оборот и закупка алкоголя; розничная продажа алкоголя	Оптовые организации, осуществляющие закупку, хранение и поставку алкогольной продукции, включая пиво, и спиртосодержащей продукции; индивидуальные предприниматели, осуществляющие закупку пива и пивных напитков, сидра, пуаре, медовухи в целях последующей розничной продажи; организации общественного питания, осуществляющие розничную продажу алкогольной продукции и пива (рестораны, бары, кафе и т.п.); организации, осуществляющие розничную продажу алкогольной продукции, включая пиво, в городских поселениях
2017 г.	Розничная продажа алкоголя	Организации, осуществляющие розничную продажу алкогольной продукции, включая пиво, в сельских поселениях

С 1.07.16 ФСРАР имеет доступ к информации об обороте алкоголя, включая количественные остатки в контексте каждого отдельного предприятия [1].

Для отдельных участников рынка законом были предусмотрены особые условия подключения к системе ЕГАИС. Например, для республики Крым действует следующие сроки подключения [2]:

- с 1 июля 2016 года - все организации должны отражать в ЕГАИС факт закупки, хранения, поставки алкогольной и спиртосодержащей продукции;
- с 1 января 2017 года - организации, расположенные в городских поселениях, должны отражать в ЕГАИС факт розничной продажи алкоголя, а ИП - факт закупки пива и пивных напитков;
- с 1 января 2018 года - организации, расположенные в сельских поселениях, должны отражать в ЕГАИС факт розничной продажи алкоголя, а ИП - факт закупки пива и пивных напитков.

Некоторые участники рынка алкогольной продукции полностью освобождены от обязанности подключать систему ЕГАИС. к ним относятся производители шампанского и вина из собственных виноградников; организации, закупающие спиртосодержащую продукцию в качестве сырья (например, фармацевтические компании).

База данных системы ЕГАИС содержит достаточно полную информацию об обороте алкоголя, но подключение к ней не освобождает предприятие сдавать в ФСРАР другую регламентированную отчетность. В таблице 2 приведены обязательства, регламентированные ФЗ РФ от 29.06.15 года № 182-ФЗ, а также приказом № 164 от 19.06.15 г. (о форме журнала учета алкоголя) [1].

Таблица 2 – Обязательства о форме журнала учета алкоголя

Обязательства	Дата	Розничная продажа алкоголя	Розничная продажа алкоголя при оказании услуг общественного питания	Продажа пива, напитков на основе пива, сидра, пуаре и медовухи
Алкогольная декларация	01.01.2012	+	+	+
Фиксация оборота в ЕГАИС (за исключением продаж)	01.01.2016	+	+	+
Журнал учета алкоголя	01.01.2016	+	+	+
Фиксация продаж в ЕГАИС	01.07.2016	+	-	-

За нарушение порядка фиксации данных в системе ЕГАИС предусмотрена административная ответственность в виде штрафа:

- для руководителя компании 10 – 15 тыс. руб.;
- для компании, как юридического лица 150 – 200 тыс. руб.

Носителем информации для системы ЕГАИС является федеральная акцизная марка, в которой в 2D-штрихкоде (код PDF417) содержатся данные о производителе, составе, дате выпуска/ввоза, времени и месте розлива, объема и других уникальных характеристиках бутылки. Для считывания данного

штрихкода необходимо специальное оборудование: 2D-сканер, оснащенный технологией имидж-сканирования и возможностью сканирования кода PDF417. После сканера данные попадают в кассовое программное обеспечение, которое передает их в программный модуль ЕГАИС. С помощью программного ключа электронной подписи (его получает предприятие-лицензиат на каждый торговый объект) информация шифруется и передается в систему ЕГАИС, которая находится у Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка (рисунок 1). Программное обеспечение предприятия или места торговли должно быть протестировано и сертифицировано компанией «ЦентрИнформ» на совместимость с ЕГАИС.



Рисунок 1 – Схема работы системы ЕГАИС

Сертификация технических средств передачи информации проводится с целью подтверждения их соответствия требованиям нормативных правовых актов [2]. Подтверждением того, что техническое обеспечение предприятия соответствует установленным требованиям, является сертификат соответствия, который выдается независимой компетентной организацией – Органом сертификации, аккредитованным в национальной системе аккредитации. Испытания проводят аккредитованной лабораторией ООО «НИЦ Безопасности».

Обеспечение соответствия системы ЕГАИС требованиям нормативных документов возлагается на предприятие как на юридическое лицо. ООО «НИЦ Безопасности» с 2006 года способствовал устранению большого количества несоответствий в подключении системы ЕГАИС. Для успешного прохождения процедуры сертификации системы ЕГАИС предприятие должно соответствовать требованиям, прописанным в Приказе Росалкогольрегулирование от 20.02.12 №31 (с учетом изменений от 21.05.14).

Система ЕГАИС достаточно просто вписывается в существующие или создаваемые на предприятии системы управления качеством [3]. Она позволяет усовершенствовать и успешно применять статические методы контроля для стабилизации и повышения качества готовой продукции [4]. Для организаций торговли введение и освоение системы в будущем позволит несколько упростить финансовую отчетность.

Литература

1. Федеральная служба по регулированию алкогольного рынка: [Электронный ресурс]. URL: <http://egais.ru/>
2. Единая государственная автоматизированная система [Электронный ресурс]. URL: <http://egais.com/>
3. Толкова Т.С., Хрипанкова М.С., Куликова М.Г. Современные системы управления качеством пищевых продуктов // ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО И СЕРВИС В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ: сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 2014. - Т. 2 – С. 189-191.
4. Егоров А.Н., Сидорова А.И., Куликова М.Г. Контроль качества производства методом статического анализа при управлении технологическим процессом// Модернизация экономических систем: взгляд в будущее (MESLF-2015) : сборник научных трудов / под ред. П. А. Неверова, Б.А. Аманжоловой. – Прага :Vědeckovýdavateľské centrum «Sociosféra-CZ», 2015. С. 301-303.

А.М. Ермачков, доцент. к.т.н

(ОГБПОУ Смоленская академия профессионального образования)

В.Н. Новиков, ст. преп.

(Филиал ФГБОУВО «НИУ «МЭИ»)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Существующие способы восстановления колодцев корпусов не позволяют упрочнять рабочие поверхности, что в значительной мере сказывается на ресурсе насоса в целом.

Одним из новых способов восстановления и упрочнения деталей из алюминия и его сплавов является микродуговое оксидирование (МДО).

Нами разработана технология упрочнения и восстановления колодцев корпусов гидравлических насосов способом МДО, которая включает в себя следующие основные операции:

- растачивание корпуса для выведения следов износа;
- промывка, нанесение покрытия;
- обработка эластичным абразивным инструментом,
- промывка.

Рекомендуемые режимы МДО:

- плотность тока 20-25 А/дм²;
- продолжительность обработки 90-120 минут;
- состав электролита: 0,9-1,1 г/л КОН, 10-14 г/л Na₂SiO₃;
- подача электролита 3-4 л/мин.

Микротвёрдость сформированных покрытий составляет 8500-10000 МПа, что в 8-10 раз выше микротвёрдости поверхности неупрочнённых колодцев.

Стендовые испытания показали, что для серийных соединений, собранных с начальным зазором 0,12 мм, продолжительность испытаний до достижения предельного зазора составила не более 12 часов. Для упрочнённых соединений при увеличенном начальном зазоре в соединении до 0,14 мм она составила более 18 часов. Относительная износостойкость упрочнённого соединения (в сравнении с новым) в зависимости от микротвёрдости поверхности колодцев составила 2,0-2,8. Это позволило для упрочнённых

рабочих пар насосов увеличить начальный допуск посадки в 1,23 раза в сравнении с серийными, т.е. с 0,052 мм до 0,064 мм. При этом функциональные показатели насосов не ухудшаются.

Таблица 1 – результаты стендовых испытаний

Модель и тип машины	Время износа	Исследование	Применение
Кран автомобильный Кс-45717К-1	3- года	Восстановление методом оксидирования	Было практически применено
Бульдозер ЧТЗ Б10М	2-год	Восстановление методом оксидирования	
Автогрейдер ДЗ-122	3-года	Восстановление методом оксидирования	
Фронтальный погрузчик ЧТЗ ПК-30	2-год	Восстановление методом оксидирования	
Гусеничный экскаватор ТВЭКС ЕТ-14	2-год	Восстановление методом оксидирования	

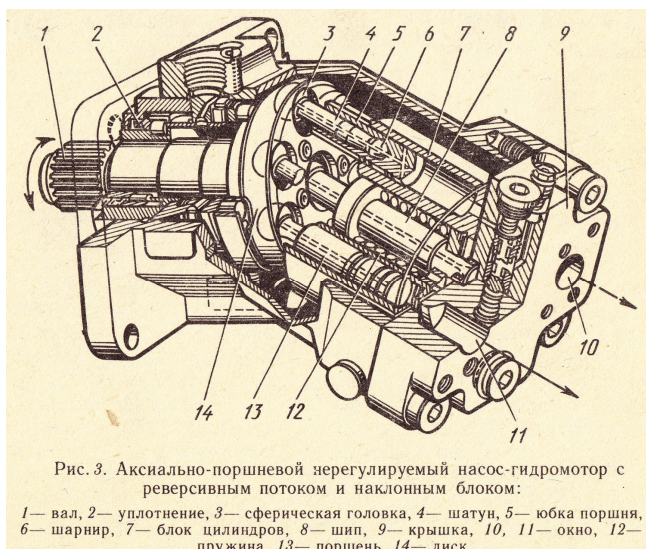


Рисунок 1 – Внешний вид и устройство насоса

Исходя из полученных результатов, мы можем сделать вывод, что насос с применением микродугового оксидирования позволяет реже проводить техническое обслуживание, благодаря чему снижаются расходы на его содержание.

Т.В. Катюкова ст. преподаватель, Н.Н. Халидов, студент (ДГТУ, г.Махачкала)

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ

XXI век можно охарактеризовать как век перехода от индустриального общества к обществу информационному. Под влиянием прогресса научно-технического характера осуществляется инвагинация (внедрение) новых технологий информационного обеспечения.

Многие участники общественных отношений уже не могут простоять и благополучно функционировать без взаимообмена информацией и применения в своих технологических процессах определенного программно-технического обеспечения- средств создания, накопления, хранения, обработки и передачи информации, и конечно же, увеличилось значение и роль правовых систем информационного обеспечения.

На сегодняшний день поиск определенных редакций или соответствующей правовой документации является главным вопросом для всех практикующих юристов, так как законы, указы, постановления и др. законодательные акты подвергаются ежедневным поправкам. Умением осуществлять свою работу с помощью таких информационных систем как «Гарант», «Консультант плюс», в современных условиях должны обладать как юристы, так и экономисты, студенты, т.е. все слои нашего общества.

Процесс информационного обеспечения правовой сферы утвержден в Российской Федерации законодательно (Указ Президента РФ от 28.06.1993г. N 966). Этот документ выражал основные цели, задачи и принципы, а также пути реализации этого процесса. Здесь можно выделить следующие направления:

- усовершенствование индустрии информационного обеспечения правовой сферы с помощью современных информационных технологий;
- организация обмена банками информации правового характера;
- обеспечение защиты информации, а также прав участников информатизации и информационных процессов;

Инвагинация (внедрение) информационных систем и технологий затронуло все направления правового регулирования. Эти сферы можно выразить следующим образом:

- правотворческая и законодательная деятельность;
- деятельность регулирующая хозяйственные отношения;
- обеспечение работы правоохранительных органов;
- в экономической и юридической системе образования;
- в судебной экспертизе и криминалистике;

В последнее время применение средств научно-технического характера в правоохранительной деятельности значительно активизировалось. Наблюдается рост технической оснащенности, совершенствование данных технического характера применяемой техники, также усовершенствована эффективность функционирования оперативных служб по борьбе с преступлениями наркотической направленности с применением информационных систем.

Использование информационных систем в правоохранительной деятельности позволит повысить качество управленческих решений, которые связаны с осуществлением сотрудниками правоохранительных органов функций, направленных на обеспечение защиты здоровья, жизни, прав и охраняемых свобод граждан, охрану общественного порядка, противодействие преступности и обеспечение общественной безопасности.

Целью информатизации правоохранительных органов - эффективное использование норм права, а также применение большого массива правовой информации.

Общие цели(задачи) информационного обеспечения правоохранительных органов, в основном, сводятся к следующему:

- разработка ресурсов информационно правового характера;
- максимально возможное компьютерное оснащение;
- применение новейших информационных технологий и систем;

Функции информационного обеспечения определяются по специфике задач и полномочий определенных органов правоохранительной системы: Минюста РФ, Прокуратуры РФ, Федеральной Службы Безопасности РФ, Министерства Внутренних Дел.

Работа, осуществляемая правоохранительными органами, нацелена на обеспечение личной безопасности граждан и безопасности общества, охраны собственности и общественного правопорядка, мер по предупреждению и пресечению противоправных действий, административных правонарушений, раскрытию преступлений, осуществлению законности в работе правоохранительных органов.

Одной из важных проблем для работников правоохранительных органов в своей профессиональной деятельности является несвоевременное получение и передача оперативной информации.

Эту проблему можно решить с помощью современных информационных технологий, в частности - это технологии, предназначенные для обмена информацией через телекоммуникационные каналы связи, с помощью компьютерной сети.

Информационно-вычислительная сеть представляет собой соединенные между собой с помощью каналов связи (проводной, оптико-волоконной или радиосвязи) два или более компьютера предназначенные для передачи и получения информации.

Таковыми сетями являются:

- глобальные (действуют на нескольких континентах)
- региональные(действуют в границах одной территории)
- корпоративные(действуют в границах одной организации)
- локальные(действуют в пределах одного здания)

Информационное обеспечение играет огромную роль в деятельности УВД. По сферам деятельности такую информацию делят на: оперативно-розыскную, производственно-экономическую, управленческую, уголовно-правовую, оперативно-справочную, научно-техническую, архивную.

Система информационного обеспечения органов внутренних дел состоит из трех функциональных групп:

1.Оперативно-справочная ИС, в которой содержатся данные об осужденных, лицах, привлекаемых к уголовной ответственности, об иностранных гражданах, совершивших преступления и правонарушения,

данные о преступлениях, правонарушениях и дорожно-транспортных происшествиях с участием иностранцев. Система предназначена для осуществления проверки наличия установочных сведений об объекте по запросу.

2.Розыскная ИС, в этой системе содержится информация о лицах, находящихся в розыске, похищенных и изъятых предметах, похищенных и выявленных номерных вещах, автотранспорте, антиквариате. Система предназначена для осуществления проверки наличия установочных сведений об объекте по запросу и сравнения установочных данных и внешних описаний.

3.Криминалистическая ИС, эта система предназначена для осуществления диагностических и идентификационных исследований по индивидуальным приметам и признакам неизвестных или скрывающихся объектов (информация об особо опасных рецидивистах, без вести пропавших, неопознанных трупах).

Так же, в органах внутренних дел ведутся экспертно-криминалистические централизованные коллекции экспертно-криминалистических подразделений МВД РФ, образующие отдельную специфичную ИС. Всю совокупность объектов информационной системы органов внутренних дел можно разделить на три взаимосвязанных блока с обобщенными названиями «Лица», «Предметы», «События». Модель информационного обеспечения ОВД.

Если рассматривать наш регион – Республика Дагестан, то кроме базы данных центрального уровня практически во всех городских и районных органах внутренних дел республики ведутся локальные учеты, разрабатываемые с помощью ИПС «**FLINT**», предназначенной для ведения единых учетов городских и районных ОВД:

- Лиц, доставленных в дежурную часть;
- Учета транспортных средств;
- Лицензионно разрешительной работы;
- Картотеки телефонов;
- Картотеки документов;
- Картотеки ОПГ;
- Оперативной информации;
- Профилактических учетов;

Качественно сказывается на уровне работы всех подразделений ОВД разработка единой системы информационного пространства, с помощью которой можно получать интегрированные данные на любой объект. В ИПС

«**FLINT**» содержится информация, которая необходима для аналитической и оперативно розыскной деятельности районных ОВД.

С помощью ИПС « **FLINT**» можно проверить наличие в АБД информации на определенное проверяемое лицо и предоставление сведений о его нахождении в розыске, категории учета, о нахождении под административным учетом, можно проверить это лицо на возможную причастность к совершению нераскрытых преступлений и т.д.

Особенностью ИПС «FLINT» является то что в этой системе возможен поиск всех связей между различными объектами учета, которые хранятся в БД.

Недостатком ИПС «FLINT» является несовместимость формата информации, хранимой в БД с форматом информации краевой базы «Ермак-2», это затрудняет двусторонний обмен информацией.

Решение этой проблемы можно осуществить путем разработки в регионе программного обеспечения, на которое можно будет перевести все локальные учеты. Такое программное обеспечение могло бы обеспечить полную совместимость форматов данных с центральной базой.

Информационное обеспечение деятельности правоохранительных органов позволит обеспечить оперативное взаимодействие и совершенствование работы, осуществляемой следственными органами, создать наиболее лучшие условия работы следователей, оперативно и качественно оформлять необходимую рабочую и отчетную документацию.

Список литературы

1. Абакарова О.Г. Обобщенная модель OLAP-системы поддержки аналитической деятельности правоохранительных органов // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 1. – С. 5-11.

2. Халидов Н.Н. Задачи и функции информатизации ПО // Проблемы и перспективы развития ИС в ПО., 2015. – 43 с.

Т.А. Лёзина, к.ф.-м.н., доц., А.Р. Чуйко, маг.
(Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург)
СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ ДЛЯ КОМПАНИЙ

Современные компании активно используют социальные сети в целях продвижения своих продуктов, привлечения новых клиентов, увеличения не только степени известности бренда и создания репутации, отслеживания и реагирования на упоминание бренда (услуги) в сети, но и прямых продаж. Основными причинами, почему компании выбирают социальные сети в качестве инструментов маркетинга, являются высокий охват целевой аудитории, минимальная стоимость сообщений, возможность рассказать историю, мультимедийность и широкий выбор инструментов.

Однако помимо обычных социальных сетей, где компании могут взаимодействовать, в основном, с обычными пользователями-клиентами, то есть осуществлять маркетинг B2C, существуют также сети, обеспечивающие взаимодействие на уровне B2B, то есть это специально созданные сети, в которых зарегистрированы только компании (возможно группы сотрудников), взаимодействующие между собой для достижения каких-либо целей.

На данный момент компания 1С Битрикс разработала модуль Социальная сеть. Данный модуль позволяет организациям создавать собственную социальную сеть, в которую будут входить участники профессионального сообщества. Социальная сеть от 1С позволяет пользователям создавать аккаунты, группы по интересам, участвовать в беседах на форуме, в общем, все возможности, которые доступны пользователям в обычных социальных сетях.

Компания Facebook разработала сеть Facebook at Work. По мнению разработчиков, основное предназначение сети — обмен идеями и сообщениями

между работниками. При этом социальная сеть не отслеживает пользователей этого сервиса, не сохраняет их данные и не распространяет рекламу. Это своеобразный аналог корпоративных чатов с расширенной функциональностью.

Также существуют электронные торговые площадки, которые позволяют представителям малого, среднего и крупного бизнеса осуществлять торги и вести бизнес. К подобным площадкам относятся, например, B2B Торговая система, Бизнес сеть Bitobi и ряд других аналогов, в том числе и западных.

Возникает вопрос: с какой целью такие крупные организации, как IC и Facebook создали "социальные" сети для взаимодействия именно компаний, когда у последних уже имеется подобная возможность в обычных социальных сетях?

Для того чтобы ответить на поставленный вопрос, было решено провести исследование с помощью анкетирования путем рассылки электронных писем представителям компаний из различных областей: медицина, строительство, логистика, туризм, промышленность, производство, информационные технологии, маркетинг, безопасность, киноиндустрия и др. Анкета включала в себя 26 закрытых, которые были заданы с целью выяснить функционал подобных сетей, возможности, которые они предоставляют пользователям, и 5 открытых вопросов, отвечая на которые респонденты предоставляли информацию о компаниях, в которых они работают.

В процессе анкетирования были разосланы письма более 1000 компаниям из разных областей деятельности. Наибольшая доля респондентов, по результатам анкетирования, относится к сфере информационных технологий. В основном, согласились поучаствовать в опросе представители небольших и средних по численности сотрудников компаний (от 5-8 до 400 человек).

Анализ ответов представителей опрашиваемых компаний показал, что респонденты согласны с большинством утверждений из части закрытых вопросов, абсолютное несогласие респонденты выразили по поводу необходимости рекомендаций для вхождения в подобную сеть или контроля вхождения в сеть со стороны профессионального сообщества и публикации финансовой отчетности.

Относительно большой процент несогласных с утверждениями респондентов наблюдается в вопросах формирования репутации компании за счет данной сети, а также установления каких-либо барьеров на вход в сеть (например, наличие определенных показателей эффективности деятельности компаний).

Респонденты также часто затруднялись в выражении своего мнения в вопросах, связанных с упрощением горизонтальных и вертикальных связей в организации посредством использования данной сети, упрощением межотраслевых коммуникаций, использованием сети для публикации новых видов отчетности.

В целом, данный опрос показал, что профессионалы из различных областей деятельности представляют данную сеть, как инструмент для налаживания взаимосвязей как внутри самой организации, так и с другими

организациями – потенциальными партнерами. Сети, специально разработанные для B2B, также дают возможность анализа деятельности конкурентов и возможных партнеров со стороны нестандартной (нефинансовой) информации.

В целом, можно сделать вывод о том, что потенциальные пользователи представляют социальную сеть для компаний, как инструмент для развития бизнеса, который предоставляет возможность:

- оценить другие компании, их репутацию с целью возможного партнерства, либо с точки зрения анализа конкурентов;
- осуществлять продажу своих продуктов непосредственно компаниям;
- размещать информацию, которая способствует продвижению продуктов на рынке;
- оценить другие компании с помощью рейтинга, формируемого сетью, и информации, публикуемой этими компаниями;
- анализировать информацию о других компаниях посредством визуализации данных.

Также анализ анкет показал, что большинство респондентов против публикации в сети финансовой отчетности компаний. Заметим, что большинство респондентов, отвечая на открытые вопросы анкеты, отказались предоставить информацию о размере ежегодной прибыли компаний, в которых они работают. Также респонденты против каких-либо барьеров на вхождение в данную сеть: идея контроля со стороны профессионального сообщества или вхождения в сеть только при наличии определенных показателей эффективности деятельности компании не нашла поддержки. Допускается стандартный контроль входа в сеть и действий в сети со стороны модератора.

В текущее время продолжается рассылка анкеты, и планируется продолжение данного исследования на основе новых результатов анкетирования. Также в качестве результата данного исследования планируется проектирование новой социальной сети для компаний с учетом полученной информации от респондентов.

*Б.В. Оунев, к.т.н., доц.; В.А. Ажигин, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ОРГАНИЗАЦИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СФЕРЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

На современном этапе развития информационных технологий большинство хозяйственных операций автоматизируются благодаря различному спектру программного обеспечения. Объектом исследования данной работы стали организации, занимающиеся предоставлением услуг в сети Интернет. Одной из проблем данной отрасли является не развитая система документа оборота, что не позволяет улучшить процесс взаимодействия с клиентами и

автоматизировать процесс составления документов. Для формирования решений по данной проблеме был проанализирован рынок готовых информационных систем (ИС) и были выделены наиболее пригодные предлагаемые программные продукты. По результатам опроса администрацией сайта TAdviser были выявлены наиболее приобретаемые системы электронного документооборота (СЭД) крупными российскими компаниями. К ним можно отнести такие программные продукты, как «Documentum», «Дело», «Евфрат» и «Directum».[1]

Для того чтобы выбрать наиболее подходящий продукт из перечисленных СЭД, необходимо их сравнить по определённым критериям. Для организаций занимающимися предоставлением услуг в сети Интернет важными фактором является полный объем инструментов по выгодной цене. Оценка ИС по функциональным возможностям представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение ИС продуктов проводилось на основе основных функциональных

№	Функциональные характеристики	«Documentum»	«Дело»	«Евфрат»	«Directum»
1	Интеграция:				
	- API	+	+	+	+
	- XML	+	-	-	+
2	СУБД:				
	- Oracle	+	+	-	-
	- MS SQL	+	+	+	+
	- MySQL	+	+	-	-
3	Кросс-платформенность:				
	- Windows	+	+	+	+
	- MacOS	+	-	-	-
4	Хранение:				
	- БД	+	+	+	+
	-Файловый сервер	+	+	-	+
5	Уведомления:				
	- На почту	+	+	+	+
	- Мгновенные уведомления	+	-	-	-
6	Поиск	+	+	+	+

Продолжение таблица 1 – Сравнение ИС продуктов проводилось на основе основных функциональных

№	Функциональные характеристики	«Documentum»	«Дело»	«Евфрат»	«Directum»
7	Режим работы Offline	-	-	-	+
8	Сканирование	-	+	+	+
9	Синхронизация	+	+	+	+
10	Генерация по шаблону	-	+	+	-
11	Пакетное формирование	-	-	+	-
12	Цена, руб	80 260	36 800	50 200	70 900

Также для выбора оптимальной из данных систем необходимо рассмотреть и преимущества и недостатки каждой из них (таблицы 2-5) с учетом сформулированных ранее критериев для их сравнения.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки системы «Documentum»

№	Достоинства	Недостатки
1	Программа направлена на работу, как с документацией предприятия, так и с его бизнес-процессами	Не обладает таким необходимым элементом, как специальный шлюз для взаимодействия с внешними системами электронного документооборота
2	Система позволяет анализировать все документы и файлы, относящиеся к бизнес-процессам, и обрабатывать их при помощи механизма переменных.	Программа сложна для пользователя модель документа и модель хранения документов

Таблица 3 – Достоинства и недостатки системы «Дело»

№	Достоинства	Недостатки
1	Регулярный выпуск обновлений	Функционала коробочной версии недостаточно для организации полноценного электронного документооборота.
2	Простота функционала, доступный интерфейс	При регистрации документов сталкиваешься с различными ограничениями

Таблица 4 - Достоинства и недостатки системы «Евфрат»

№	Достоинства	Недостатки
1	Создание отчетов с предварительным заданием параметров формирования;	«Евфрат» не дает возможности отслеживать получение и возврат документов, что может усложнить коллективную работу с документами
2	Возможность использования графических объектов и диаграмм	Отсутствует система кодирования при передаче данных через протокол TCP/IP

Таблица 5 – Достоинства и недостатки системы «Directum»

№	Достоинства	Недостатки
1	Ориентация на повышение эффективности работы в целом	Зависимость от платформ Microsoft
2	Наличие средства, упрощающего идентификацию и поиск документов	Использование собственного языка программирования ISBL.

Таким образом «Дело» имеет наиболее полный функционал при минимальной стоимости, что удовлетворяет потребностям организациям в данной сфере. Также учитывая отсутствие дополнительно закупаемых модулей выбранной СЭД, делают ее более привлекательной для заказчиков разного статуса и ранга.

Для четкого функционирования системы необходимо рассмотреть плюсы и минусы от внедрения «Дело», чтобы удостовериться в правильности выбора программного продукта. Условно положительными эффектами являются:

- возможность сбора и хранения подробной информации о документах;
- улучшение визуального представления затрат и доходности;
- возможности построения отчётов и журналов с помощью встроенного генератора отчётов.

К условно отрицательным эффектам от внедрения системы «Дело»:

- недостаточный анализ информации перед внедрением;
- психологическая напряженность персонала из-за быстрого внедрения;
- неготовность переходить на новый режим работы персонала.

Для принятия окончательного решения об использовании ИС следует рассчитать вероятность возникновения проблем при ее внедрении. Для расчета вероятности применялся метод экспертных оценок, результаты представлены на рисунке 1.

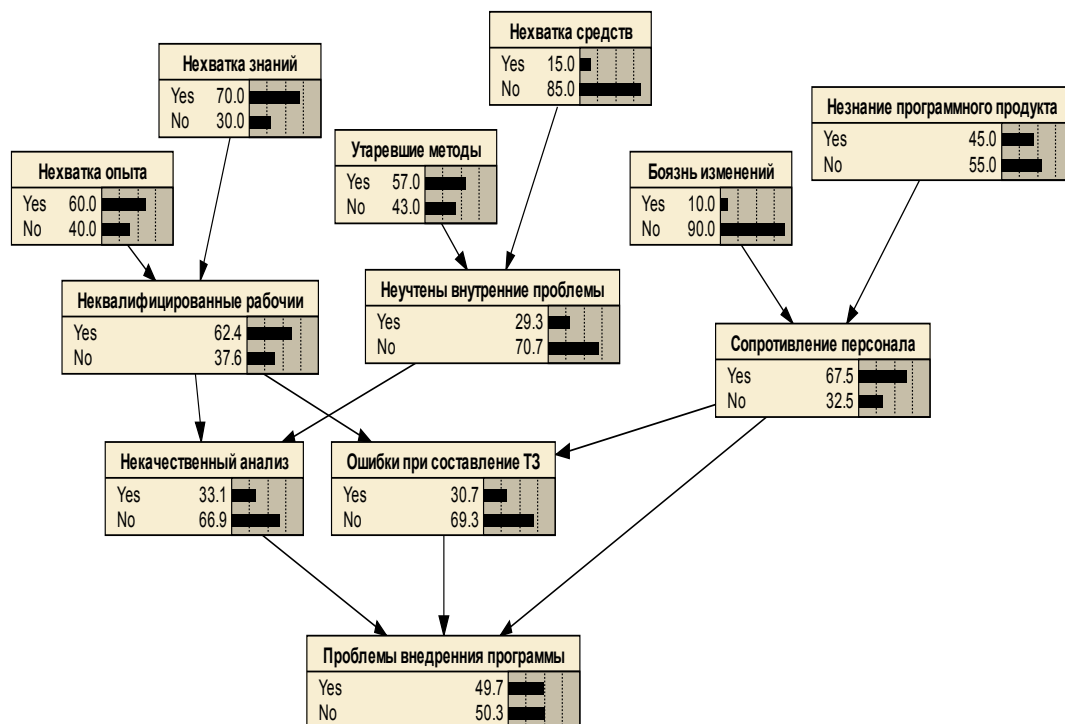


Рисунок 1 – Расчет вероятности риска возникновения проблем при внедрении ИС «Дело»

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что использование СЭД «Дело» наиболее подходит для организаций предоставляющие услуги в сети Интернет. Примерная стоимость адаптации ИС к особенностям организации на 10 рабочих мест составит 368 тыс. руб. с учетом самого продукта и его внедрением. Вероятность возникновения проблем внедрения составляет 49.7%, отсутствие проблем составляет 50,3%. Таким образом, система «Дело» имеет достаточно благоприятные положительные эффекты и типичные для внедрения большинства систем отрицательные исходы, что также делает ее подходящей для внедрения в организациях. Во время исследования деятельности организации по разработке web-приложений Web Canape, основываясь на их проблемах и специфике деятельности, была внедрена СЭД «Дело», благодаря чему был улучшен процесс обслуживания клиентов и формирования документов.

Литература

6. TAdviser [Электронный ресурс] URL <http://www.tadviser.ru> (дата обращения: 3.10.2016)
7. Электронное офисное делопроизводство / В.В. Персианов, Е.З. Киреева, М.Н. Казакова М. Н. Директ-Медиа, 2016. - 326 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОМ МАРШРУТА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В обычной жизни зачастую возникают ситуации, когда, стоя на остановке общественного транспорта, необходимо принять решение о том, на каком транспорте быстрее доехать до назначенного места, лучше ли вызвать такси или добраться пешком. Так же существуют маршруты, по которым вообще ходит один или два автобуса, а их расписания неизвестно. В таких случаях и помогло бы мобильное приложение, которое в режиме реального времени показывало бы нахождение общественного транспорта, а также рассчитывало бы примерное время прибытия на интересующую остановку.

В данной статье поднимается проблема ожидания общественного транспорта и своевременности его приезда. Предлагается отслеживать общественный транспорт по средствам GPS модуля и GSM модема, отображая его местоположение в специальном мобильном приложении. Системой спутникового мониторинга уже оснащены некоторые троллейбусы и автобусы в Сочи, Анапе, Геленджике и Краснодаре, но информацию о местонахождении транспорта получает только ограниченный круг лиц, работников муниципального транспорта. Обычным пассажирам данная информация недоступна. В настоящее время, уже существуют приложения, связанные с отслеживанием движения и прибытия общественного транспорта. Например, мобильное приложение «Умный транспорт» предоставляет прогноз прибытия транспорта на интересующую пользователя остановку, но не позволяет отслеживать движение транспорта в режиме реального времени, а предоставляет примерные прогнозы его прибытия, которые временами бывают ошибочны, так как в данном приложении не учитываются пробки. Другим недостатком уже существующего приложения является то, что оно не предоставляет информацию о маршруте того или иного транспорта. Помимо этого не весь транспорт оборудован GPS модулями, в связи с чем в приложении отображается только часть общественного транспорта, оснащенного данной системой [1]. Вследствие чего можно сделать вывод о том, что у существующих программ, связанных с предоставлением информации о движении общественного транспорта, существует ряд недостатков, которые предлагается решить с помощью создания нового усовершенствованного приложения.

На рисунке 1 представлено движение общественного транспорта по категориям (автобус, трамвай, троллейбус) в режиме реального времени с отображением номера маршрута пассажирских перевозок. Красным цветом обозначены трамваи, синим - троллейбусы, зеленым - автобусы и маршрутные такси.

Приложение должно содержать карту города, где линиями разных цветов обозначались бы маршруты следования общественного транспорта, а также

показаны были все остановки (рисунок 2). Выбрать остановку можно либо вручную, найдя ее по карте, либо введя ее название в меню поиска. При выборе остановки отображаются все маршруты, проходящие через нее и показывается время прибытия того или иного транспортного средства. Так же можно будет посмотреть приблизительно, во сколько прибудет общественный транспорт в интересующий диапазон времени. Вполне возможно полезно было бы знать время прибытия последнего транспорта перед его отправлением в парк.

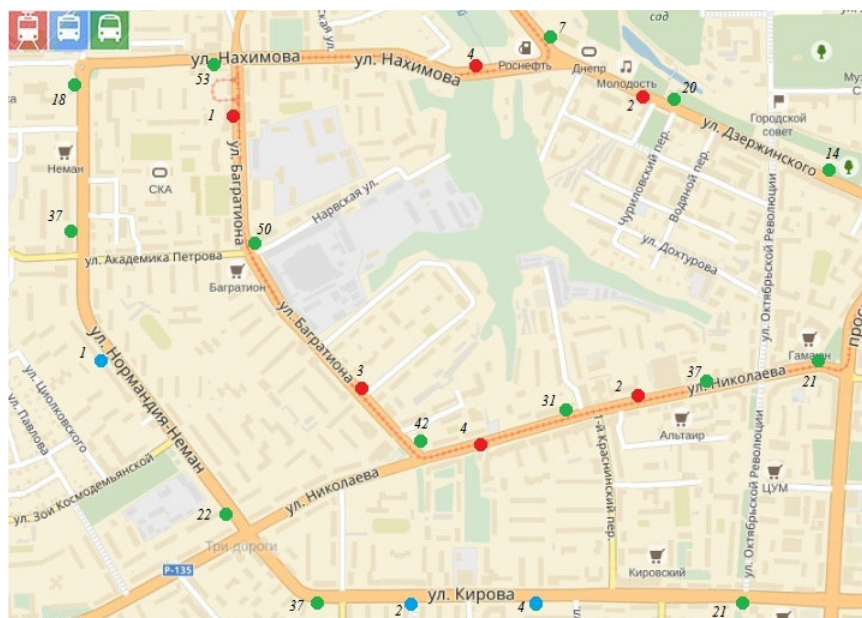


Рисунок 1 – Движение транспорта

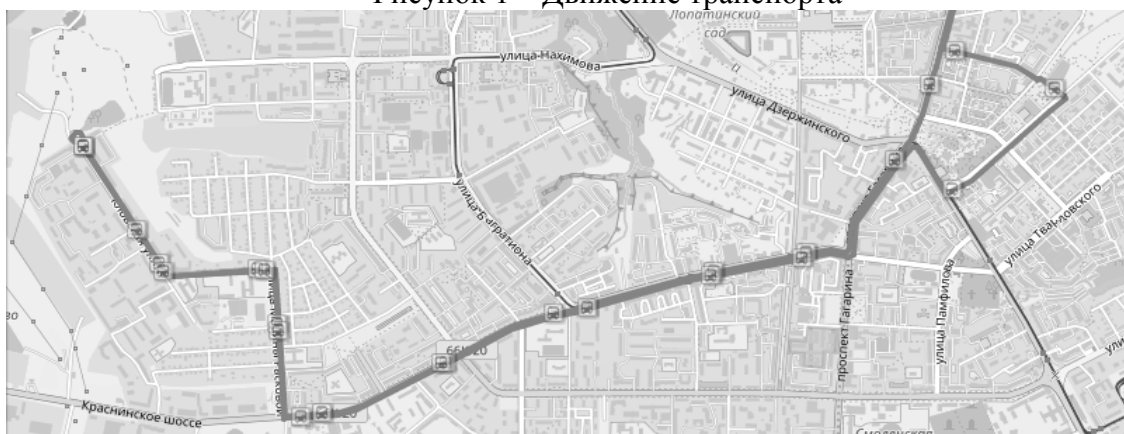


Рисунок 2 – Маршрут следования общественного транспорта с обозначением остановок

В реальной жизни зачастую возникают ситуации следования общественного транспорта с одинаковым маршрутом друг за другом, в связи с чем время ожидания их на предыдущих остановках возрастает. Существует необходимость придерживания определенной дистанции между общественным транспортом с одинаковым маршрутом для сокращения количества задержек. Таким образом, данное приложение было бы полезно и самим водителям общественного транспорта: они могли бы скорректировать свою скорость относительно друг друга и организовать перерывы на конечных остановках так, чтобы это не приостанавливало работу транспорта.

На рисунке 3 примерно отражено равноудаленное движение транспорта по маршруту, которое возможно вследствие отслеживания водителями информации из приложения. Для работы этой системы нужно оснастить общественный транспорт GPS модулями и GSM модемами. Информация поступала бы в расчетный центр, обрабатывалась и пересылалась в виде координат транспорта на мобильные приложения пользователей.

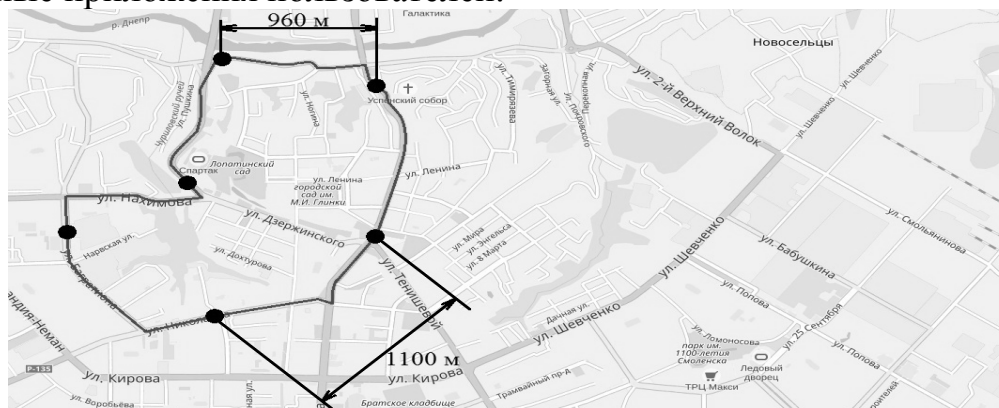


Рисунок 3 – Следование общественного транспорта с примерно одинаковой дистанцией

Предполагается, что помимо вышеуказанных функций приложение будет выполнять и другие. Например, чисто информативные функции: с помощью данной программы можно будет узнать расписание транспорта, расположение остановок, маршруты и т.д. Возможное меню мобильного приложения представлено на рисунке 4.

Общественный транспорт

Мобильное приложение

- Расписание транспорта
- Движение транспорта онлайн
- Остановки
- Маршруты
- Карта
- Поиск
- Закладки
- Настройки



Рисунок 4 – Главное меню мобильного приложения

В дополнение можно отметить, что существует необходимость в размещении на остановках противоударных стенов, которые будут базироваться на тех же принципах работы, что и мобильное приложение. Но существенным плюсом таких стенов является более высокая доступность населения к данной информации, так как не у всех есть возможность отслеживать интересующую их информацию через приложения. На электронном стенде будет отображаться карта города, с выделенной остановкой. Притом, что данный стенд будет электронный, можно будет управлять информацией и просматривать необходимое. Для окупаемости данных стенов было бы целесообразно разместить в них рекламные слайды.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости создания программного продукта, который будет объединять как существующую уже

информацию, такую как расписание транспорта, расположение остановок, карту города, так и неизвестные ранее данные, такие как движение транспорта в режиме реального времени, расстояние между транспортными средствами одинакового маршрута.

Литература

1. Официальный сайт Google Play, приложение «Умный транспорт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.bus62.SmartTransport>

Б.В. Окунев, к.т.н., доц., Е.А.Беликова, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УЧЁТА КНИГОВЫДАЧИ В БИБЛИОТЕКАХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Книговыдача представляет собой процесс выдачи читателю одного экземпляра документа для временного пользования в читальном зале или на абонементе библиотеки. В большей части высших учебных заведений книговыдача осуществляется стандартным методом, вручную без применения информационных технологий. Но, несмотря на стремительное развитие таких технологий, выдача печатных изданий остается актуальной. Об этом может свидетельствовать следующее: не все печатные издания переведены в электронный вид (особенно это касается архивных изданий); старые журналы и газеты также в настоящее время можно найти только в печатном виде; современные издания можно найти в электронном виде в Интернете, но, чаще всего, их пользование будет платным (студентам с ограниченными финансовыми ресурсами лучше бесплатно взять ту же самую книгу в библиотеке); также в библиотеке студенты могут получить консультацию и рекомендации по использованию той или иной литературы.

Для повышения эффективности деятельности библиотек необходима автоматизация процесса учета книговыдачи. Это позволит: повысить скорость инвентаризации фонда библиотеки; усовершенствовать контроль посетителей библиотеки по электронному читательскому билету; ускорить время обслуживания читателя; упростить контроль и учет фонда библиотеки; сократить бумажный документооборот; реализовать открытый доступ к фондам библиотеки.

Существует множество систем для автоматизации учета книговыдачи в библиотеках.

Автоматизированная библиотечная информационная система (АБИС) «ОРАС-Global» представляет собой полнофункциональное решение, которое построено на архитектуре стандартных web-серверов и web-клиентах. В системе действует единый прокол обмена данными http. АБИС служит для автоматизации сетевой работы библиотек.

АБИС «ИРБИС» - современная система, включающая все типовые технологии: комплектование, систематизация, каталогизация, поиск, книговыдача, администрирование.

Автоматизированная система «Библиотека-3» - программа, включающая

следующие блоки: администратор, комплектование, каталогизатор-систематизатор, книгохранение, книговыдача, абонемент, читатель, поиск.

АБИС «Руслан» - клиент-серверное приложение, поддерживающее технологии, применяемые в мировых библиотечных организациях: корпоративная каталогизация, ведение каталогов электронных ресурсов, открытый доступ к электронным каталогам и полным текстам, штрих-кодирование единиц хранения и читателей и т.д. [1].

В библиотеках высших учебных заведений есть читальные залы, в которых осуществляется доступ студентов и преподавателей к книжному фонду библиотеки. Таким образом, в библиотеках есть возможность выноса (хищения) книг. Рассмотренные ранее системы автоматизации учета книговыдачи в библиотеке не могут решить данную проблему. Исходя из этого, необходимо рассмотреть способы автоматизации этого процесса, которые могут решить данную проблему и проблему сложности в учете книг и переноса данных о них в АБИС.

Автоматизировать книговыдачу в библиотеке можно двумя способами. Первый способ предполагает использование штрих-кодирования фонда библиотеки (идентификация экземпляров с помощью изображения). В настоящее время этот способ является одним из самых востребованных и менее дорогих при идентификации объектов. Второй способ предполагает использование радиочастотной идентификации – RFID-технологии (идентификация экземпляров с помощью радиосигналов). Приведем в качестве примера выбор способа автоматизации книговыдачи для библиотеки филиала МЭИ в г. Смоленске. В настоящее время фонд библиотеки составляет 392 723 экземпляров, количество читателей 2 666. На основе АБИС «Руслан» компьютеризованы все основные технологические процессы библиотеки, которые связаны с комплектованием фонда и научной обработкой документов. Количество книговыдач за год составляет 264 579, что дает предпосылку к необходимости автоматизации процесса учета книговыдачи в библиотеке.

Сравнение вышеназванных способов автоматизации процесса книговыдачи с учетом специфики библиотеки филиала представлено в таблице 1 [2,3].

Таблица 1 – Сравнение способов автоматизации процесса книговыдачи

Критерий для сравнения	Штрих-кодирование фонда	RFID-технология
Характеристика	Каждый экземпляр фонда снабжается самоклеящейся этикеткой с уникальным штрих-кодом, который считывается специальным сканером. Сканер расшифровывает коды и передает полученную информацию на персональный компьютер, на котором отображается информация о необходимом экземпляре.	Каждый экземпляр фонда оснащается радиочастотной меткой с уникальным кодом. Метка принимает сигнал от считывателя и формирует ответный сигнал. Программа на считывателе обрабатывает полученную информацию с меток и передает ее на персональный компьютер, где отображается информация о необходимом экземпляре.

Необходимое оборудование	Компьютер с доступом в Интернет. Штрих-кодовый принтер. Специальное программное обеспечение для печати. Лента для этикеток. Ручной лазерный штрих-кодовый сканер.	Компьютер с доступом в Интернет. Карт-ридеры. Диспенсер для RFID-меток. Ворота идентификации. Терминал самообслуживания.
Общее	Позволяют автоматизировать процесс маркировки фонда библиотеки. Автоматизация идентификации экземпляров, а также их учет и контроль. Использование электронного читательского билета. При открытом доступе к фонду библиотеки появляется необходимость использования «противокражных ворот».	
Преимущества	Уменьшение числа ручных операций. Увеличение скорости работы. Снижение числа ошибок. Повышение уровня обслуживания. Повышение эффективности учета и управления фондами.	Возможность перезаписи данных в памяти метки. Считывание метки бесконтактным способом. Запись большего числа данных, чем при использовании штрих-кода. Более быстрое занесение данных на метку. Поддержка одновременного считывания нескольких меток. Контроль над движением книг.
Недостатки	Не решает проблемы сохранности фонда, поэтому применяется совместно с электромагнитными противокражными системами. Данные штрих-кода записываются только один раз (нельзя учесть изменения).	Уязвимость к воздействию электромагнитных помех. Более высокая стоимость производства. Сравнительно небольшая посещаемость библиотеки не позволит окупить в полной мере внедрение данной технологии, но она поможет облегчить контроль и учет фонда библиотеки.
Инвентаризация	Ручная	Автоматическая
Скорость считывания информации	Медленная	Быстрая
Необходимость прямого контакта	Есть	Отсутствует
Уровень безопасности	Низкий	Высокий
Обновление информации	Смена штрих-кода	Перезапись метки
Срок службы	Легко повреждается. Срок службы короткий.	Повышенная прочность. Срок службы более 10 лет.
Стоимость	Низкая Затраты формируются в основном за счет покупки оборудования и печати этикеток.	Высокая В основном высокая стоимость обусловлена большим количеством закупаемого оборудования. Но,

		согласно специфике библиотеки филиала МЭИ в г. Смоленске, при внедрении данной технологии можно использовать не весь комплекс оборудования, а лишь необходимую его часть, что позволит снизить стоимость внедрения данной технологии, а также покупать комплекс оборудования постепенно, частями.
Составляющие стоимости	1 штрих-код – 0,2-0,4 руб. 1 сканер – от 10 000 руб.	1 RFID-метка – 6-8 руб. 1 RFID-ридер – от 35 000 руб. 1 RFID-антенна – от 9 000 руб.

Поскольку основной задачей автоматизации книговыдачи в библиотеке филиала МЭИ в г. Смоленске можно назвать упрощение ведения и контроля фонда, а также одной из целей библиотеки является обеспечение открытого доступа к фонду, то, несмотря на более высокую стоимость, для автоматизации процесса книговыдачи наиболее приемлемо использование RFID-технологии. При использовании RFID-технологии целесообразно будет расположить «противокражные ворота» в читальном зале библиотеки, поскольку вынос книг из данного отдела запрещен. Станцию книговыдачи стоит расположить на абонементе художественной литературы.

Внедрение данной технологии, безусловно, приведет к незначительному сокращению штата сотрудников библиотеки, но это не означает, что библиотекари перестанут быть востребованными. Несмотря на автоматизацию процесса книговыдачи, консультирование по поводу фонда библиотеки останется необходимым. К тому же, учет и контроль фонда также будет осуществляться библиотекарями, только данный процесс будет упрощен и позволит с достаточной точностью контролировать движение книг в библиотеке.

В результате проведенного исследования было выявлено, что для успешной автоматизации процесса книговыдачи, на примере библиотеки филиала МЭИ в г. Смоленске целесообразно внедрить RFID-технологии. Использование штрих-кодирования, несмотря на его низкую по сравнению с внедрением RFID-технологии стоимость, не выгодно, поскольку выдача книг также будет осуществляться вручную (использование сканера для считывания штрих-кода, снижение использования бумажного документооборота), а учет фонда будет осуществлять также более проблематично, чем при использовании RFID-технологии. Кроме того, срок службы этикетки штрих-кода достаточно невысок, а степень защиты от кражи остается низкой, что в долгосрочной перспективе также приведет к необходимости перехода на использование RFID-технологии.

Литература

1. Системы автоматизации библиотек [Электронный ресурс] URL : http://www.spsl.nsc.ru/win/stn3/vpt_sistavt.htm (дата обращения: 28.09.2016)
2. Штриховое кодирование [Электронный ресурс] URL : <http://www.ug.ru/archive/22241> (дата обращения: 28.09.2016)
3. ID logic больше чем RFID [Электронный ресурс] URL : <http://id-logic.ru/biblio/> (дата обращения: 28.09.2016)

РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ

Задача поиска оптимальных и надежных режимов работы рудовосстановительных реакторов на действующих агрегатах сложна и дорогостояща. Поэтому анализ процессов, определяющих работу печи, и выработка рекомендаций по ее управлению осуществляется методами моделирования. В данной работе анализ режимов руднотермической фосфорной печи проведен с использованием программной реализации математической модели[1].

Оперативное управление режимом осуществляется с помощью изменения напряжения на электродах и их положения, состава шихты, подаваемой в печь, периодического слива шлака. Основные физико-химические процессы, определяющие работу печи, происходят в ее углеродистой зоне. Там выделяется основная доля тепла, там же происходит образование фосфора при восстановлении его из оксида на частицах кокса. Следовательно, состояние углеродистой реакционной зоны определяет режим работы печи в целом. Размер коксовой зоны определяется скоростью подачи кокса с шихтой в ванну печи, и скоростью его выгорания в результате химической реакции. Скорость подачи кокса в ванну печи в свою очередь определяется его дозировкой в шихте, а скорость расходования определяется температурой в реакционной зоне, зависящей от тепловой мощности. Поэтому высота коксовой зоны увеличивается с увеличением дозировки кокса и уменьшается с увеличением мощности печи, определяемой напряжением на электродах.

Мощность печи определяется напряжением на электродах и электрическим сопротивлением ванны печи, которое зависит от ее внутреннего строения. Основной вклад в сопротивление ванны вносит коксовая зона, так как кокс обладает большим удельным электрическим сопротивлением по сравнению с расплавом фосфорита. Следовательно, электрическое сопротивление ванны определяется размером коксовой зоны и увеличивается с увеличением ее высоты. Зависимость электрической мощности печи от напряжения на электродах и дозировки кокса показана на рис. 1. Мощность печи растет с увеличением напряжения на электродах и падает с увеличением дозировки кокса.

Температура в реакционной зоне определяется балансом тепла выделяющегося при прохождении электрического тока через ванну и энергией поглощаемой в результате эндотермической химической реакции восстановления фосфора. Скорость реакции в свою очередь определяется температурой реакционной зоны и площадью поверхности кокса, на котором происходит восстановление, а также концентрацией оксида фосфора. С повышением напряжения на электродах температура возрастает, так как увеличивается мощность печи, а с увеличением дозировки кокса в шихте падает

вследствие, вызываемого этим падением мощности и увеличения размеров коксовой зоны.

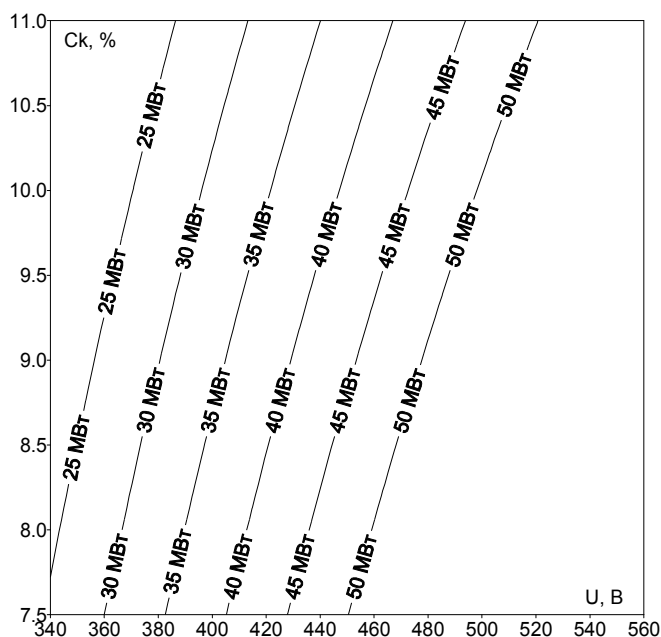


Рисунок 1 - Зависимость электрической мощности печи от напряжения на электродах и дозировки кокса

Концентрация оксида фосфора на в шлаке определяет эффективность переработки сырья. Она падает с ростом дозировки кокса в шихте и практически не зависит от напряжения на электродах. Это объясняется значительным влиянием размера коксовой зоны на время контакта с ней расплава.

Выход фосфора определяется скоростью химической реакции восстановления. Он растет с повышением напряжения на электродах и падает увеличением дозировки кокса в шихте. Эта зависимость аналогична зависимости температуры в реакционной зоне печи, так как скорость реакции восстановления фосфора экспоненциально зависит от нее.

Температура газов на выходе определяется условиями теплообмена в шихтовой зоне, зависящими от ее размеров, скоростей выхода газа и схода шихты. Кроме этого она определяется температурой газа на выходе из реакционной зоны. Температура уходящих газов растет с увеличением мощности печи так как при этом возрастает температура в реакционной зоне и увеличивается температура выходящего из нее газа и объем его выхода. С ростом дозировки кокса температура реакционной зоны падает, что вызывает снижение температуры отходящих газов, несмотря на то, что при этом растет коксовая зона, вызывающая уменьшение высоты шихтовой зоны печи. Использование зависимости температуры уходящих газов от управляющих параметров позволяют выбрать их диапазон обеспечивающих надежную работу печи.

Анализ расчетной зависимости удельного расхода электроэнергии для производства фосфора от управляющих параметров показывает, что для повышения энергетической эффективности руднотермической фосфорной печи

желательно работать при большом напряжении на электродах и малой дозировки кокса. Однако при этом возрастает значение концентрации оксида фосфора в сливаемом шлаке, что может привести к потерям из-за нерационального использования сырья. Кроме того увеличение напряжения на электродах и снижение дозировки кокса приводит к увеличению активной мощности печи, которая ограничена возможностями печных трансформаторов, а также к повышению температуры уходящих газов, ограниченной условиями безопасной работы свода печи. Учет этих положений приводит к необходимости оптимизации режима работы печи. При оптимизации необходимо учитывать ограничения по максимальной мощности печных трансформаторов и ограничения по значению температуры уходящих газов, которая должна лежать в пределах от 470 К (температура конденсации фосфора) до 700-750 К (ограничение по безопасности работы свода печи). Зависимость затрат на производство фосфора от управляющих параметров показана на рис. 2. Заштрихованная область соответствует условиям работы, удовлетворяющим ограничениям по температуре уходящих газов.

Экстремумов в зависимости затрат на производство фосфора от управляющих параметров не наблюдается и, следовательно, выбор режима работы в оптимальных условиях предпочтительней осуществлять на предельных ограничивающих изолиниях параметров, подобно тому, как это обычно следует из задач условной оптимизации, когда оптимум лежит за пределами области, удовлетворяющей ограничениям.

Увеличение стоимости электроэнергии в три раза приводит к появлению экстремума по дозировке кокса, однако оптимальные управляющие параметры и в этом случае определяются ограничениями по температуре уходящих газов.

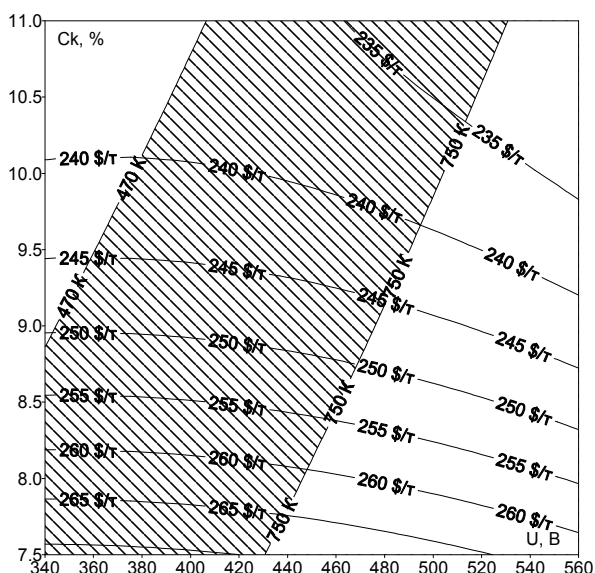


Рисунок 2 - Зависимость затрат на производство фосфора от напряжения на электродах и дозировки кокса

Дальнейшее повышение стоимости электроэнергии или уменьшение стоимости сырья может привести к уменьшению величины оптимальной дозировки восстановителя. Таким образом соотношение

составляющих затрат, определяемое экономической ситуацией, влияет на выбор оптимальных управляющих параметров.

Литература

1. Панченко С.В., Панченко Д.С. Моделирование теплового состояния руднотермической фосфорной печи. В сб. Проблемы рудной электротермии. Докл. совещ. "Электротермия - 96". С-Петербург.: СПбТИ, 1996, С.12-17.

*Е.А. Панкратова, к. т. н., доц., Ю.А. Дериболот, студ.; В.С. Луферов, асп.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ HIGHLOAD ВЕБ-СЕРВЕРОВ

Основной проблемой разработки современного веб-проекта является обеспечение доступа к highload веб-серверам и распределение нагрузки. Чтобы справиться с подобным потоком, необходимо тщательно продумывать инфраструктуру веб-проекта. В противном случае возникают проблемы, связанные с высокими нагрузками (highload).

Если проект высоконагруженный, это не значит, что он получает миллионы запросов и обрабатывает терабайты данных. Основная проблема в том, что сервер перестает справляться со своей работой. Это может произойти с проектом любого масштаба.

Высокие нагрузки на веб-сервер вне зависимости от причин могут вызвать проблемы:

- долгая загрузка веб-страниц;
- обрыв соединения с веб-сервером;
- снижение посещаемости;
- большое количество запросов в очередях;
- сбой персональных настроек пользователя;

Чтобы избежать этого используются различные средства. Очевидным путем являются оптимизация программного кода и увеличение мощности сервера, но это дает лишь временный эффект, и на каком-то этапе этого окажется недостаточно. Наиболее эффективными способами борьбы с высокими нагрузками являются кластеризация и переход к распределенному веб-серверу с определенной структурой. Для ее выбора нужно учитывать следующие параметры:

- Скорость работы;
- Надежность;
- Гибкость;
- Эффективность;
- Справедливость распределения;
- Длительность запроса;
- Масштабируемость.

На рисунке 1 представлена типичная структура распределенного сервера (кластера), который состоит из:

- Nab'a;
- Прокси-сервера;

- Web-серверов;
- Файлового хранилища;
- СУБД.

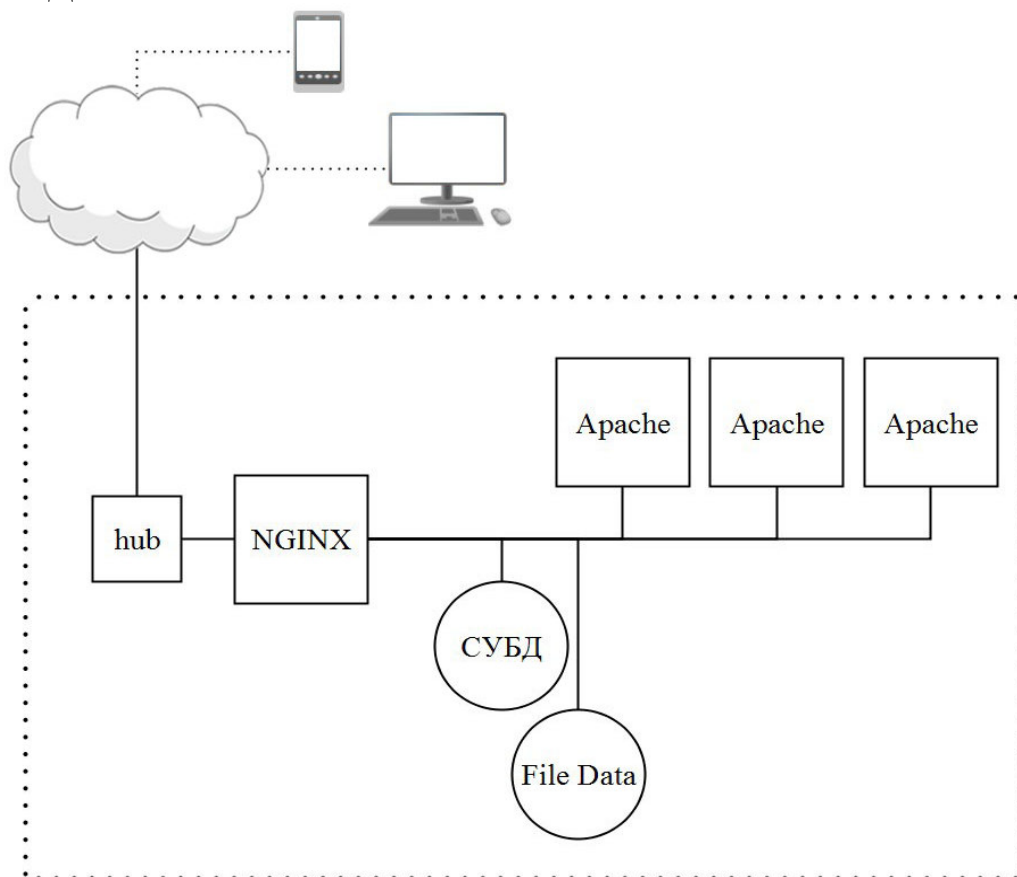


Рисунок 1 – структура распределенного веб-сервера

В качестве прокси-сервера целесообразно использовать NGINX, который по данным компании Netcraft на сентябрь 2016 года обслуживает или проксирует 27,60% самых нагруженных сайтов в мире [1]. Он может одновременно поддерживать множество соединений, разделяя их по отдельным потокам, без взаимной блокировки соединений, которые отвлекаются лишь на свои события. Такой подход обеспечивает асинхронность, а, значит, и высокую скорость обработки событий большого количества соединений. NGINX может раздавать статический контент, но функций для динамически обновляемых данных отсутствуют.

В данной работе при проведении эксперимента в качестве Web-сервера использовались три Apache HTTP-сервера. Apache был выбран за возможность раздавать как статический, так и динамический контент, встраивая интерпретатор нужного языка, без использования внешних компонентов. Он самодостаточен и имеет модульную структуру, что позволяет легко вставлять и убирать его.

Несколько web-серверов позволят распределить высокую нагрузку между собой, что увеличит скорость обработки запросов и предотвратит проблемы highload серверов. Apache децентрализует конфигурацию сервера через

уникальные файлы «.htaccess».

В данном проекте предполагается совместное использование серверов Apache и проксирующего сервера NGINX, хотя их можно использовать и как отдельные веб-сервера.

NGINX всегда сначала рассматривает запрос как URI, и только потом обращается к нему, как ресурсу файловой системы. Apache же по умолчанию интерпретирует запросы как ресурсы. При их объединении NGINX становится фронт-эндом (front end), а Apache –бэк-эндом (back end), данная структура помогает решить сразу несколько проблем.

Во-первых, увеличивается скорость работы веб-проекта. Несколько серверов вместе гораздо быстрее обработают поступающие с компьютеров посетителей HTTP-запросы за счет распараллеливания работы. Присутствие NGINX дает возможность рассматривать большее количество запросов одновременно, что является необходимым для highload серверов.

Важным решением является деление программного кода проекта на модули. Возникают проблемы надежности и гибкости распределенного веб-сервера.

При создании архитектуры с множеством серверов важно помнить, что существование большего количества серверов еще не гарантирует надежность. Все зависит от выбранного алгоритма распределения нагрузки и деления программы на модули. В рассматриваемой системе существует три сервера Apache, если весь программный код хранится в одном модуле, который будет помещен на каждый из серверов Apache, тогда они вместе смогут выдержать определенные высокие нагрузки. Если же разделить программный код на три модуля и поместить по модулю на сервер, необходимо просчитывать нагрузку на каждый модуль. При неправильном разделении, какой-нибудь сервер может не выдержать нагрузки и «упадет», что приведет к краху всей системы. Следовательно, чтобы обеспечить надежность нужно дублировать узлы системы.

Отказываясь от уникальных звеньев, проектировщик увеличивает вероятность сохранения работоспособности системы, но снижает универсальность и возможность изменения системы. Если какой-то вспомогательный или разрабатываемый узел единственный, то просто включить и отключить его, поменять один программный модуль на другой.

Достичь, решения обеих проблем невозможно. Придется либо жертвовать надежностью и отдавать предпочтение гибкости, либо делать систему, мало поддающейся изменениям, но стойкой к нагрузкам.

Распределенный веб-сервер отчасти решает проблему несправедливости распределения, которая появляется, когда из-за выполнения одного запроса образуется огромная очередь желающих занять его место. Время ожидания возрастает, что ведет к потере у пользователей интереса. Хотя и у такого сервера количество принимаемых одновременно запросов не безгранично.

При создании серверов с одинаковыми модулями на них необходимо вспомнить про балансировку. Важно подбирать такой алгоритм, который бы

учитывал загруженность сервера, количество запросов, длительность выполнения запросов.

Проблема неэффективности связана с неоптимальной балансировкой серверов распределенного веб-сервера. О ней стоит задуматься, когда один сервер нагружен до насыщения, а у другого запросов очень мало. Нецелесообразно иметь второй сервер, если он ни как не помогает сглаживать действие high load. Сервера могут иметь разную производительность, поэтому иногда стоит выбирать несимметричное распределение нагрузки.

Чтобы избежать проблем, связанных с длительностью запроса, нужно делить поступающие запросы между серверами не только по количеству html-запросов, но и по их содержанию. Не все запросы имеют одинаковое содержание, поэтому важно отслеживать количество запросов в очереди и регулировать нагрузку, опираясь на эти сведения.

Последняя проблема связана с масштабируемостью системы. Необходимо учитывать возможность разрастания проекта. При этом система должна справляться с данной проблемой через минимальные изменения в своей структуре, а не через радикальные изменения структуры распределённого веб-сервера и перестроение всей архитектуры проекта.

Перед созданием распределенного веб-сервера для какого-либо проекта необходимо проанализировать функции, которые он будет выполнять. В зависимости от принятого решения выбираются приоритетные проблемы, и архитектура распределенного веб-сервера будет направлена в первую очередь для решения данных проблем. Все проблемы решить невозможно, но можно сделать систему максимально отвечающей потребностям пользователя вполне реально.

Чтобы предупредить проявление high load, необходимо проводить постоянный мониторинг. Ведь нельзя решить ту проблему, о которой ничего неизвестно. Сделать это можно как с помощью функций, встроенных в сами сервера, так и с помощью сторонних программ, таких как Zabbix.

В дальнейшем планируется реализовать рассмотренную систему распределенного веб-сервера, когда будут выбраны СУБД и File Data.

Литература

1. Исследование веб-серверов в сентябре 2016 [Электронный ресурс]/ Архивы интернет статистики компании Netcraft. – Режим доступа: <https://news.netcraft.com/archives/2016/09/19/september-2016-web-server-survey.html>
2. Айвалиотис Д. Администрирование сервера NGINX. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 75-95С.

Ю.В. Синяевский, к.т.н., доц.

(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВОРОНКИ В ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ С НЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КОРПУСОМ

В работах [1] и [2], была предложена концепция ИК нагрева жидкости через ее свободную поверхность в условиях формирования с помощью перемешивающего устройства центральной воронки. Для исследования

процессов, протекающих в таких системах, целесообразна разработка математической модели сопряженного теплообмена, одной из составных частей которой должен быть модуль, позволяющий определять форму и размеры центральной воронки для различных типов перемешивающих устройств и при различных режимах их работы.

Уравнения, описывающие форму и размеры воронки, возникающей в сосуде цилиндрической формы при работе перемешивающего устройства, приведены в [3].

$$h(r) = \begin{cases} \frac{\omega_0^2 r_0^2}{g} \left(\frac{1}{8} \psi_1^2 R^8 + \frac{2}{7} \psi_1 \psi_2 R^7 + \frac{1}{6} \psi_2^2 R^6 + \frac{3}{5} \psi_1 R^5 + \frac{1}{2} \psi_2 R^4 + \frac{1}{2} R^2 \right) \\ \frac{\omega_0^2 r_0^2}{g} \left(\left(\frac{1}{8} \psi_1^2 + \frac{2}{7} \psi_1 \psi_2 + \frac{1}{6} \psi_2^2 + \frac{3}{5} \psi_1 + \frac{1}{2} \psi_2 + \frac{1}{2} \right) \left(1 - \frac{1}{R} \right) (1 + \psi_1 + \psi_2)^2 \right) \end{cases} \quad (1)$$

где

$$\psi_2 = -0.5 - 1.25 \psi_1,$$

$$R = \frac{r}{r_0},$$

В указанных уравнениях r_0 — радиус перемешивающего устройства, ω_0 — циклическая частота его вращения, ψ_1 и ψ_2 — коэффициенты, определяемые при решении уравнения моментов для перемешиваемой системы.

При выводе уравнения используется предположение о постоянстве угловой скорости вращения жидкости во всех горизонтальных сечениях сосуда, что с достаточной точностью справедливо для сосудов цилиндрической формы, но не справедливо для сосудов с формой, отличной от цилиндрической.

Целью данной работы разработка метода определения формы и размеров воронки в перемешивающей системе с параболической формой сосуда.

Как показано в работе [1], форма центральной воронки в сосуде полусферической формы с достаточной точностью описывается уравнением (1), и основная задача состоит в разработке метода расчета коэффициентов ψ_1 и ψ_2 в перемешивающих системах с корпусом не цилиндрической формы.

Для расчета коэффициентов был использовать метод, основанный на двухслойной модели пограничного слоя, приведенный в [4] и [5]. При этом, сосуд не цилиндрической формы заменяется на «условный сосуд» цилиндрической формы, с диаметром $D_{\text{ц}} = 2 r_{\text{max}}$, а особенности течения жидкости, обусловленные криволинейностью ограничивающей поверхности, учитывались поправкой k_δ , определяемой по формуле:

$$k_\delta = c_1 \left(\frac{R_z}{D_z} \right)^{c_2} \quad (2)$$

где c_1, c_2 — постоянные, принимаемые равными тем, что были получены для системы с сосудом цилиндрической формы.

Гидравлический диаметр условного канала определяется по формуле

$$D_e = \frac{4S}{P}, \quad (3)$$

где S — площадь поперечного сечения условного канала, в P — смоченный периметр условного канала для сосуда с криволинейной образующей.

При известной функции $h(r)$ задаваемой уравнениями (1), площадь поперечного сечения условного канала определится как

$$S = \int_0^{r_x} h(r) dr - \int_{r_b}^{r_x} H(r) dr \quad (4)$$

а смоченный периметр — по формуле

$$P = r_b + \int_0^{r_x} \sqrt{-(h'(r))^2} dr + \int_{r_b}^{r_x} \sqrt{-(H'(r))^2} dr \quad (5)$$

где $h'(r)$ и $H'(r)$ - производные функций $h(r)$ и $H(r)$ по координате. Геометрия исследуемой системы приведена на рис.1.

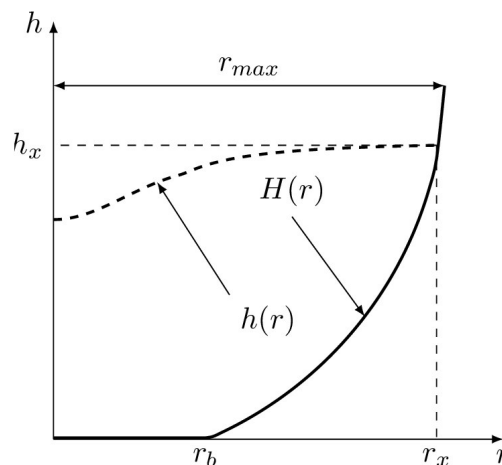


Рисунок 1 — Основные геометрические параметры перемешивающей системы с корпусом не цилиндрической формы

Координата точки пересечения свободной поверхности с образующей сосуда определяется из решения уравнения

$$V_0 = \int_0^{h_x} \pi r_H^2(h) dh - \int_0^{h_x} \pi r_h^2(h) dh \quad (6)$$

где h_x — вертикальная координата искомой точки, V_0 — объем жидкости в сосуде, а функции $r_h(h)$ и $r_H(h)$ — обратные функции к функциям $h(r)$ и $H(r)$ соответственно.

Уравнения (1)-(6) образуют систему нелинейных уравнений, которая позволяет определить значение коэффициентов ψ_1 и ψ_2 .

Для решения данной задачи была разработана программа на языке C++. Значения производных $h'(r)$ и $H'(r)$ и интегралов в уравнениях (4) - (6)

определялись с использованием численных методов. Решение уравнения (6) осуществлялось с использованием модифицированного метода Ньютона.

Оценка адекватности предложенной математической модели производилась путем сравнения результатов расчета профиля воронки с фактически наблюдаемым в эксперименте. Определение координат поверхности воронки производилось с методике, изложенной в [1].

На рис.2 представлены результаты математического моделирования (сплошная линия) и результаты экспериментального определения профиля центральной воронки при одних и тех же параметрах перемешивающей системы. Для экспериментальных точек границы доверительного интервала соответствуют экспериментально определенным значениям вариации координат точек поверхности воронки.

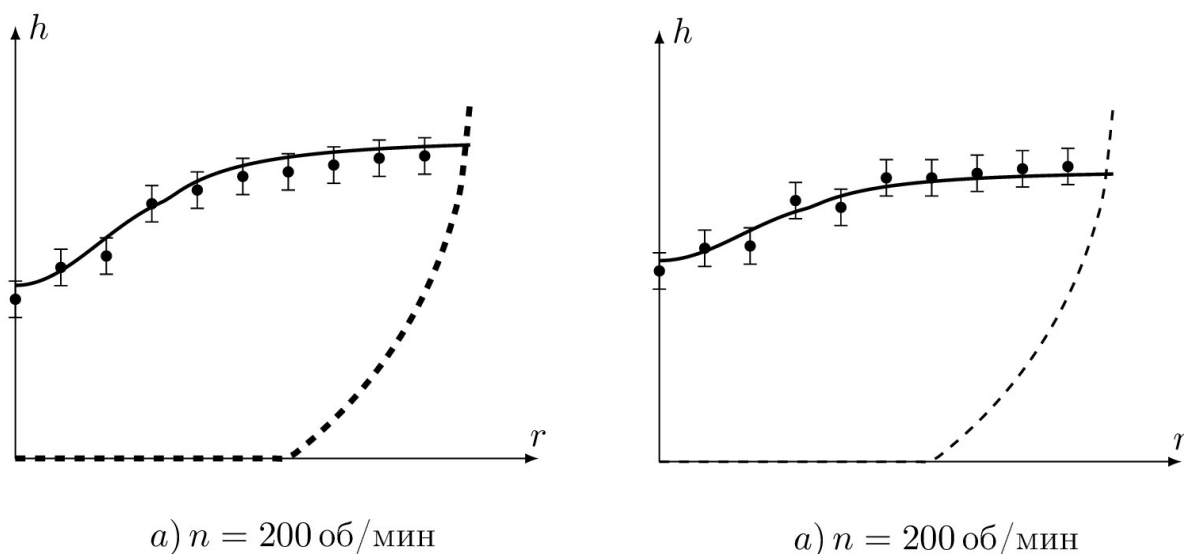


Рисунок 2 — Сравнение результатов расчета профилей центральной воронки с экспериментом

Аналогичные результаты были получены для других частот вращения и других типоразмеров перемешивающих устройств.

Как видно из представленных данных, предложенная математическая модель адекватно описывает центральную воронку, возникающую в перемешивающей системе с корпусом не цилиндрической формы. Учитывая, что форма и размер центральной воронки определяются основными гидродинамическими параметрами процесса перемешивания, можно считать, что предложенная модель, основанная на представлениях о двухслойном пограничном слое, адекватна и может быть использована для исследования процессов в различных перемешивающих системах.

Литература

1. Синявский Ю.В., Федулов А.С., Дли М.И., Борисов В.В. Выпарная установка на основе водородно-кислородных топливных элементов// Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 22. С. 42-50.
2. Пат. 142590 Российская Федерация, МПК⁷ B01B1. Устройство для тепловой обработки жидкой среды [Текст] / Синявский Ю.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

(RU) – № 142590 ; заявл. 13.12.13 ; опубл. 27.06.14, Бюл. № 18 . – 2 с.

3. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах.[Текст]/ Л.Н. Брагинский В.И. Бегачев, В.М.Барабаш. — Л.: «Химия», 1984. — 336 с.

4. Синявский, Ю.В. Математическая модель перемешивания на основе двухслойной модели турбулентного пограничного слоя [Электронный ресурс]/ Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств» - URL:<http://www.http://processes.open-mechanics.com/525.pdf>

5. Синявский, Ю.В. Метод расчета мощности перемешивания на основе двухслойной модели пограничного слоя [Электронный ресурс]/ Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств» - URL:<http://processes.open-mechanics.com/articles/703.pdf>

Д.Ю. Шутова, канд.экон.наук, доц.

(филиал ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" в г. Смоленске, г. Смоленск)

При финансовой поддержке гранта РФФИ №16-01-00293

АЛГОРИТМЫ ПЕРЕДАЧИ И НАКОПЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОПЫТА СОТРУДНИКОВ ГРАНИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

На мировом алмазно-бриллиантовом рынке Россия занимает одну из ведущих позиций. Однако, наблюдается существенный разрыв между объемами добычи и продажи алмазов и объемами огранки алмазов в бриллианты, а так же производством ювелирных изделий. Подобная структура алмазного трубопровода России влечет за собой высокий потенциал развития алмазообрабатывающей отрасли. Темпы роста технологического развития постоянно ускоряются, что приводит к главной проблеме – необходимости совершенствования профессионализма работников (особую роль играет уровень квалификации специалистов-огранщиков и разметчиков). Как результат, перед руководителями стоит задача найти новые алгоритмы повышения квалификации. Данная проблема является особенно актуальной и для гранильных предприятий, производство подобной продукции (бриллиантов) это трудоемкий и сложный процесс, успех в котором зависит от опыта и умения мастеров. Соответственно, актуальным является вопрос о сохранении знаний и навыков и эффективной передачи инновационного опыта. Как известно, обучение – это длительный процесс, который требует максимальной сосредоточенности на подготовке специалиста, что влечет за собой отвлечение от процесса производства, что может не благоприятно сказаться на показателях деятельности предприятия.

Разработанная процедура выявления потребности в инновационном опыте на различных этапах производственного процесса включает следующие этапы [1].

- Анализ эффективности переработки сырья с выявлением низкорентабельных (и/или бракованных, и/или неэффективных) классов продукции.
- Сравнительный анализ прогноза и фактических результатов переработки.
- Выявление наличие инновационного опыта у отдельных сотрудников.

На данном этапе происходит постоянный мониторинг деятельности специалистов, отслеживается применения ими инновационного опыта, а так же необходимость и степень эффективности его распространения другим

сотрудникам.

Если в результате анализа была выявлена необходимость совершенствования определенной операции, группы сотрудников, но в рамках предприятия решить эту проблему не представляется возможным, в связи отсутствия необходимого инновационного опыта, то следует прибегать к получению «открытого» инновационного опыта, т.е. привлечение специалистов для обучения сотрудников со стороны, либо подробное изучение доступных материалов.

4. На основе сравнительного анализа желаемых и фактических результатов переработки поля распределения значений по отдельным характеристикам, нахождение зон с существенными отклонениями. Таким образом, можно четко определить «проблемную зону» по каждому специалисту и принять решение о целесообразности приобретения им инновационного опыта.

Таким образом, можно выявить специалистов, обладающих инновационным опытом, а так же выявить специалистов, работающих наиболее эффективно, и способных передать этот опыт своим коллегам.

- После того, как были выявлены источники и потребность в инновационном опыте, выбирается один из разработанных вариантов его распространения (рисунки 1-5).

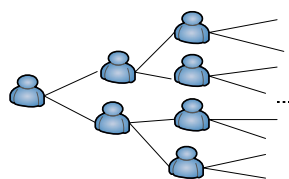


Рисунок 1 – Волнообразное распространение опыта

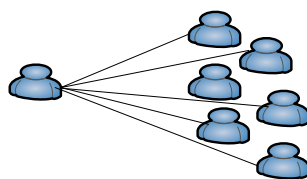


Рисунок 2 – Распространение опыта методом «Единичного удара»

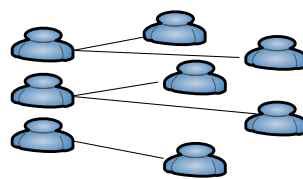


Рисунок 3 – Распространение опыта методом «Распределение усилий»

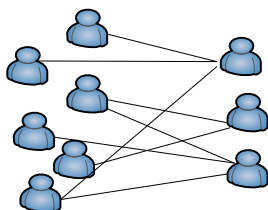


Рисунок 4 – Распространение опыта методом «Дополнение усилий»

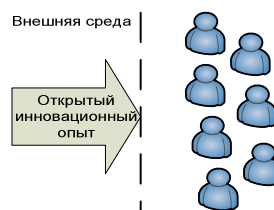


Рисунок 5 – Распространение усилий методом «Заимствование»

Для распространения инновационного опыта при разных результатах анализа, произведенного на предыдущих этапах, было разработано пять вариантов распространения опыта.

- Волнообразное распространение опыта. Применяется в том случае, когда выявлен один специалист, обладающий инновационным опытом и способный его распространить, а у других специалистов результаты распределены. В этом случае, данный специалист передает инновационный опыт двум другим, показавшим результат, несколько хуже, чем он сам. Затем, выбираются еще 4

сотрудника, учителями для них уже становятся те двое, которые уже были обучены. Таким образом, формируется так называемая «волна» инновационного опыта.

- Распространение опыта методом «Единичного удара» целесообразно производить в том случае, когда выявлен один специалист, обладающий инновационным опытом и способный его распространить, а у других специалистов результаты низкие. В таком случае, специалист-лидер передает инновационный опыт сразу всем сотрудникам.

- Распространение опыта методом «Распределение усилий» целесообразно производить в том случае, когда выявлено несколько специалистов, обладающий инновационным опытом и способный его распространить, а у других специалистов результаты низкие, однако количество специалистов с высоким результатом меньше, чем с плохим. В таком случае, работники, которым необходимо передать инновационный опыт, делятся на группы и процесс передачи опыта каждой группы осуществляет один из сотрудников, имеющих инновационный опыт. Причем, целесообразно оценивать «проблемные зоны» каждого сотрудника и формировать группы, исходя из этого анализа.

- Распространение опыта методом «Дополнение усилий» целесообразно производить в том случае, когда выявлено несколько специалистов, обладающий инновационным опытом и способный его распространить, а у других специалистов результаты низкие, однако количество специалистов с высоким результатом больше, чем с плохим. В таком случае, работники, которым необходимо передать инновационный опыт, получают необходимые знания и инновационный опыт от нескольких специалистов, причем акцент делается именно на проблемных областях для каждого сотрудника.

- Распространение усилий методом «Заимствование» применяется в том случае, когда среди сотрудников не было выявлено специалиста, обладающего необходимым инновационным опытом, а так же определена потребность в повышении уровня остальных сотрудников. В данном случае необходимо привлекать специалистов со стороны.

6. Оценка эффективности использования выбранного варианта распространения инновационного опыта.

После процесса распространения инновационного опыта необходимо оценить его эффективность. Оценка эффективности происходит на основе проведения повторных сравнительного анализа прогноза и фактических результатов обработки по эффективности, массе, цвету и дефектности бриллиантов каждым специалистом, сравнительного анализа желаемых и фактических результатов обработки поля распределения значений по отдельным характеристикам. Таким образом, можно выявить степень освоенность опыта, а так же масштаб его использования всеми специалистами, участвующими в процессе передачи опыта.

После этого анализа необходимо провести анализ эффективности деятельности предприятия в целом, по результатам данного анализа можно

судить об успешном (или не успешном) применения данного инновационного опыта, а так же оценить степень влияния новых знаний на результаты работы предприятия в целом.

Так же, для мотивации сотрудников, каждый работник должен понимать свою важность для общего результата, именно подобный анализ даст возможность показать каждому специалисту его вклад в общий результат деятельности компании.

Литература

1. Дли М.И., Шутова Д.Ю. Инновационный опыт: механизмы накопления и распространения на алмазообрабатывающем предприятии – Смоленск: Изд-во «Универсум» - 2012 – 158 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 4

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОТЕХНИКА

1. *Алексян И.Э., Волков А.А. ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТКАНЕЙ И
КЛЕТОК ОРГАНИЗМА* 3
2. *Алексян И.Э., Шарыпов И.С. АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ
ОТКЛЮЧЕНИЙ В РАСПРЕДЕСЕТЯХ 0,4 кВ РОСЛАВЛЬСКОГО РЭС
ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СИП* 8
3. *Амелина М.А., Амелин А.С., Поляков М.В. ИССЛЕДОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ
ЭНЕРГИИ* 11
4. *Амелина М.А., Амелин А.С., Поляков ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМЫ
БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ* 16
5. *Базылев К.И., Строев Н.Н. АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
ДЛЯ РАЗВОРОТА РАДИОЛУЧА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ
ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА* 20
6. *Беляков М.В., Булатикова В.О., Дымкова В.В., Дымникова А.Г.
ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ
СОЗРЕВАНИЯ* 23
7. *Беляков М.В., Кондрашова М.Е. ИЗМЕНЕНИЕ
ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН КЛЕВЕРА
ТЕТРАПЛОИДНОГО ПРИ СКРИФИКАЦИИ* 26
8. *Беляков М.В., Нурпеисова Д.О., Иванова В.В. ОБОСНОВАНИЕ
ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРА
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН РАСТЕНИЙ* 30
9. *Беляков М.В., Камарчук А.В., Капралов А.Д. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСКУССТВЕННО СОСТАРЕННЫХ СЕМЯН
БЕЛОЙ ФАСОЛИ* 34
10. *Беляков М.В., Снигирев А.С. СПЕКТРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СВЕЧЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В
ПРОЦЕССЕ СОЛАНИЗАЦИИ* 38
11. *Брызгалова Л.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RGB ФОТОДИОДА В
КОЛОРИМЕТРЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КЗС* 42
12. *Горшенков И.Н., Астахов С.П. СОЗДАНИЕ ОТСУТСТВУЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ MICRO-SAP* 45
13. *Гребенюк П.И., Конаков А.Н. РАСЧЕТ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ
ЛАЗЕРНОГО ФАЗОВОГО ДАЛЬНОМЕРА* 50

14.	Гришкина А.М., Конаков А.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВИЗОРА ПО ТЕПЛОВОМУ КОНТРАСТУ	53
15.	Гумиров Р.З., Маслов А.Д., Лесонен Ю.И. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ИСПОЛНЕНИЯ	57
16.	Жбанов И.Л., Бондаренко Д.Л., Голубев А.В. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОЙ ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦИФРОВКИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ГАУССОВЫХ ИМПУЛЬСОВ	61
17.	Жбанов И.Л., Бондаренко Д.Л., Грибанов Д.С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАЧКИ ИМПУЛЬСОВ НЕОБХОДИМОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЗАДАННОГО ЧИСЛА ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК	65
18.	Жбанова В.Л. РЕЖИМ МИКРОСКАНИРОВАНИЯ В МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКАХ	64
19.	Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В., Кондрашова М.Е. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАРИФИЦИРОВАННЫХ СЕМЯН ГАЛЕГИ И КЛЕВЕРА	71
20.	Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В. ПАРАМЕТРЫ СПЕКТРОВ СЕМЯН ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПРИ МНОГОКРАТНОЙ СКАРИФИКАЦИИ	75
21.	Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОВ ИСПУСКАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МАТЕРИАЛА ПОВЕРХНОСТИ СЕМЯН РАСТЕНИЙ	79
22.	Зубарев С.С., Комиссарова А.К., Образцов С.А. МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ПРИСУТСТВИЯ С ДИСТАНЦИОННЫМ СИГНАЛИЗАТОРОМ	83
23.	Казурина В.Д., Астахов С.П. АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ NUV В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА	87
24.	Ковалев А.В., Ковалев В.Д., Степанов М.Г., Строев Н.Н. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИЛЫ	89
25.	Ковалев В.Д., Ковалев А.В., Степанов М.Г., Строев Н.Н. РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПУСКА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ	94
26.	Ковалев А.В., Ковалев В.Д., Степанов М.Г., Строев Н.Н. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИЛЫ	98
27.	Комиссарова А.К., Строев Н.Н. СРЕДСТВО ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАТОРА АНАЛОГОВЫХ И ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОЕКТОВ АСУ ТП	102

28.	Куликова М.Г., Беляков М.В., Новикова М.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	107
29.	Купреев А.В., Купреев А.А. ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ ПРОЕКЦИИ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ НА КАРТИННУЮ ПЛОСКОСТЬ В ИНТЕРЕСАХ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ	112
30.	Купреев А.В., Купреев А.А. ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН	118
31.	Лавриненкова Е.В., Смолин В.А. ДЕКОРАТИВНАЯ ПОДСВЕТКА ДЛЯ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ	121
32.	Лямец Л.Л., Бабенко О.Д., Старовойтов М.А., Умпинович Н.А., Пантюхов А.В. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО БЕЗМОСТОВОГО КОРРЕКТОРА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В СРЕДЕ MICRO-SAP	124
33.	Найдёнов Е.В., Лямец Л.Л., Якименко И.В., МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ МАТЛАВ&SIMULINK	129
34.	Найдёнов Е.В., Базылев К.И., Ермакова С.А. РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТА УЧАЩЕГОСЯ	134
35.	Новикова М.А., Егоров А.Н., Сидорова А.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТОВОГО НАСТОЯ	137
36.	Оплеухин Д.В., Строев Н.Н. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕТЕКТОРОВ TERA-SENSE ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ТЕРАГЕРЦЕВОГО ДИАПАЗОНА	139
37.	Орлова Ю.А., Астахов С.П. ПОДСВЕТКА ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	144
38.	Осипов Д.М., Яночкин А.С., Якименко И.В. РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ СКАНИРОВАНИЯ ТОВАРОВ	146
39.	Пеньков А.А., Шнеур А.А. РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ	149
40.	Пирожникова Е.А., Лямец Л.Л. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЛЕНИЯ НА ДВОИЧНОМ СУММАТОРЕ ЧИСЛА С ФИКСИРОВАННОЙ ЗАПЯТОЙ	153
41.	Сазонов А.И., Троцкий Ю.В. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРОВ С БИОСИНХРОНИЗАЦИЕЙ	156

42.	Сеньков М.А., Силаев Н.В., Навродский А.В. АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПОВЫШЕНИЮ ЗАЩИЩЁННОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ	161
43.	Силаев Н.В., Зарембо А.В. Утенков А.Ю. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОПЛЕРОВСКИХ ПОРТРЕТОВ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЦЕЛИ	164
44.	Силаев Н.В., Зарембо А.В., Филипенков В.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ	169
45.	Скачков С.А., Андрюшкин Е.А. РАЗЛИЧИЯ ОТКАЗОВ И СБОЕВ ЦИФРОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	172
46.	Скачков С.А., Волосенков В.О., Мартемьянов А.О. ПРОБЛЕМЫ ОТЛАДКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	175
47.	Смолин В.А., Костинова Т.А., Рассказа Д.С., Мищенко А.М. СХЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ 1,5-2 МКМ	182
48.	Смолин В.А., Рачковский С.С., Шпаковская Д.С., Мищенко А.М. ИЗМЕРИТЕЛЬНО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ 8–13 МКМ	185
49.	Старовойтов М.А., Бабенко О.Д., Умпинович Н.А., Пеньков А.А. СОВРЕМЕННЫЕ 9-ОСЕВЫЕ ДАТЧИКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ СИСТЕМ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ	189
50.	Степанов М.Г., Ковалев В.Д., Амелин С.А. РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПУСКА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ	192
51.	Строев Н.Н. ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОВИДЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА	196
52.	Строев Н.Н., Астахов С.П. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ БЕСПРОВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	201
53.	Сухотин В.В., Якименко И.В., Навродский А.В. К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ ФОНОВЫХ ПОМЕХ	205
54.	Теплов А.В., Найденов Е.В. ПРОГРАММА ВЫДЕЛЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ СМЕСИ ГАУССИАН	208
55.	Теплов А.В., Найденов Е.В. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО СТЕНДА С ИНТЕРАКТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	211

56.	Торгачев Н.В., Строев Н.Н. ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СВЧ-МОДУЛЕЙ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА	214
57.	Уласень А.Ф., Навродский А.В. К ВОПРОСУ УСТРАНЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ИНФОРМАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ СБОЕВ	218
58.	Умпирович Н.А., Старовойтов М.А., Бабенко О.Д., Мищенко М.Н. КВ ДИПЛЕКСЕРЫ (10, 12, 15, 20, 40, 80 МЕТРОВ)	221
59.	Федорова Е.Ю., Черняков А.А., Строев Н.Н. СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЛОЧНЫХ СБОРОК МНОГОКАНАЛЬНОГО РАДИОПРИЕМНИКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОНТРОЛЬНО ТЕСТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ	225
60.	Цыганков И.А., Строев Н.Н. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ РАДИОВИДЕНИЯ	228
61.	Черняков А.А., Федорова Е.Ю., Амелин С.А. РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАНАЛА МДП-ТРАНЗИСТОРОВ	232
62.	Чесноков А.А., Пеньков А.А. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ДАТЧИКА	236
63.	Широких Т.В. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЗРАЧНОЙ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ	239
64.	Юдин В.А., Мурашкин А.В., Окунев Н.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО МНОГОЧАСТОТНОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ РАДИАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ВЦ НА РЛС РАЗВЕДКИ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА	243

СЕКЦИЯ 5

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ

1.	Алексеев Г.В., Аксенова О.И. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ ПТИЦЕПЕРЕРАБОТКИ	249
2.	Беляков М.В., Куликова М.Г., Новикова М.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЕМЯН ПРЯМЫМИ И КОСВЕННЫМИ МЕТОДАМИ	253
3.	Гавриков В.С., Петухова Е.М., Фролков, О.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «PRESS-FIT» В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ	256
4.	Гончаров М.В., Егоров А.Н., Сидорова А.И. СИСТЕМА ЕГАИС В КОНТРОЛЕ ОБОРОТА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	260
5.	Ермачков А.М., Новиков В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ	263

6.	<i>Катюкова Т.В., Халидов Н.Н. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ</i>	264
7.	<i>Лёзина Т.А., Чуйко А.Р. СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ ДЛЯ КОМПАНИЙ</i>	268
8.	<i>Оунев Б.В., Ажигин В.А. ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ОРГАНИЗАЦИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СФЕРЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ</i>	270
9.	<i>Окунев Б.В., Новикова О.В. ПЛАНИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОМ МАРШРУТА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</i>	274
10.	<i>Окунев Б.В., Беликова Е.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УЧЁТА КНИГОВЫДАЧИ В БИБЛИОТЕКАХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ</i>	277
11.	<i>Панченко С.В., Широких Т.В., Панченко Д.С. РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ</i>	281
12.	<i>Панкратова Е.А., Дериболот Ю.А., Луферов В.С. ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ HIGHLOAD ВЕБ-СЕРВЕРОВ</i>	284
13.	<i>Синявский Ю.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВОРОНКИ В ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ С НЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КОРПУСОМ</i>	287
14.	<i>Шутова Д.Ю. АЛГОРИТМЫ ПЕРЕДАЧИ И НАКОПЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОПЫТА СОТРУДНИКОВ ГРАНИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</i>	291

Научное издание

ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ - 2016
(микроэлектроника и оплотехника, инновационные технологии и оборудование в
промышленности, управление инновациями)
Сб трудов VI -ой Межд. науч.-техн. конф.
Сборник трудов в 3-х томах
Том 2

Подписано в печать 07.11.2016 г.
Формат 60x84¹/₁₆ . Тираж 100 экз. Печ. л. 19,0. Усл. печ. л. 17,67

Издательство «Универсум»
Отпечатано в издательском секторе филиала МЭИ в г. Смоленске
214013 г. Смоленск, Энергетический проезд, 1

ISBN 978-5-91412-320-5

