



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
УЧЕБНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
КОМПЛЕКС»  
УЧЕБНО-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра «Электроника, вычислительная техника и информаци-  
онная безопасность»**



**СБОРНИК СТАТЕЙ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ИНТЕРНЕТ –  
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, СТУДЕНТОВ И  
УЧАЩИХСЯ**

**Тема: «Актуальные проблемы электроники и оптоэлектроники»**

**Орел 2015**

ББК  
С

Печатается по решению Ученого Совета Учебно-научно-исследовательского института  
ФГБОУ ВПО "Госуниверситет - УНПК"  
ПРОТОКОЛ № от        мая 2015 г.

Сборник статей региональной научно-практической интернет – конференции        молодых ученых, студентов и учащихся **«Актуальные проблемы электроники и оптоэлектроники»:** материалы научно-практической конференции. 15.04.2015 — 15.05.2015 / Под ред. В.А. Лобановой - Орел: ФГБОУ ВПО "Госуниверситет -УНПК",2015. – 154 С.

ISBN 978-5-93932-868-5

В настоящем сборнике представлены научно-исследовательские статьи студентов вузов России, участвующих в Программе *«Новые кадры ОПК»*. В работах исследуются перспективы развития электроники и оптоэлектроники на предприятиях ОПК региона, рассматриваются новые направления в области телекоммуникаций, приборостроения, конструирования электронных средств. Важнейшими задачами конференции являются обмен актуальной информацией, активизация исследовательской работы студентов, научная интеграция студенческого сообщества. Статьи публикуются в авторской редакции.  
Ответственный редактор Н.Г. Лобанова.

Редакционная коллегия:

- Коськин Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации и спецпроектам ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», председатель организационного комитета.
- Подмастерьев Константин Валентинович – доктор технических наук, профессор, директор учебно-научно-исследовательского института информационных технологий» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», зам. председателя организационного комитета.
- Еременко Владимир Тарасович - доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «ЭВТИБ» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК».
- Лобанова Валентина Андреевна - кандидат технических наук, профессор кафедры «ЭВТИБ» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».
- Федоров Тимофей Васильевич - кандидат технических наук, доцент кафедры «Автопласт» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».
- Новиков Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».

ISBN 978-5-93932-868-5

ББК  
© Коллектив авторов, 2015 ©  
ФГБОУ ВПО "Госуниверситет -УНПК"

## ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

31 марта 2015 года в ОАО «Туполев» в Москве прошел Первый Общероссийский форум «Новые кадры ОПК: союз образования и промышленности», на котором представители образовательных организаций и оборонных предприятий из 39 субъектов РФ обсудили вопросы целевой подготовки молодых специалистов для ОПК. В Форуме приняли участие заместитель Председателя Правительства РФ **Дмитрий Rogozin**, Министр образования и науки России **Дмитрий Ливанов**, заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации **Александр Потапов**, президент Объединенной авиастроительной корпорации **Юрий Слюсарь**, вице-президент Союза машиностроителей **Владимир Гутенев**. Открывая форум, **Дмитрий Rogozin** обратился к участникам: *«Для нас очень важно, чтобы талантливая молодежь еще со школьной скамьи выбирала инженерные профессии. Для этого мы должны уже сегодня повышать стипендии студентам, строить жилье для молодых специалистов, помогать им в творческой самореализации. Мы должны сделать так, чтобы слово «инженер» снова стало почетной «приставкой к фамилии», чтобы в общество вернулось понимание: именно на этих людях строится будущее нашей страны».*

Цель программы «Новые кадры ОПК» - повышение качества подготовки кадров для оборонных предприятий Российской Федерации, развитие которых относится к числу стратегических приоритетов государства

Для студентов участие в конференции - это возможность представить результаты своей научно-исследовательской работы, повысить уровень знаний по направлению подготовки для предприятий ОПК, приобрести опыт выступления с научными докладами, поучаствовать в дискуссии, оценить доклады остальных участников.

Статьи в сборнике размещены по научным направлениям – секциям:

- Полупроводниковая электроника и оптоэлектроника;
- Приборостроение;
- Конструирование и технология электронных средств;
- Телекоммуникации, интеллектуальные сети;
- Научная работа школьников в области приборостроения и радиоэлектроники (школа в рамках конференции).

Особенно ценно участие школьников в работе секции. Как сказал министр образования и науки РФ **Дмитрий Ливанов**. – *Мы уже сейчас видим результаты этих усилий, растет интерес абитуриентов и выпускников школ к получению инженерного образования, и это не только количественный рост, это и рост качества этих абитуриентов – из года в год увеличивается количество абитуриентов, имеющих высокие баллы по профильному предмету».*

Выражаем надежду, что данный сборник научных статей станет для студентов импульсом для новых научных исследований.

Желаем участникам конференции успешной и плодотворной работы.

Оргкомитет конференции

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция «Полупроводниковая электроника и оптоэлектроника»

1. Автоматизация проверки динамических характеристик оптопар	Болычев В.А.....	6
2. Анализ конструкции твердотельного реле постоянного тока	Гончаров М.И., Пензев В.О. Рук. Воронина О.А. ....	8
3. Анализ российского рынка оптоэлектроники	Калашников И.С. Рук. Лобанова В.А. ....	11
4. Анализ рынка и технологических особенностей маломощных источников вторичного электропитания	Кашин Е.М. Рук. Лобанова В.А.....	14
5. Блоки питания и драйверы для светодиодов	Клиндухов А.С.....	18
6. Импортзамещающая оптоэлектроника АО «Протон».	Калашников И.С. Рук. Лобанова В.А. ....	23
7. Конструктивное решение разработки твердотельного реле постоянного тока	Вишняков А., Бурмель А. ....	25
8. Некоторые вопросы по созданию устройства управления светодиодами на микроконтроллере msp430	Григорчук А.В. ....	30
9. Проблемы и направления развития электроники	Зубарев А.В. Рук. Еременко В.Т... ..	32
10. Приборно-технологическое моделирование влияния ширины вертикальной части стока кремниевого вертикального дмпотранзистора на его выходное сопротивление	Рогов А.П., Рук. Турин В.О. ....	37
11. Применение нелинейной радиолокации при обеспечении информационной безопасности	Воробьев Е.В., Доманов А.О., Рук. Донцов В.М. ....	42
12. Применение оптопар в промышленности	Лазутин И.А. ....	44
13. Твердотельные реле	Котов А.А. ....	47

### Секция «Приборостроение»

1. Автоматизация взвешивания изделий пищевого назначения, выпекаемых в печи	Тимошенко А.А. Рук. Суздальцев А.И.....	54
2. Виды радиолокации	Анцифоров И.А. Решетников А.Е. ....	57
3. Разработка и исследование конструкции индивидуального автоматического регулятора для систем газоснабжения зданий промышленного и гражданского назначения	Шорин К.Д., Рук. Петров С.П. ....	61
4. Система кардиологической экспресс-диагностики состояния организма на базе смартфона	Булгакова Н.В., Ларионов С.М., Пиратинский Е.Н., Рук. Андреев В.Г. ....	65
5. Разработка системы управления вентиляцией покрасочной камеры	Чернов И.А., Рук. Фёдоров Т.В. ....	68
6. Разработка робота на основе ультразвукового дальномера	Ташев А.А., Рук. Фёдоров Т.В. ....	71
7. Конструирование RFID системы	Дудкин И.А., Рук. Фёдоров Т.В.....	76

### Секция «Конструирование и технология электронных средств»

1. Анализ работы стабилизатора напряжения	Калашников И.С., Фролов В.И. Рук. Лобанова В.А. ....	80
2. Аппаратная реализация алгоритма работы устройства управления временными параметрами	Серегин А.....	83

3. **Современные методы компоновки печатных плат с учётом электромагнитной совместимости** Сущенко Н.В..... 85
4. **О применении технологических образцов космических бортовых приборов** Шаталов А.Е., Ставцева А.Г. .... 89
5. **Особенности конструирования и технологии толсто пленочных ГИС.** Гришин В.О., Фатеев А.А., Рук. Лобанова В.А..... 93
6. **Поиск закономерностей распределения оценок среднего квадратического отклонения светимости удаленных радиообъектов** Журиков А.С., Рук. Варгашкин В.Я..... 96

### **Секция «Телекоммуникации, интеллектуальные сети»**

1. **Алгоритм принятия решения о наличии анизотропии скорости расширяющейся вселенной оптическим методом** Рожков Е.Г., Рук. Варгашкин В.Я. .... 99
2. **База данных астрометрии квазаров с позиции теории принятия решений о крупномасштабных неоднородностях вселенной** Рогов А.П., Рук. Варгашкин В.Я. . 103
3. **Виртуальные защищенные сети VPN** Масалыгин К.К. .... 108
4. **Задача проектирования адаптивных механизмов управления развивающейся организации.** Лобанова Н.Г. .... 112
5. **Использование нечеткого когнитивного моделирования для осуществления информационного аудита организации** Рытов М.Ю., Ковалев П. А. .... 120
6. **Методика принятия решения об анизотропности космологического расширения на основе астро- и фотометрии квазаров** Скукина А.В., Рук. Варгашкин В.Я..... 124
7. **Методика принятия решения о присутствии колебательного тренда у хаббловского потока на основе оптических измерений** Варгашкин В.Я. .... 130
8. **О реализации беспроводной технологической сети связи участка промышленного предприятия** Сконодобов Г.В. .... 134
9. **Сравнительный анализ алгоритмов и профилей сжатия сигналов в компьютеризированных системах контроля и диагностики технических объектов** Веремчук В.А., Черепков В.В., Рук. Тютякин А.В. .... 136
10. **Smart Grid: перспективы развития и проблемы внедрения** Шанцев В.В. .... 143

### **Секция «Научная работа школьников в области радиоэлектроники» (школа в рамках конференции)**

1. **Изучение устройства когерера. Демонстрация опыта** А.С. Попова Шульгин Д.Ю. 147
2. **Вклад Жореса Алфёрова в физику полупроводников** Егорова Юлия ..... 149

# СЕКЦИЯ «ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА»

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕРКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОПАР

Болычев В.А., магистрант каф. ЭВТИБ, vladbolych@gmail.com  
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК» г. Орёл

Наиболее распространенной проблемой в производстве оптопар является проверка динамических характеристик. Достижение высокой надежности в процессе передачи сигнала это результат введения в производство оптопар отечественных и международных стандартов. С целью автоматизации проверки динамических параметров предлагается приставка к сортировщику МС и ПК для контроля временных параметров в соответствии с международными и Российскими стандартами.

Параметры сигнала при проверке временных характеристик описаны в Российском стандарте ГОСТ 24613.9, зарубежном JESD77D [4]. Наиболее подробно измерение времени включения, времени выключения, длительности импульса, задержек описано в ГОСТе [1]

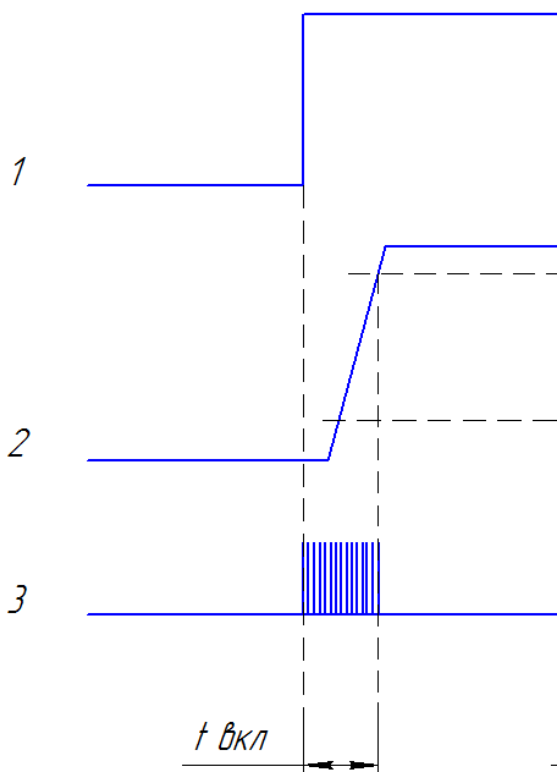


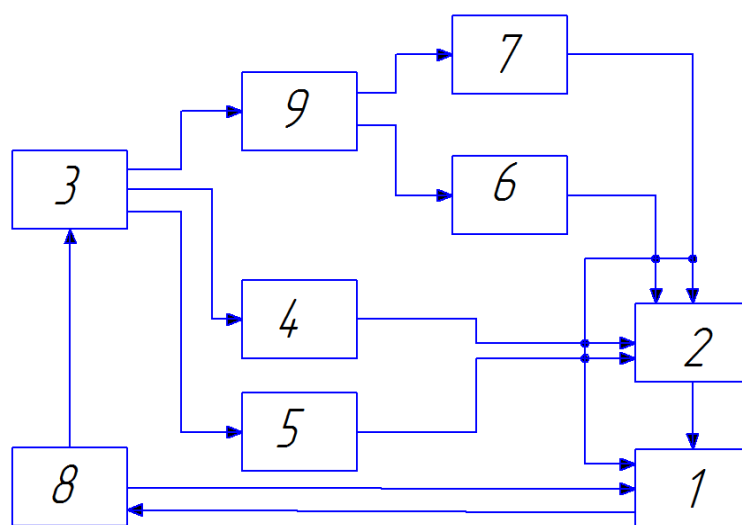
Рисунок 1 - Схема автоматического измерения времени включения  $t_{вкл}$  и времени выключения  $t_{выкл}$

Для проверки временных параметров применяются принцип временных разверток, неосциллографический принцип, стробоскопический принцип, интегральный принцип, принцип временной трансформации, методы двойного преобразования, принцип компенсации, принцип расширения импульсов, принцип стробирования и принцип отсчета. Для проверки динамических режимов в автоматическом измерении наиболее подходят неосциллографический, интегральный принцип и принцип временной трансформации. [3]

На основе этих принципов и построен блок измерения временных параметров. При срабатывании генератора импульсов, по фронту входного сигнала, включается ВЧ генератор и запускается счетчик импульсов. ВЧ генератор генерирует импульсы известного периода, а счетчик считает их. При достижении уровня 0,9 выходного сигнала срабатывает компаратор настроенный на этот уровень, который

останавливает счетчик и ВЧ генератор.

По спаду импульса с генератора срабатывает компаратор который включает ВЧ генератор и счетчик импульсов. По уровню 0,1 спада выходного сигнала компаратор который останавливает счетчик и ВЧ генератор.



1-Счетчик импульсов

2-ВЧ генератор

3-Генератор импульсов

4-Компаратор срабатывающий по фронту импульса с ГИ

5- Компаратор срабатывающий по спаду импульса с ГИ

6- Компаратор срабатывающий по уровню 0.9 фронта импульса с выхода МС

7- Компаратор срабатывающий по уровню 0.1 спада импульса с выхода МС

8-Микроконтроллер

9-Выход оптопары

Рисунок 2 – Структурная схема автоматического измерения временных параметров.

Структурная схема блока измерения временных характеристик приведена на рисунке 2. Эта схема дает представление о внутреннем устройстве блока измерения.

Генератор импульсов вырабатывает импульсы прямоугольной формы, которые подаются на вход микросхемы (рисунок 1, фигура 1). Входной импульс имеет максимально быстрое время нарастания и время спада. Время фронта и время спада считаем, что она пренебрежимо мало и срабатывание компараторов которые настроены на включение высокочастотного генератора и счетчика импульсов. ВЧ генератор начинает генерировать максимально короткие импульсы известного периода (рисунок 1, фигура 2). При достижении уровня 0,9 выходного сигнала (рисунок 1, фигура 2) срабатывает компаратор, который останавливает счетчик импульсов и ВЧ генератор. Количество импульсов, посчитанное счетчиком умножается на известный период импульса микроконтроллером и получается время включения оптопары. Для измерения времени выключения по спаду входного импульса срабатывает компаратор, который включает ВЧ генератор и счетчик импульсов. При достижении уровня 0,1 спада выходного сигнала срабатывает компаратор, который останавливает ВЧ генератор и

счетчик импульсов. Количество импульсов, посчитанное счетчиком умножается на известный период импульса микроконтроллером и получается время выключения оптопары. [2,3]

Данный блок измерения является существенным помощником в сфере измерения временных параметров оптопар. Диапазон и методы измерения соответствуют ГОСТам и большинству зарубежных стандартов и методик проверки. Блок проверки временных параметров может использоваться как в лабораторных условиях, так и в массовом производстве оптопар. Он позволяет с высокой скоростью и точностью определить все необходимые параметры сигнала.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ 24613.9 – 83 Микросхемы интегральные оптоэлектронные и оптопары. Метод измерения временных параметров.
2. Гребнев А.К., Оптоэлектронные элементы и устройства / А.К. Гребнев, В.Н. Гридин, В.П. Дмитриев; Под ред. Ю.В. Гуляева. – М.: Радио и связь, 1998. – 336 с
3. Сапрыкин В.С. Измерение динамических параметров интегральных схем. – М: «Советское радио», 1979, 104с.
4. JESD77D Terms, Definitions, and Letter Symbols for Discrete Semiconductor and Optoelectronic Devices.

### **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Гончаров М.И., Пензев В.О., гр. 31-КЭ  
Рук. Воронина О.А. доцент каф. ЭВТИБ,  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» г. Орёл

Твердотельное реле (solidstaterelay), оптоэлектронное реле, полупроводниковое реле – этими терминами обозначается большой класс модульных полупроводниковых приборов, выполненных по гибридной технологии, содержащих в своем составе мощные силовые ключи на транзисторах или на тиристорных (симисторных) структурах, а также оптронную схему управления. Эти устройства сокращенно называют ТТР (SSR), так как они с успехом могут использоваться для замены традиционных электромагнитных реле во многих случаях. Низковольтная часть реле с оптронной схемой выполняет роль катушки обычного электромагнитного реле, а высоковольтный полупроводниковый ключ подобен силовым контактам электромагнитного реле. Оптронная схема обеспечивает электрическую изоляцию между управляющей и силовой частью до нескольких тысяч вольт [1]. Так как твердотельные реле являются полупроводниковыми приборами, то их коммутирующим элементом выступает один из типов полупроводниковых элементов (таб.1).

Все эти типы приборов имеют совершенно идентичную входную схему, выполненную на основе инфракрасного светодиода, излучение которого обес-



печивает включение соответствующего силового элемента через специальную фоточувствительную схему, причём для тиристорно-симисторных и MOSFET-IGBT реле применяются разные схемы. Цепи управления светодиодом выполнены или на резисторе соответствующего номинала или с применением токового стабилизатора. Типичный ток управления твердотельным реле – 10-15 мА, что на порядок меньше тока управления электромагнитного реле. Различные типы приборов могут управляться (как и электромагнитные реле) как постоянным, так и переменным напряжением.

Таблица 1 - Типы полупроводниковых элементов

Элемент	Пиковое напряжение, В	Рабочий ток, А	Устойчивость	Применение
Симистор	До 800	До 25	Низкая устойчивость к скоростям нарастания тока и напряжения	коммутация цепей переменного тока
Пара встречноключённых тиристоров	До 1200	До 250(для монолитного модуля) До 5000(для специального исполнения)	Высокая устойчивость к скоростям нарастания тока и напряжения	коммутация цепей переменного тока
Полевой транзистор	До 600	До 200		коммутация цепей переменного тока
IGBT	До 1200	До 250(для монолитного модуля) До 2000(для специального исполнения)		коммутация цепей переменного тока

В части коммутируемой цепи реле различия между электромагнитными и твердотельными реле принципиальны. Коммутирующий элемент электромагнитного реле — металлическая перемычка, через которую может протекать как постоянный, так и переменный ток величины, соответствующей предельной мощности реле. Главные проблемы электромагнитных реле — быстрый износ механического коммутирующего элемента (лучшие реле обеспечивают до 1 миллиона срабатываний, 3 миллиона – реле специального исполнения для аэрокосмических применений), «пригорание» контактов реле, вследствие неизбежно возникающей при размыкании дуги, а следовательно, большая вероятность отказа в процессе работы. Как и электромагнитные реле, реле твердотельные могут быть как нормально разомкнутыми, так и нормально замкнутыми, в одной или несколькими группами контактов, в том числе для коммутации трёхфазных цепей (трёхфазный контактор) и реверсивного управления электродвигателями (реверсивное реле). Полупроводниковые коммутирующие элементы, в отличие от контактов электромагнитного типа, имеют существенные ограничения, связанные с предельными значениями напряжений токов, скоростей их изменения, утечками в выключенном состоянии. Однако правильное понимание

процессов, происходящих в электронном реле, и их учет для конкретной технической ситуации позволяет строить системы на твердотельных реле с высокой степенью надежности и качества. Для понимания процессов, обеспечивающих надежное функционирование твердотельных реле, остановимся на системе параметров этих приборов, способах их обеспечения на примере реле переменного тока, выпускаемых ЗАО «Протон-Импульс» [2]:

1. Твердотельное реле обеспечивает надежную электрическую изоляцию входных и выходных электрических цепей друг от друга, а также токоведущих цепей от элементов конструкции прибора. Это показатель определяется тремя параметрами, нормируемыми в ТУ на приборы:

*Сопротивление изоляции*, определяющее максимально возможную утечку по элементам конструкции при испытательном напряжении 500 В. Для твердотельных реле эта величина составляет  $10^9$  Ом.

*Напряжение изоляции*, определяющее электрическую прочность элементов конструкции реле. Для твердотельных реле гарантируется отсутствие пробоя для напряжений до 2500 В переменного тока в течение 1 минуты.

*Трекингостойкость*, определяющая способность материала конструкции реле к образованию поверхностных токоведущих мостиков при работе в агрессивных средах. За счет монолитной конструкции и применения специальных стеклонеполненных пластиков, твердотельные реле имеют нулевой показатель трекингостойкости.

2. Параметры цепи управления:

Входное напряжение в зависимости от модификации прибора составляет:

- группа А – 3-30 В постоянного тока (для реле переменного тока по коммутируемой цепи); 4-10 В (для реле постоянного тока);
- группа Б – 6-30 В переменного тока (среднеквадратическое значение);
- группа В – 90-280 В переменного тока (среднеквадратическое значение).

При этом входной ток цепи управления во всем диапазоне температур эксплуатации ( $-40... +80$  °С) не превысит 25 мА.

Реле будет иметь корпус, который по маркировке ЗАО «Протон-Импульс» имеет код «И». Это корпус SIP с размерами 10,5x43,2x26,4 мм.

Для герметизации реле необходим компаунд, который должен обладать следующими свойствами:

- негорючесть;
- высокие электрическую прочность;
- высокая теплопроводность;
- широкий температурный диапазон;
- низкая стоимость.

Этим требованиям отвечает компаунд «СИЛЭК-1» НГ ТУ2257-001-40233984-98.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005.

2. Силовые полупроводниковые приборы ЗАО «Протон-Импульс» [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.kite.ru/assets/files/pdf/2004\\_08\\_74.pdf](http://www.kite.ru/assets/files/pdf/2004_08_74.pdf)

## АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО РЫНКА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Калашников И.С.  
Госуниверситет- УНПК Группа 31-КЭ  
Рук. Лобанова В.А.

В настоящее время в России серийно производятся оптопары и оптоэлектронные реле в пластмассовых корпусах DIP и DIPSMMD с числом выводов 4, 6 и 8 и шагом между выводами 2,5 мм. ОАО «Протон» является крупнейшим производителем изделий оптоэлектронной техники, производит широкий спектр оптронов и твердотельных реле с оптической развязкой, полупроводниковых светоизлучающих диодов. В связи с тенденцией миниатюризации электронной аппаратуры и переходом на автоматизированный монтаж компонентов на поверхность печатных плат на российском рынке, начиная с 2001 года, растет потребность в оптоэлектронных микросхемах (ОЭ-микросхемах) в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа типа SOP и SOIC. Эта потребность оценивается сейчас в 5 млн штук в год. Пока она удовлетворяется поставками зарубежных компонентов, в основном из Юго-Восточной Азии, где есть как собственное производство, так и заводы известных мировых производителей.

В России ОЭ-микросхемы в подобных корпусах серийно не выпускались до 2005 года. А затем началась реализация проекта по освоению производства оптореле и оптопар в миниатюрных корпусах типа SOP и SOIC. Эти корпуса имеют шаг выводов 2,54 мм (SOP) и 1,27 мм (SOIC) и значительно меньшие габариты по сравнению с корпусами DIP и DIPSMMD: 4,3×4,4 мм — SOP4, 9,38×4,4 мм — SOP8 при высоте 2 мм (рис. 1) [1].

Благодаря оптической развязке между входной управляющей цепью и выходным каскадом достигается полная гальваническая развязка по напряжению между входом и выходом.

Выходные каскады всех поставляемых оптореле выполнены на МОП-транзисторах, в результате чего характеристики этих реле для коммутации аналоговых сигналов лучше, чем у оптореле с тиристорными или биполярными ключами. По сравнению с тиристорным выходом МОП-ключ обладает линейной зависимостью тока от напряжения во включенном состоянии, причем падение напряжения на ключе составляет 0,5 В. Выходной ключ на основе сдвоенного МОП-транзистора обеспечивает двунаправленное переключение нагрузок и допускает работу с переменным током. Условные электрические схемы оптоэлектронных (твердотельных) реле приведены на рис. 2.

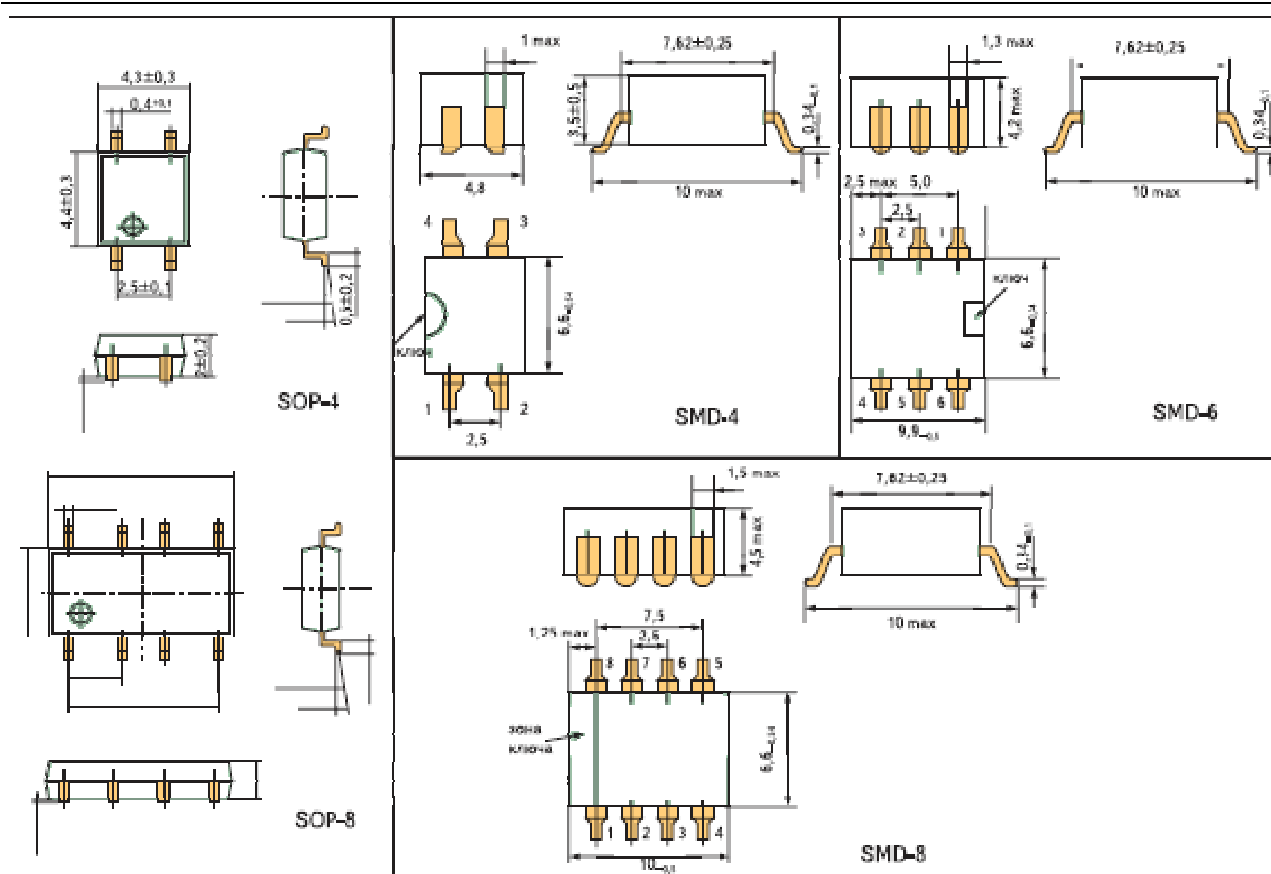


Рисунок 1- Чертежи корпусов DIP, SMD , SOP

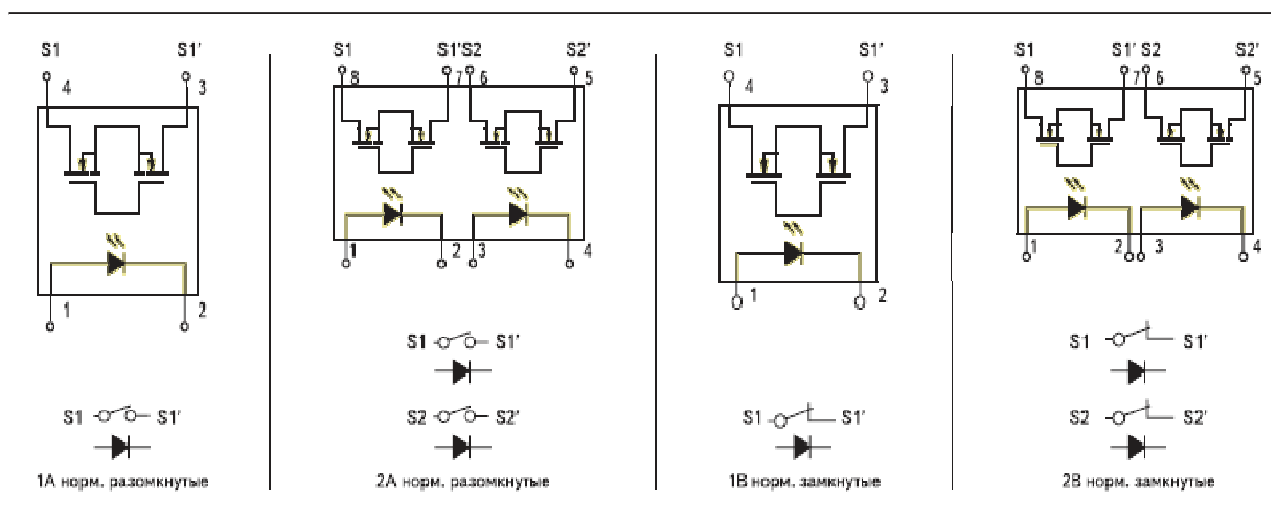


Рисунок 2 - Условные электрические схемы оптоэлектронных реле

Оптореле в корпусах SOP производства России соответствуют европейской директиве бессвинцовой технологии (RoHS). При этом цены российских оптореле ненамного выше цен электромагнитных и герконовых реле, а также сопоставимы (а по некоторым позициям даже ниже) с ценами зарубежных аналогов (\$0,3–1,5 в зависимости от типа оптореле).

Применение твердотельных реле в корпусах SOP в телекоммуникационной технике позволяет уменьшить массо-габаритные показатели за счет уменьшения и уплотнения печатных плат, что особенно важно в носимой аппаратуре.

Малый вес и размеры наряду с повышенной стойкостью к ударам, вибрации, температуре окружающей среды и влажности делают эти реле идеальными для использования в бортовой аппаратуре, а также в приборах железнодорожной связи и автоматики.

В последнее время твердотельные реле широко применяются в телефонии — как на самих АТС в качестве прямой замены электромагнитных реле, так и в устройствах абонентской связи, таких как телефонный аппарат, таксофон, факс, модем (в схемах поднятия трубки, подачи вызывного сигнала, импульсного набора номера). Именно электромагнитные реле в таких устройствах наиболее подвержены выходу из строя.

При переходе на твердотельные реле не только повысится надежность устройства, но и понадобится меньше компонентов для схемы, а именно:

исключается цепь для борьбы с дребезгом контактов (R1C1);

нет необходимости в предохранительных резисторах R2 и R3, благодаря токоограничивающим свойствам оптореле, что является наиболее важным преимуществом, так как в результате перенапряжения, например при грозовом разряде, предохранительные резисторы в ТА или модеме с механическим реле перегорают, что неизбежно потребует ремонта; при использовании твердотельного реле такой проблемы не возникает.

В числе других преимуществ такой замены — экономия места на печатной плате (особенно при применении оптореле и оптопары в одном корпусе TR115F1), а также экономия средств примерно на 15% (при больших объемах производства).

Основные области применения оптореле и их электрические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1- Применение оптореле в корпусах SOP

Наименование	Тип корпуса	Основные электрические характеристики				Область применения
		U <sub>ком</sub> , В AC / DC	I <sub>вых</sub> , мА AC / DC	R <sub>оп</sub> , Ом	Схема оптореле	
PRAB30S	SOP4	400	100	244	1A	Телекоммуникации, связь, системы безопасности
PRAB31S	SOP4	350	120	17	1A	
PRAG71S	SOP4	400	100	20	1B	
PRAC30S	SOP8	400	85	24	2A	
PRAC31S	SOP8	350	100	17	2A	
PRAH71S	SOP8	400	60	20	2B	
PRAK74S	SOP8	400	80(нр), 60(нз)	20	1A+1B	
TR115F1	FLATPACK	400	120	17	1A+ оптопара	Промышленная автоматика, контроллеры, контрольно-измерительные приборы
PRAB34S	SOP4	200	180	6	1A	
PRAB37S	SOP4	60	350	0,8	1A	
PRAG71S	SOP4	200	100	13	1B	

PRAC34S	SOP8	200	160	6	2A	ры и оборудование , интерфейсные устройства, системы безопасности
PRAC37S	SOP8	60	320	0,8	2A	
PRAH72S	SOP8	200	80	13	2B	

## ЛИТЕРАТУРА

1. DIP (Dual In-line Package, также DIL) - тип корпуса микросхем, микросборок [Электронный ресурс ]. –Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DIP>. –Заглавие с экрана.- (Дата обращения: 02.04.2015).
2. Транзисторные оптроны в корпусе DIP. Параметры, цоколевка [Электронный ресурс ]. –Режим доступа: <http://eschema.ru/?p=4500>. –Заглавие с экрана.- (Дата обращения: 02.04.2015).
3. Оптореле , оптроны . Поверхностный монтаж в SOPкорпусах [Электронный ресурс]. –Режим доступа: [http://www.promelec.ru/pdf/catalog SOP.pdf](http://www.promelec.ru/pdf/catalog%20SOP.pdf) . –Заглавие с экрана.- (Дата обращения: 02.04.2015).

## АНАЛИЗ РЫНКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛОМОЩНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Кашин Е.М. магистрант  
Руководитель проф. Лобанова В.А.  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК», г. Орёл

*В данной статье автор проводит исследование рынка и осуществляет сравнение наиболее важных технических особенностей маломощных импульсных источников вторичного электропитания (ИВЭП), представленных на мировом и российском рынке. Проводится обзор и сравнение ШИМ микросхем DC/DC конвертирования различных производителей. Приводится анализ современной российской элементной базы для построения ИВЭП. Применение полученных сведений позволит разработать конкурентоспособный и востребованный на отечественном рынке импульсный ИВЭП.*

*Ключевые слова: источник вторичного электропитания; ШИМ микросхемы DC/DC конвертера.*

Целью исследования рынка и технологических особенностей микросхем маломощных ИВЭП являются:

Поиск аналогов, отвечающих техническим требованиям на разрабатываемое устройство;

Сравнение технологических особенностей повышающих DC/DC преобразователей;

Поиск и сравнение ШИМ микросхем для повышающих DC/DC преобразователей;

Выбор оптимальных технологических параметров преобразователя для выхода на рынок источников вторичного электропитания.

Первоначальные технические требования: источник вторичного электропитания должен выполняться в герметизированных металлических/металлостеклянных корпусах, должен иметь номинальную выходную мощность до 20Вт, рабочий температурный диапазон от минус 60 до +85, входное номинальное напряжение 5, 12, 24, 27В.

### Конструктивные исполнения ИВЭП

В процессе поиска ИВЭП был произведён анализ рынка повышающих DC/DC преобразователей [1],[2]. Были оценены параметры источников питания различных производителей: ЗАО "НПП", Александр Электрик Дон, СКТБ РТ, SynQor, ЭлТом, TRACO POWER, RECOM, Internationa Rectifier. Технологические параметры рассмотренных преобразователей приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Таблица 1 – Технологические параметры преобразователей

Производитель	ЗАО "НПП"	Александр Электрик Дон	СКТБ РТ
Название	ВМПЗ	МДМ-3В	ИВЭП27
Ном. вых. мощность	3Вт	3Вт	до 5Вт
Ном. вых. напряжение	5; 12; 15; 27; 9; 24; 6,2В	5; 12; 15; 24; 27В	2,5; 3,3; 5; 6; 9; 12; 15; 24; 27; 36В
Ном. вх. напряжение	18...36В; 9...18В	10,5...18; 10,5...36; 17...36; 36...75; 18...75В	10...17; 17...36В
Пульсации вых. напр.	±100мВ	<2% U <sub>вых.ном.</sub>	±0,05-0,2В
Раб. температура	минус 60...+70	минус 50...+90;	минус 60...+85
Габаритные размеры	32 х 20 х 11мм.	40 х 20 х 10мм	40 х 35 х 8мм
Масса	не более 15г	22г	не более 38г

Таблица 2 – Технологические параметры преобразователей.

Производитель	ЭлТом	TRACO POWER	SynQor
Название	МП05	TEN 6N	MQSA-28-05S
Ном. вых. мощность	5Вт	6Вт	5Вт
Ном. вых. напряжение	3,3; 5; 9; 12; 27В	3,3; 5; 12; 15; 24; ±5; ±12; ±15В	5; 12; 15; 28В
Ном. вх. напряжение	18...36В	9...18; 18...36; 36...75В	16-40В
Пульсации вых. напр.	не более 50мВ	±1%	±2%
Раб. температура	минус 60...+100	минус 40...+85	минус 55...+125
Габаритные размеры	61 х 34 х 12мм	32 х 20 х 10мм	27 х 27 х 7мм
Масса	не более 55г	16,9г	14,8г

Анализ рынка ШИМ микросхем для повышающих DC/DC преобразователей.

В ходе анализа рынка были оценены ШИМ - микросхемы топологий: повышающий (Step-Up, Boost), обратногоходовой (flyback), прямоходовой (forward)

преобразователи. Контроллер должен быть изолированным. Результаты проведенного исследования представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Технологические параметры преобразователей

Производитель	Александр Электрик	International Rec- tifier	RECOM
Название	TKJ10D	AMA28	RPP20-S_D
Ном. вых. мощность	5, 8, 10Вт	5	20Вт
Ном. вых. напряжение	5; 9; 12; 15; 24В	+5, +12, +15В	3.3, 5, 12, ±12, 15, ±15, 24, ±24В
Ном. вх. напряжение	10,5-18В; 18-75В	16-40В	9-18, 18-36, 36-75 В
Пульсации вых. напр.	<2% U <sub>вых.ном.</sub>	±10мВ	±1,5%
Раб. температура	минус 60...+85;	минус 55...+125	минус 45...+100
Габаритные размеры	32 x 20 x 11мм	28.7 x 28.7 x 8.3	41 x 26 x 12мм
Масса	10г	32г	26г

Таблица 4 – Анализ рынка ШИМ – микроконтроллеров

Произво- дитель	Назва- ние	Тополо- гия	Vin min	Vin ma x	Час- тота max	Раб. темп	Корпус	Размер
			V	V	kHz	°C		mm
Maxim Integrated	MAX177 1	Boost	2	16	300	-40 to 85	SO-8 PDIP-8 CDIP-8	4.9 x 3.9 10.2 x 6.6 9.6 x 7.62
Maxim Integrated	MAX507 0	Flyback	3	30	1000	-40 to 125	SO-8 µMAX-8	4.9 x 3.93 3 x 5
Maxim Integrated	MAX668	Step-Up, Flyback	1.8	28	500	-40 to 85	µMAX- 10	3 x 5
ON Semicon- ductor	CS5124	Forward or Flyback	7.7	20	400	-40 to 85	SOIC-8	5 x 4
ON Semicon- ductor	UC3844B NG	Boost, Flyback	10	30	275	0 to 70	PDIP-8 SOIC-14 SOIC-8	10.2 x 6.6 8.8 x 4 5 x 4
ON Semicon- ductor	NCP1294	Boost, Flyback, Forward	3	15	1000	-40 to 85	SOIC-16 TSSOP- 16	10 x 6.2 5.1 x 6.4
Microsemi	SG 1843	Flyback	7.6	30	500	-55 to 125	8-CDIP	9.6 x 7.62
Farchild	FAN6224	Flyback	10	37	140	-40 to 105	SOIC-8	5.0 x 6.2
ЗАО «Крем- ний ЭЛ» г. Брянск	Серия 1319EY	Flyback, Forward	8	—	1000	-60 to 125	HO2.8- 2B	6,5 x 15
ОАО «Завод «Транзистор» г. Минск	Серия 1114ИМ	Flyback, Forward	10	—	400	-60 to 125	HO2.8- 2B	6,5 x 15



**Выводы и заключения:**

При разработке источников питания необходимо учитывать высокую конкуренцию в этом сегменте рынка. В разработках необходимо обращать внимание на следующие факторы:

1. Стараться «выжимать» максимальную удельную мощность источника питания при малых габаритных размерах корпуса изделия.
2. Наличие сервисных функций, таких как наличие сигнала «Напряжение в норме» и т.д.
3. Наличие вывода «Синхронизация», обеспечивающего работу при параллельном включении источников питания и повышающего его выходную мощность.
4. Минимум внешних элементов обвязки.
5. Максимальное использование схем защит в конструкции: защита от повышенного и пониженного входного напряжения, защита от превышения выходного напряжения, защита от КЗ в нагрузке, защита от тепловой перегрузки, защита от обрыва цепи обратной связи и т. д.

Основной трудностью при разработке источников питания является крайне скудная номенклатура контроллеров отечественного производства с приёмкой «5». Более подходящая микросхема является серия 1319ЕУ... Но и она требует большого количества внешних элементов.

Анализ зарубежного рынка источников питания показывает, что во всех источниках такого типа в качестве фильтров выходного напряжения и не только применяют керамические конденсаторы. Это связано с тем, что применение керамических конденсаторов имеет множество преимуществ:

1. Лучшая устойчивость к перегрузкам по напряжению.
2. Лучшая временная стабильность параметров.
3. Более низкое эквивалентное сопротивление конденсаторов в широком диапазоне частот и как следствие низкие пульсации выходного напряжения.
4. Низкие токи утечки, не увеличивающиеся со временем.

Также сложности возникают с применением керамических конденсаторов ЧИП исполнения отечественного исполнения с приёмкой «5», которых на рынке попросту нет для применения в качестве фильтров.

При разработке источников питания необходимо ориентироваться на следующие параметры:

- номинальное входное напряжение 24В, 27В, 48В.
- диапазон переходного отклонения от 8В до 72В (уточняется в процессе ОКР на каждое исполнение), переходное отклонение напряжения согласно ГОСТ 19705-89.
- напряжение пульсаций не более 2% от выходного напряжения.
- диапазон рабочих температур от минус 60°C до +85°C без снижения выходной мощности.

Анализ показывает, что доля импортных электронных компонентов (в частности пассивных) в российском кластере приборостроения ещё очень велика. Пока при разработке источников питания, без применения импортной комплектации не обойтись, что может повести за собой некоторые ограничения на при-

менение в изделиях специального назначения. Поэтому в настоящее время остро встаёт вопрос о импортозамещении пассивных компонентов и разработки микросхем контроллеров с минимальными схемами дополнительной обвязки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Костиков, В.Г.. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для ВУЗов. [Текст]/ В.Г. Костиков — М.: Горячая линия — Телеком, 2001. — 344 с. — 3000 экз. — ISBN 5-93517-052-3.

2 Ефимов, И.Е. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. [Текст]/ И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов - М.: Высшая школа, 1986.-464 с.

## **БЛОКИ ПИТАНИЯ И ДРАЙВЕРЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ**

Клиндухов А.С. гр. 31-КЭ  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет –УНПК»

В наше время существует множество систем искусственного освещения. Это разнообразие присутствует и в мире электрических приборов: лампы накаливания, галогенные лампы, светодиодные лампы и светодиоды. В этой статье я проведу краткий обзор, посвященный одним из самых распространённых и перспективных направлений в искусственном освещении – светодиодах и их блоках питания.

Для увеличения срока службы светодиодов и малого энергопотребления необходимо использование специальных блоков питания.

Блоки питания для светодиодов по сфере применения делятся на 3 группы:

1. внешние блоки питания для низковольтных светодиодных ламп и светильников;
2. блоки питания, встроенные в светодиодные светильники;
3. блоки питания, встроенные в светодиодные лампы.

В свою очередь, внешние блоки питания делятся на две категории: блок питания, идущий в комплекте со светильником, и продающийся отдельно от светильника.

Блок питания - это источник напряжения (constant voltage). Драйвер - источник тока (constant current). Нагрузка - то, что мы подключаем к блоку питания или драйверу. От ряда факторов зависит падение напряжения на светодиоде белого свечения, но в среднем это составляет около 3,5 В. Более важным фактором для светодиода считается сила тока, который через него протекает, чем подводимое к нему напряжение. Соответственно, блок питания, встроенный в светодиодную лампу или светильник, теоретически должен стабилизировать именно ток. Но на практике стабилизаторы тока используются крайне редко. Причина в том, что для каждого типа светодиода существует свое опти-

мальное значение силы тока. Это предполагает разработку и выпуск блоков питания индивидуально для каждого светильника, что невыгодно по экономическим соображениям. Гораздо более распространено использование массово выпускаемых блоков питания с выходным напряжением из стандартного ряда (наиболее распространенные значения — 12; 24; 36; 48; 54 и 72 В). Значение силы тока устанавливается токоограничительными резисторами, включенными последовательно с цепочками светодиодов. При этом приходится мириться с потерями в токоограничительных резисторах.

Светодиоды в светодиодных светильниках объединяются в последовательные цепочки. Если из строя выйдет один светодиод, то из строя выйдет вся цепочка. А если светодиоды соединить параллельно, то увеличится ток, протекающий через них. При большом токе технически трудно добиться высокого КПД блока питания. Из-за этого приходится идти на компромисс, и светодиоды соединяют в цепочки. Обычно напряжение питания лежит в пределах 12 – 72 В. Эти цепочки в дешевых светильниках объединяются параллельно через токоограничительные резисторы. При разрыве одной из цепочек сила тока, протекающая через другие цепочки, увеличивается, что может привести к их выходу из строя. Для светильников более сложной конструкции используют многоканальный блок питания, где каждая цепочка питается от своего канала. И если одна из цепочек светодиодов обесточена, то режим работы остальных цепочек не изменится.

Часто прибегают к использованию внешних блоков питания в следующих ситуациях:

- использование светодиодных ламп наподобие MR16 (стандартный типоразмер галогенных ламп накаливания с отражателем);
- особые требования по безопасности (например, защита от влаги);
- дизайн светильника не позволяет поместить блок питания внутри корпуса;
- используется светодиодная лента.

Светодиодные лампы MR16 выпускаются как аналоги низковольтных галогенных ламп. В маркетинговых целях производители светодиодов предлагают заменить галогеновые лампы в уже существующих инсталляциях на светодиоды. В руководстве по эксплуатации ламп можно встретить рекомендацию, где предлагается использовать специализированные блоки питания для светодиодных ламп. Чтобы обеспечить яркий свет и устойчивую работу, необходимо использовать специально спроектированный блок питания для светодиодного освещения. При замене галогенных ламп MR16 на светодиодные можно использовать имеющуюся арматуру для крепления и проводку, но трансформатор придется поменять на блок питания для светодиодных ламп.

Для светодиодных лент существует три основных вида блоков питания:

- блоки питания в пластиковом корпусе;
- блоки питания в металлическом корпусе;
- блоки питания герметичные.

Первое, что нужно учитывать при выборе блока питания – это месторасположение светодиодной подсветки. Если это жилое помещение с обычным уровнем влажности, то здесь подойдет как, блок питания в пластиковом, так и в металлическом корпусе.

Негерметичный, в пластиковом корпусе малой и средней мощности блок питания имеет небольшие размеры, низкую стоимость, идеален для использования внутри помещений в качестве источника питания небольших отрезков светодиодных лент. Используются они для подсветки мебели и другой интерьерной подсветки, а также для питания настенных и настольных светодиодных светильников и других бытовых применений.

Если же это уличная подсветка фасада либо рекламы, то выбирать необходимо герметичный блок питания. Герметичный блок питания имеет широкий диапазон рабочих температур: от -40 до +105 в зависимости от корпуса. Его корпус защищен от пыли и влаги, можно использовать как внутри, так и снаружи помещений.

Второе – это то, что каждый блок питания рассчитан на определенное напряжение, силу тока и мощность. Блок питания для светодиодной ленты имеет выходное напряжение 12 или 24 В, в зависимости от типа ленты. RGB-лента, как правило, питается от трехканального контроллера, который может быть совмещен с блоком питания.

На протяжении нескольких лет серийно выпускаются светодиодные лампы, напрямую питающиеся от напряжения 220 В переменного тока без использования блока питания. Но по своим параметрам они уступают традиционным. Такие лампы используют для освещения лестничных клеток подъезда, холлов офисов. А для освещения высокоточных производств их использовать невозможно. Из-за этого большинство светодиодных ламп со стандартными цоколями, питающихся от 220 В, выпускаются со встроенными блоками питания.

В декоративных светодиодных лампах стабилизатор и электронный трансформатор в блоке питания отсутствуют, если они мощностью менее 2 Вт. Все светодиоды в такой лампе соединены последовательно и подключены к выпрямителю через токоограничительный резистор. Выпрямитель напрямую подключается к сети 220 В. В недорогих лампах излишки напряжения гасятся резисторами. Недостаток такой схемы – это низкий КПД. В более дорогих лампах излишки напряжения гасятся специальной цепью из резисторов и конденсаторов, КПД будет повыше, но снижается коэффициент мощности.

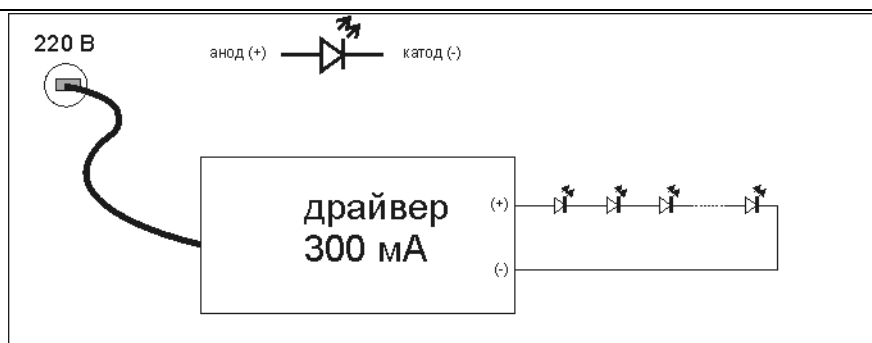
В лампах мощностью 2 Вт и более используется полноценный блок питания, собранный на одной микросхеме и нескольких других деталях. Его КПД может достигать 80%. Малые размеры используемых компонентов обуславливают относительно низкое напряжение пробоя и, как следствие, низкую устойчивость таких светодиодных ламп к броскам напряжения в сети.

В общем случае драйвер - это источник тока для светодиодов. Для него обычно не бывает параметра "выходное напряжение". Только выходной ток и мощность. Впрочем, вы уже знаете, как можно определить допустимое выходное напряжение - делим мощность в ваттах на ток в амперах.

На практике это означает следующее. Допустим, параметры драйвера следующие : ток - 300 миллиампер, мощность - 3 ватта. Делим 3 на 0,3 - получаем 10 вольт. Это максимальное выходное напряжение, которое может обеспечить драйвер. Предположим, что у нас есть три светодиода, каждый из них рассчитан на 300 мА, а напряжение на диоде при этом должно быть около 3 вольт. Если мы подключим один диод к нашему драйверу, то напряжение на его выходе будет 3 вольта, а ток 300 мА. Подключим второй диод последовательно с первым - на выходе будет 6 вольт 300 мА, подключим третий - 9 вольт 300 мА. Если же мы подключим светодиоды параллельно - то эти 300 мА распределятся между ними примерно поровну, то есть примерно по 100 мА. Если мы подключим к драйверу на 300 мА трехваттные светодиоды с рабочим током 700 мА - они будут получать только 300 мА.

Надеюсь, принцип понятен. Исправный драйвер ни при каких условиях не выдаст больше тока, чем он рассчитан - как бы вы не подключали диоды. Надо отметить, что есть драйвера, которые рассчитаны на любое количество светодиодов, лишь бы их общая мощность не превышала мощность драйвера, а есть те, которые рассчитаны на определенное количество - 6 диодов, например. Некоторый разброс в меньшую сторону они, впрочем, допускают - можно подключить пять диодов или даже четыре. КПД универсальных драйверов хуже чем у их собратьев, рассчитанных на фиксированное количество диодов в силу некоторых особенностей работы импульсных схем. Также драйвера с фиксированным количеством диодов обычно содержат защиту от нештатных ситуаций. Если драйвер рассчитан на 5 диодов, а вы подключили три - вполне возможно, что защита сработает и диоды либо не включатся либо будут мигать, сигнализируя об аварийном режиме. Надо отметить, что большинство драйверов плохо переносят подключение к питающему напряжению без нагрузки - этим они сильно отличаются от обычного источника напряжения.

Большинство людей, планирующих использовать светодиоды, совершают типичную ошибку. Сначала приобретаются сами СИД, затем под них подбирается драйвер. Ошибкой это можно считать потому, что в настоящее время мест, где можно приобрести в достаточном ассортименте драйвера, не так уж и много. В итоге, имея на руках возжеленные светодиоды, вы ломаете голову - как подобрать драйвер из имеющегося в наличии. Вот купили вы 10 светодиодов - а драйвера только на 9 есть. И приходится ломать голову - как быть с этим лишним светодиодом. Может быть, проще было сразу на 9 рассчитывать. Поэтому выбор драйвера должен происходить одновременно с выбором светодиодов. Далее, нужно учитывать особенности светодиодов, а именно падение напряжения на них. К примеру, красный 1 Вт светодиод имеет рабочий ток 300 мА и падение напряжения 1,8-2 В. Потребляемая им мощность составит  $0,3 \times 2 = 0,6$  Вт. А вот синий или белый светодиод имеет при таком же токе падение напряжения 3-3,4 В, то есть мощность 1 Вт. Стало быть, драйвер с током 300 мА и мощностью 10 Вт "потянет" 10 белых или 15 красных светодиодов. Разница существенная. Типовая схема подключения 1 Вт светодиодов к драйверу с выходным током 300 мА выглядит так :



У стандартных 1 Вт светодиодов минусовой вывод больше плюсового по размеру, поэтому его легко отличить.

Если речь пойдет о подключении светодиодной ленты или модулей, рассчитанных на 12 или 24 вольта, нужно принимать во внимание, что предлагаемые для них источники питания ограничивают напряжение, а не ток, то есть не являются драйверами в принятой терминологии. Это означает, во первых, что нужно внимательно следить за мощностью нагрузки, подключаемой к определенному блоку питания. Во-вторых, если блок недостаточно стабилен, скачок выходного напряжения может погубить вашу ленту. Слегка облегчает жизнь то, что в лентах и модулях (кластерах) установлены резисторы, позволяющие ограничить ток до определенной степени. Надо сказать, светодиодная лента потребляет относительно большой ток. Например, лента smd 5050, количество светодиодов в которой составляет 60 штук на метр, потребляет около 1,2 А на метр. То есть для запитки 5 метров понадобится блок питания с током не менее 7-8 ампер. При этом 6 ампер потребит сама лента, а один-два ампера нужно оставить про запас, чтобы не перегружать блок. А 8 ампер - это почти 100 ватт. Такие блоки недешевы.

Драйверы более оптимальны для подключения ленты, но найти такие специфические драйвера проблематично.

Подытоживая, можно сказать, что выбору драйвера для светодиодов нужно уделять не меньше, а то и больше внимания, чем светодиодам. Небрежность при выборе чревата выходом из строя светодиодов, драйвера, чрезмерным потреблением и другими неприятностями.

Таким образом, светодиодное освещение несёт в себе и несомненные выгоды и трудности реализации, преодолев которые можно получить простую и экологичную технологию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.magazine-svet.ru/analytics/64049/> Журнал «Магазин свет»
2. <http://www.drive2.ru/l/288230376152185536/>

## ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА АО "ПРОТОН"

Калашников И.С.  
Госуниверситет- УНПК Группа 31-КЭ  
Рук. Лобанова В.А.

Оптореле могут коммутировать аналоговый сигнал частотой до 5 кГц, что позволяет применять их для коммутации звукового сигнала (речи) в переговорных устройствах систем безопасности (домофоны, видеодомофоны), диспетчерской связи на железнодорожном и другом транспорте, на промышленных, торговых и прочих предприятиях.

Развитие серии оптореле планируется за счет быстродействующих реле для коммутации аналоговых сигналов с частотой от 2 до 25 кГц (PRAB50S, PRAB51S). Эти оптореле имеют малую проходную (1 пФ) и выходную (3 пФ) емкость, малый температурный дрейф напряжения (0,2 мкВ) и обладают линейной выходной характеристикой. Применение этих оптореле позволит значительно повысить технические характеристики в таких устройствах, как сканеры, мультиплексоры, многоканальные устройства выборки и хранения (УВХ), коммутаторы уровня сигналов, а также в измерительном оборудовании.

Оптореле в корпусах SOP отечественного производства обеспечивают полную замену аналогичных оптореле, выпускаемых зарубежными компаниями. При переходе с монтажа в отверстия на автоматизированный поверхностный монтаж они могут заменять как зарубежные оптореле (например PVT322A), так и оптореле серий K293 (KP293) и K449, выпускаемые в корпусах DIP и DIPSMO. В таблице[1] приведены взаимозаменяемые зарубежные аналоги оптореле в корпусах SOP, а также рекомендуемая замена оптореле серий K293 (KP293) и K449.

В качестве отечественных аналогов взята продукция ОАО « Протон».

Кроме оптореле, в подобных корпусах для поверхностного монтажа поставляются оптроны, а именно транзисторная оптопара. Ее электрические параметры приведены в таблице [2].

Основное назначение оптронов состоит в электрической и электростатической развязке между электронными устройствами или различными блоками одного электронного устройства.

По своему назначению оптопары аналогичны трансформаторам, при этом имеют в несколько раз меньшую стоимость (\$0,07–0,15) и геометрические размеры. Наиболее распространены транзисторные оптопары.

Представляемая транзисторная оптопара АОТ174 удовлетворяет следующим требованиям:

- миниатюрный корпус DIP4 размером 4,3×4,4×2 мм;
- отличная электрическая изоляция между входом и выходом (2500 В);
- высокий коэффициент передачи по току (от 80 до 600%);
- высокое быстродействие;
- малая переходная емкость (1 пФ);

- высокая временная стабильность электрических параметров.

Указанные оптопары напрямую заменяют известные зарубежные аналоги: TLP181, TLP121, TLP124, PC357NT, PS2701-1, KPC357NT, а также при переходе с монтажа в отверстия на автоматизированный поверхностный монтаж — KP1010, PC817, PS2501-1, PS2561-1, TLP421, TLP521, TLP621.

Эти оптопары поставляются с 2007 года, но они уже нашли широкое применение в системах управления лифтами и системах безопасности (переговорных устройствах видеодомофонов). Их можно использовать и в телекоммуникационной аппаратуре, где широко применяются подобные оптопары зарубежных производителей.

Развитие серии оптопар в корпусах SOP и SOIC планируется за счет транзисторных оптопар на переменный входной сигнал (аналоги TLP180, KPC354NT), оптопар с базовым выводом транзистора (для замены 4N35 и AOT128), многоканальных оптопар (2 и 4 канала).

В заключение отметим основные преимущества применения отечественных ОЭ-микросхем в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа типа SOP, SOIC и т. п.:

- поставка изделий исключительно высокого качества благодаря использованию технологии автоматизированной сборки, гарантирующей внешний вид и надежность изделий, а также стабильность и повторяемость их параметров;
- поставка в упаковке для автоматизированного монтажа на печатные платы (в блистер-ленте на катушках или в антистатических пеналах);
- соответствие европейской директиве RoHS (бессвинцовой технологии пайки);
- выгодные цены и сроки поставки благодаря наличию складов в России, минимизации транспортных, логистических и таможенных расходов;
- гибкость и оперативность работы с потребителями благодаря предоставлению скидок в зависимости от объема и регулярности заказов, отсрочек платежа, квотированию заказов поквартально, на полугодия и год;
- информационная и техническая поддержка, консультации технических специалистов
- готовность расширять номенклатуру и изменять технические параметры в соответствии с требованиями заказчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Взаимозаменяемые зарубежные аналоги оптореле в корпусах SOP, а также рекомендуемая замена оптореле серий K293 (KP293) и K449 [Электронный ресурс] –Режим доступа: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1E79r5eE1oEg0Pv2\\_qHCuRPt9JW4l5lrPsoXZ6NQc33Q/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1E79r5eE1oEg0Pv2_qHCuRPt9JW4l5lrPsoXZ6NQc33Q/edit?usp=sharing) Заглавие с экрана.- (Дата обращения: 02.04.2015).

2. Электрические параметры транзисторной оптопары AOT174 к [Электронный ресурс] – Режимдоступа: <http://www.proton-rel.ru/files/products/>



## **КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Вишняков А., Бурмель А., группа 31-КЭ,  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Твердотельные реле используются в промышленных системах управления электронагревателями (совместно с регуляторами температуры), для пуска электродвигателей (благодаря хорошей способности выдерживать кратковременные пусковые токи), в компьютерных системах управления (благодаря минимальному управляющему сигналу), включение/выключение ламп освещения (коммутация при переходе тока через нуль увеличивает срок службы ламп) и для других задач управления нагрузкой различного типа.

Разрабатываемое реле предназначено для использования в качестве мощного ключа в цепях постоянного тока, где необходима коммутация нагрузок, снижение токов потребления, повышение надежности устройств.

Обзор аналогов разрабатываемого реле

В качестве аналогов разрабатываемому твердотельному реле постоянного тока рассматривались реле 5П20.10ПА-5-2-А1 (производитель ЗАО «Протон-Импульс»), реле MX200D3 (производитель CRYDOM) и реле SSR—P03DD (производитель FOTEK Controls).

Основными параметрами твердотельных реле являются: открывающее напряжение, закрывающее напряжение, коммутируемое напряжение, ток коммутации, сопротивление открытого канала или падение напряжения на открытом канале.

Открывающее напряжение постоянного тока цепи управления реле 5П20.10ПА-5-2-А1 и реле MX200D3 составляет 4-10 В, SSR—P03DD – 4-32 В. Диапазон входного напряжения определяет сферу применения реле, поэтому чем шире этот диапазон, тем лучше. Ток цепи управления (2-30мА), закрывающее напряжение постоянного тока цепи управления (менее 1 В) у всех реле приблизительно одинаковы. Коммутируемое напряжение канала реле SSR—P03DD (60В) ниже, чем у остальных образцов (200 В), что существенно сужает область применения данного реле. Большой ток коммутации является преимуществом реле, поэтому реле MX200D3 и SSR—P03DD с токами коммутации до 3 А хуже, чем реле 5П20.10ПА-5-2-А1 с током коммутации 5 А. Сопротивление открытого канала или падение напряжения на открытом канале определяют сколько мощности будет рассеивать реле в виде тепла, поэтому чем ниже эти параметры тем лучше. Реле 5П20.10ПА-5-2-А1, MX200D3 имеют на выходе полевые транзисторы, поэтому для них указывается выходное сопротивление, а реле SSR—P03DD имеет на выходе биполярный транзистор, поэтому для этого реле приводится выходное падение напряжения. У реле SSR—P03DD, MX200D3 нижние границы температурного диапазона выше чем у реле

5П20.10ПА-5-2-А1 – -20°C и -30°C соответственно, что является их недостатком. Характеристики аналогов реле сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Характеристики аналогов

Наименование параметра, единица измерения	Протон-Импульс 5П20.10ПА-5-2-А1	CRYDOM MX200D3	FOTEK Controls SSR—P03DD
Открывающее напряжение постоянного тока цепи управления, В	4-10	4-10	4-32
Закрывающее напряжение постоянного тока цепи управления, В	-0,5-0,8	1	max 1
Ток цепи управления, мА	5-25	15	2-22
Коммутируемое напряжение канала, В	0-200	0-200	5-60
Коммутируемый ток канала, А	0-5	0-3	0-3
Ток закрытого канала, мА	0,1	0,1	0,8
Сопротивление открытого канала, Ом / падение напряжения на открытом канале, В	0,1/-	0,2/-	-/1,6
Время задержки открывания канала, мс	20	1	1
Время задержки закрывания канала, мс	1	0,3	1
Электрическая изоляция между цепью управления и каналом при НКУ, В	1500	2500	2500
Масса реле, г	20	11	15
Рабочий диапазон температур, °С	-40 – +85	-30 – +80	-20 – +80
Цена, руб.	280	1350	480

В качестве прототипа выступит реле 5П20.10ПА-5-2-А1 производства ЗАО «Протон-Импульс». Параметры этого реле наиболее близки к проектируемому реле.

В результате проведенного поиска аналогов и технических решений для реализации защиты от превышения тока было выявлено несколько теоретически возможных способов построения схемы управления затвором силового транзистора реле:

- использование схемы на базе тиристора;
- использование схемы с микроконтроллерным управлением;
- использование схемы с пороговым элементом.

#### **Схема на базе тиристора**

Эта схема обеспечивает токовую защиту путем разряда емкости затвора силового транзистора через тиристор, который открывается при превышении током, протекающим в коммутируемой цепи установленного значения.

#### **Схема с микроконтроллерным управлением**

В этой схеме все функции по управлению затвором силового транзистора передаются микропроцессору.

#### **Схема с пороговым элементом**

В данной схеме контроль тока, протекающего в коммутируемой цепи, осуществляется пороговым элементом, например, компаратором.

### **Выбор конструктивного решения**

Для того чтобы выявить самое оптимальное решение необходимо проанализировать физическую возможность реализации заданного устройства для каждого варианта.

1. Если использовать тиристор в схеме защиты, то необходимо в коммутируемой цепи в качестве датчика тока иметь резистор, на котором падение напряжения при токе срабатывания защиты составит 0,6 В. Тепловая мощность, рассеиваемая резистором, при этом составит, приблизительно, 2,5 Вт, что делает этот вариант нецелесообразным.

2. Применение в схеме микроконтроллера потребует высокой стабильности напряжения питания, что приведет к дополнительным затратам. Также необходимо будет разработать программу управления, а при изготовлении реле все микроконтроллеры нужно будет запрограммировать, что, несомненно, вызовет сложности. Таким образом, этот вариант также не целесообразен.

3. Применение порогового элемента в схеме управления позволит спроектировать довольно простую и недорогую схему защиты от превышения тока в коммутируемой цепи.

### **Разработка структурной электрической схемы**

Реле прототип состоит из 3 основных функциональных узлов:

- входной узел;
- схема управления;
- коммутирующий узел.

Наличие пороговой защиты требует применения в схеме управления выходной части реле порогового элемента, например компаратора, и источника опорного напряжения. Появление этих элементов вызывает необходимость формирования напряжения питания. Напряжение питания отдельно не подается в схему управления, поэтому необходимо это напряжения формировать из напряжения входного сигнала. В связи с этим во входном узле необходимо спроектировать DC/DC-преобразователь, который обеспечивал бы необходимое напряжение питания. Существует множество схем преобразователей: однотактные прямоходовые, однотактные обратноходовые, двухтактные и т. д., причем из всех схем минимальные затраты потребует схема обратноходового преобразователя. Так как в состав преобразователя входит трансформатор, то выходная часть будет гальванически развязана с входной частью, что соответствует техническому заданию.

Для того чтобы реле работало в широком диапазоне входных напряжений необходимо поставить стабилизатор напряжения.

Таким образом, структурная схема входной части реле будет иметь вид, приведенный на рисунке 1.

### **Схема управления**

Так как в качестве коммутирующего элемента выступает МОП транзистор, то необходимо разработать схему управления затвором. Для формирования сигналов включения и выключения транзистора можно воспользоваться микросхемой драйвера полевого транзистора. Эта микросхема при подаче сигнала на вход формирует необходимый открывающий сигнал на затворе транзи-

стора, а при снятии управляющего сигнала, разряжает емкость затвора транзистора, тем самым, закрывая его. Кроме того, эта микросхема имеет возможность мгновенного отключения транзистора (в течение наносекунд) в случае возникновения перегрузки, при этом формируется сигнал ошибки.

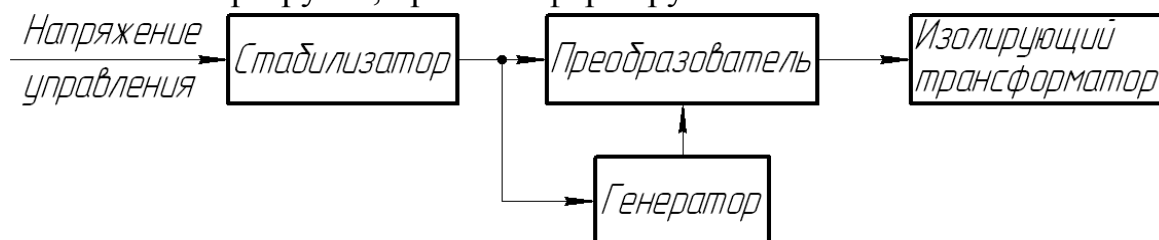


Рисунок 1 – Структурная схема входной части разрабатываемого реле.

Для формирования сигнала выключения силового транзистора при перегрузке необходимо сигнал с резистора (датчика) сравнивать с фиксированным значением напряжения, которое будет формироваться на источнике опорного напряжения. Элементом сравнения может являться компаратор.

Таким образом, структурная схема узла управления будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

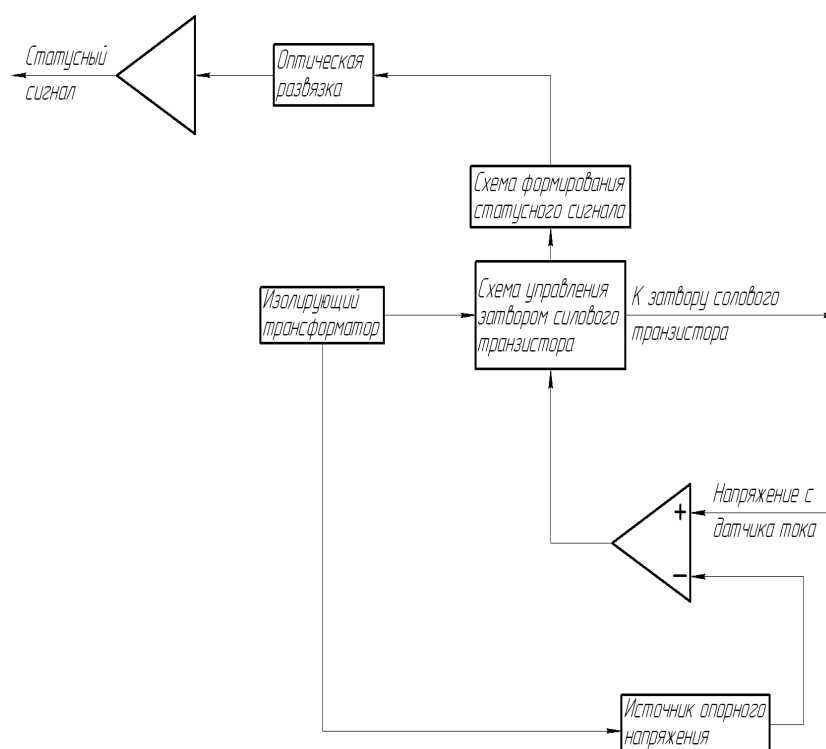


Рисунок 2 – Структурная схема узла управления.

### Коммутирующий узел

Данный узел состоит из силового транзистора и резистора с малым значением сопротивления, выступающего в качестве датчика тока. Сигнал с резистора подается в узел управления на схему сравнения, а на затвор силового транзистора управляющие сигналы приходят из узла управления со схемы управления затвором силового транзистора.

В исходном состоянии, когда входной сигнал отсутствует, потенциал на затворе силового транзистора отсутствует, следовательно, реле находится в закрытом состоянии и ток в цепи нагрузки отсутствует.

### **Описание работы входного узла твердотельного реле**

При подаче напряжения в пределах 4,5-25 В на входные контакты реле заработает генератор входной цепи. Питание генератора будет меняться в диапазоне от 4,5 до 5 В. Такой узкий диапазон изменения напряжения питания генератора, по сравнению с входным напряжением, обусловлен применением стабилизатора напряжения на 5 В. На выходе генератора появятся прямоугольные импульсы, которые будут через полевой транзистор коммутировать первичную обмотку трансформатора, один конец которой будет подключен к транзистору, а другой к напряжению питания входной части. Так как первичная обмотка трансформатора коммутируется с некоторой частотой, то во вторичной обмотке будет наводиться ЭДС. Это напряжение, выпрямленное и отфильтрованное, будет использоваться в качестве напряжения питания узла управления.

### **Описание работы узла управления и узла коммутации**

В узле управления сформированное во входном узле напряжение питания через сопротивление будет приложено к источнику опорного напряжения (ИОН). На ИОН появится стабильное напряжение, которое будет приложено к отрицательному входу порогового элемента. Это напряжение будет определять порог срабатывания токовой защиты реле. К положительному входу порогового элемента приложено напряжение с токового датчика. Также напряжение питания, поданное в схему управления, будет приложено к драйверу силового транзистора, в результате чего на его выходе, отвечающим за формирование сигнала на затворе транзистора, появится потенциал и силовой транзистор откроется. Таким образом, реле перейдет в открытое состояние и через коммутируемую нагрузку начнет протекать ток. Если напряжение питания, поданное в схему управления, станет ниже порогового значения, то сигнал со входа драйвера будет снят и реле перейдет в закрытое состояние.

### **Работа реле при срабатывании защиты**

Как только величина тока, протекающего в коммутируемой цепи, превысит допустимое значение, на датчике тока появится потенциал, превышающий потенциал на отрицательном входе порогового элемента и пороговый элемент перейдет в закрытое состояние. На выходе порогового элемента появится напряжение, которое через делитель будет приложено к входу драйвера, отвечающего за мгновенное отключение силового транзистора. Драйвер разрядит затвор транзистора и транзистор закроется. Реле перейдет в закрытое состояние. Вход драйвера, формирующий сигнал ошибки откроется и будет коммутировать входную часть оптической развязки схемы формирования статусного сигнала. Выходной ключ схемы формирования статусного сигнала откроется и через него начнет протекать ток статусного сигнала. Так как реле перешло в закрытое состояние, то ток перестанет протекать в коммутируемой цепи и на токовом датчике падение напряжения будет близким к нулю. Следовательно, потенциал на отрицательном входе порогового элемента будет превышать потенциал на положительном входе, к которому подключен датчик тока, и пороговой

перейдет в открытое состояние. Потенциал с входа драйвера, отвечающего за выключение транзистора, будет снят и драйвер станет готовым к включению транзистора. Но для того, чтобы драйвер опять подал открывающий сигнал на затвор транзистора необходимо снять сигнал с его входа «IN» и подать его снова. Сигнал с входа «IN» будет снят через некоторое время, порядка 40 мс, и подан снова. При этом, когда снова будет подан сигнал на вход драйвера «IN», выход драйвера, отвечающий за формирование сигнала ошибки, закроется и через входную часть оптрона схемы формирования статусного сигнала перестанет протекать ток, следовательно, выходной ключ схемы закроется и перестанет протекать ток в цепи статусного сигнала. После того, как на входе «IN» появится напряжение, на выходе драйвера, отвечающего за коммутацию затвора силового транзистора, появится потенциал, заряжающий емкость затвора транзистора, транзистор откроется и реле перейдет в открытое состояние. Через коммутируемую нагрузку начнет протекать ток. Если ток в цепи опять будет превышать установленное значение, то процесс описанный выше повторится и будет повторяться до тех пор, пока ток в коммутируемой цепи не станет меньше допустимого значения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гуревич В. И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения. Настольная книга инженера. — М.: Солон-пресс, 2011. — 700 с.
2. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. — 5-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2007. — 639 с.

#### **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПО СОЗДАНИЮ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДАМИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ MSP430**

Григорчук Антон Владиславович  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел, РФ  
E-mail: warbon@yandex.ru

В настоящее время наружная светодиодная реклама и другие различные изделия со светодиодами постепенно входят в нашу жизнь. На улице можно увидеть довольно много различных вывесок с подсветкой на зданиях. Зачастую именно с помощью них человек ориентируется на местности. Возможность видеть и распознавать объекты — естественная и привычная возможность для человека. Наибольший объем информации об окружающем мире человек получает при помощи зрения. Исходя из этого, несложно сделать вывод, что самая эффективная реклама именно визуальная. Чем примечательнее будет подсветка, тем больше внимания со стороны. Световая реклама должна быть заметной, яркой и ненавязчивой. Первое впечатление зависит от доступности и оригинальности изложенной информации, далее — дизайн и креативный подход. В связи с этим основной целью данной работы является разработка устройства управления светодиодами на микроконтроллере.

Светодиодные вывески постепенно заменяю неоновые световые короба, так как расширяют возможности использования. Зачастую там где не справляется неон, на помощь приходят светодиоды. Светодиоды позволяют делать настоящие произведения искусства.

Светодиоды имеют целый ряд преимуществ:

1. Высокая надежность и долговечность - срок службы может достигать 100 тысяч часов, период работоспособности составляет 20 лет.
2. Низкое рабочее напряжение (12V) - светодиоды электро- и пожаробезопасны.
3. Экологическая безопасность – светодиоды не содержат ртути и не нуждаются в утилизации.
4. Возможность применения светодинамических эффектов, не достижимых при использовании неона и люминесцентных ламп.
5. Возможность применения, как для наружного, так и внутреннего освещения.

Основной задачей при проектировании устройства управления светодиодами на микроконтроллере является улучшение качества работы электронных систем, которое должно сопровождаться повышением их надежности, уменьшением массы, габаритных размеров и потребляемой энергии при минимальных производственных затратах. Отлично зарекомендовали себя при использовании в данных устройствах микроконтроллеры семейства MSP430 компании Texas Instruments, поскольку они являются малопотребляющими. Время работы таких устройств от одного источника питания исчисляется годами. Данный микроконтроллер успешно применяются в энергосберегающих системах освещения, всевозможных датчиках и детекторах.

Микроконтроллеры MSP430 (Mixed Signal Processor) — это процессоры для обработки смешанных (аналоговых и цифровых) сигналов, обладающие сверхнизким энергопотреблением. Наиболее очевидное преимущество малого потребления проявляется в устройствах управления светодиодами. Низкое энергопотребление позволяет реализовать идею одноразового питания, когда на протяжении всего срока эксплуатации изделия используется один незаменимый источник. При этом источник питания устанавливается производителем, и исключается возможность поломки мобильного устройства в случае неправильной его замены. Эта идея применима для производства измерительных приборов, спортивного оборудования, портативных медицинских устройств. Кроме того, необходимо учитывать еще одно преимущество малого энергопотребления — сверхмалое электромагнитное излучение (EMI).

Структура MSP430X использует 16-битную организацию RISC типа, которая может производить операцию не только над байтами, но и над словами. MSP430X состоит из трехступенчатого конвейера инструкций, 16-разрядного АЛУ, 16 внутренних регистров. ЦПУ MSP430X обладает рядом возможностей, специально предназначенных для поддержки современных методов программирования, таких как вычисляемые переходы, табличные вычисления, а также использование языков высокого уровня, в частности языка Си. Центральный

процессор MSP430X может адресовать до 1 МБ памяти без разбиения её на страницы.

Данные микроконтроллеры подходят для применения в устройствах с низким энергопотреблением, например, использующих светодиоды или жидкокристаллические дисплеи и, в частности, в устройствах с батарейным питанием. Такие устройства в последние годы очень популярны, так как вопрос энергоэффективности в том или ином виде поднимается во всех сферах человеческой деятельности

Таким образом, возможна разработка устройства управления светодиодами на микроконтроллере со сверхнизким энергопотреблением высокой надежности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение MSP430 для управления сверхяркими светодиодами RGB в декоративной подсветке / ДиркГерке, Кристиан Хернитчек // Новости электроники. — 2009. — № 8. — С. 21–26.

2. Микроконтроллеры MSP430: первое знакомство. Б. Ю. Семенов — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. - 128 с.

## ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Зубарев А.В., студент кафедры «ЭВТИБ»  
Рук. Еременко В.Т. д.т.н., проф., Зав. кафедрой «ЭВТИБ»,  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет –УНПК»

*В статье сформулированы возможные причины, в следствие которых, в ближайшем будущем эпоха электроники может уйти на задний план. Здесь основное внимание акцентировано на спинтронике, фотонике и квантовом мире.*

*Ключевые слова: электроника, спинтроника, фотоника, квант, бит, кубит, фотон, спин.*

*The article sets out the possible causes, in consequence of which, in the near future, the era of electronics can go on the back burner. Here the main attention is focused on spintronics, photonics and quantum world.*

*Keywords: electronics, spintronics, photonics, quantum bit, qubit, the photon spin.*

## Введение

Эпоха электроники движется к своему закату. Существующим сегодня компьютерам уже не хватает мощности и скорости для решения научных и производственных задач, от которых зависит жизнь и благополучие человечества. Поэтому физики и математики всего мира пытаются создать совершенно новый продукт — вычислительную машину, работающую в разы эффективнее.

## Пределы развития устройств на основе электроники

Подготовка к свержению электрона с пьедестала главной элементарной частицы, при помощи которой работают все устройства, приводимые в действие за счет электрического тока, — компьютеры, всевозможные гаджеты и бытовая техника, — началась более десяти лет назад.



Мысль, что ток может проходить по приборам без участия заряда электрона, стала актуальна после того, как физики Альбер Ферт и Петер Грюнберг в 1988 году независимо друг от друга открыли эффект гигантского магнетосопротивления (Giant magnetoresistance — GMR). Отто Штерн и Вальтер Герлах обнаружили наличие у электрона спина — некоего подобия маленькой оси, вокруг которой он вращается.

В условной модели спин представляет собой стержень, на котором вращается элементарная частица [1].

Так вот, Фер и Грюнберг, проводя опыты в своих лабораториях, заметили, что электрону свойственно бежать туда, куда указывает его спин, подверженный воздействию магнитного поля, — это они и назвали эффектом GMR. Однако управлять спином электрона можно только в том случае, если частица перемещается по сверхтонкому наноразмерному полупроводнику. Если же электрон путешествует по металлическому проводу с большим поперечным сечением, магнитное поле не может дотянуться до спина. Электрон сам постоянно меняет направление оси и меняет направление туда, куда его влечет, то есть постоянно в разные стороны.

Когда в науке были открыты и сложились все ключевые компоненты — спин и способность им управлять, — тогда появилась возможность создавать наноматериалы. И созрела такая научная область — спинтроника. Сейчас ею занимаются в тысячах лабораторий по всему миру [1,2].

Спинтроника способна заменить электронику, т. к. приборы на спиновом токе намного (в разы) компактнее [2]. И что еще важнее — благодаря тому, что носителями для тока у нас становятся не толстые полупроводники, а малюсенькие наноструктуры, спинтронные устройства получают сверхчувствительными и точными.

Спинтроника - область современной физики, которая занимается переносом тока не при помощи управления зарядом электрона, а благодаря воздействию на его спин магнитного поля [1].

Все эти преимущества позволяют рассуждать о спинтронике как о неплохой базе для компьютеров нового поколения. К тому же в 2007 году исследователи Делавэрского университета и английской компании Cambridge NanoTech совершили в этом направлении прорыв — создали первый в мире спинтронный транзистор на кремнии. Транзистор — то самое устройство, которое является основой основ любого существующего компьютера, именно оно кодирует информацию в битах при помощи двоичной системы, чередующихся ноликов и единиц.

По сути, разработка спинтронного транзистора означает, что ученые смогли крепко ухватить электрон за спин и заставить эту частицу бежать в указанном направлении на большие расстояния [1,2]. Однако только 40% электронов, изначально присутствующих на полупроводнике, физикам удалось сдвинуть с места. Остальные частицы рассеялись или были поглощены одним из нанослоев. Эксперименты продолжились, но пока добиться стопроцентного подчинения электронов магнитному полю у ученых не вышло.

Сейчас физики ищут новые наноматериалы, по которым спин будет толкать электрон быстрее и без потерь.

### **Создание устройств на связанных фотонах**

Электроны очень медленные, хоть и маленькие, а вот фотоны невероятно быстрые, пусть и большие [3]. Так как перед нами стоит задача создания устройства, работающего на огромной скорости и очень чувствительного, — лучше всего выбирать фотоны. Использовать свет в качестве передатчика информации начали еще в 1970-х годах, позже появились оптоволоконные сети, через которые в дома людей побежал интернет, цифровое телевидение и телефонная связь. И только в начале XXI столетия на основе частиц света (фотонов), движущихся по стеклянным или полимерным трубочкам значительно быстрее, чем электроны по металлическим проводам, физики взялись создавать вычислительные устройства [4].

Компьютер на фотонах будет иметь массу преимуществ, кроме уже не раз упомянутой невероятной скорости [3,4]. Во-первых, информация будет передаваться по оптоволокну почти без потерь тепла и энергии. Во-вторых, волны света разной длины не смешиваются между собой и в пучке представляют собой множество разных каналов. Таким образом, появляется возможность одновременно запускать в работу несколько вычислительных процессов, за каждый из которых будет отвечать конкретная световая волна. Это называется параллелизацией при передаче и обработке данных.

В применении фотонов вместо электронов множество плюсов, но есть один важный минус, который нивелирует преимущества. Фотонный компьютер — это совершенно иной механизм, нежели наши обычные компьютеры, и работать такое устройство будет совсем по иным принципам. В нем невозможно использовать стандартную для обычных электронных вычислительных машин архитектуру фон Неймана, вычисления не будут производиться при помощи двоичного кода, на котором написаны сейчас все программы [4]. Получается, нужно изобретать совершенно другую вычислительную систему, кодировку и архитектуру, а это уже требует новых инженерных решений, которых пока не существует.

Первый прототип устройств на основе связанных состояний (фотонов, соединенных с электронами) появился в 1990-е годы. Пионером в этом деле стала американская компания Bell Laboratories. Но их изобретение так и не стало продуктом массового потребления, потому что изначально разрабатывалось на деньги военных и могло решать только узкие задачи. Оно совсем не было предназначено для обработки фото, видео, музыки и текстов одновременно, как наши ныне действующие персональные компьютеры.

Фотоника входит в приоритет всех западных программ. Например, недавно Европейская комиссия обозначила шесть ключевых направлений в сфере физики и компьютерных технологий. Фотоника — наука, изучающая вопросы передачи информации при помощи лучей света по оптоволокну [3]. Одно из направлений — фотоника и оптоэлектроника. Но не только европейцы этим занимаются — лаборатории в США и России тоже всерьез взялись за эту тему: можно назвать физтех МГУ и Физико-технический институт в Питере.

### **Перспективы создания квантового компьютера**

Самая удивительная и самая ожидаемая машина, которая сможет заменить ЭВМ, — это квантовый компьютер. Квантовый компьютер — ЭВМ, основанная на квантовой механике [4,5]. Над ним работают уже около двадцати лет. И действительно, сделано уже многое: собраны все элементы этого устройства и даже создана инженерная база для программирования на нем, которая, как и в случае с оптическими компьютерами, должна была писаться полностью с нуля.

Ударными темпами квантовый компьютер конструируют неспроста. Потребность в создании такой машины еще в 1982 году высказывал гениальный американский физик, нобелевский лауреат Ричард Фейнман в своей научной статье в издании *International Journal of Theoretical Physics*.

Фейнман утверждал, что эта установка смогла бы работать с такой скоростью и мощностью обработки информации, что когда бы на ней моделировали эксперимент, например пытались сделать компьютерную модель какого-либо квантового явления, машина бы анализировала все и показывала ученым уже готовый результат за секунды.

Такими сверхспособностями квантовый компьютер обладает потому, что информация на нем кодируется иначе [5]. В обычной электронике есть стандартный двоичный код типа 1001010: направленный вверх спин обозначает 1, направленный вниз — 0. В квантовой физике элементарные частицы и спин гипотетически рассматриваются в таком приближении, когда можно разглядеть, как спин поворачивается не вверх или вниз, а в сторону, то есть можно заметить еще одно положение спина, которое находится уже не в двухмерной системе координат, а в трехмерном пространстве. Когда спин смотрит в сторону, в квантовой физике это называется суперпозицией. Таким образом, получается, что на квантовом компьютере мы можем записать и закодировать не только 0 или 1, которые представляют собой классический бит информации, но еще и эту суперпозицию, то есть объемную, а значит, очень большую единицу измерения — кубит.

Кубит — наименьший элемент хранения информации в квантовом компьютере, который все же вмещает в себя намного больше данных, чем обычный бит современных компьютеров [3,5].

Можно представить один бит (0 или 1), который выполняет только одну задачу. А вот один кубит — это сразу 1 и 0, и еще какое-то  $n$ -ное положение спина могут одновременно совершать разные команды. Именно так становится доступной кодировка сразу нескольких возможных состояний спина — и, как следствие, обработка множества потоков информации параллельно [3].

Главная проблема, которая пока так и не дает построить эту чудомашину, — неспособность масштабировать количество кубитов [4]. Ученые уже смогли создать все элементы компьютера, однако до сих пор не способны построить систему с большим числом кубитов, потому что микромир квантовых объектов очень нестабилен и плохо подчиняется организации.

Тем не менее сегодняшних наработок в области квантовых вычислений хватает для того, чтобы по пути к большой цели создать другие не менее важные устройства. Например, такие как квантовые часы, которые работают на ку-

битах и являются главным элементом в системе спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС. Сейчас их же используют для создания автомобилей-роботов.

### **Заключение**

Итак, классическая электроника уже не способна выполнять все научные и производственные задачи. На этом фоне возможны следующие пути решения: изучение спинтроники, занимающуюся переносом тока не при помощи управления зарядом электрона, а благодаря воздействию на его спин магнитного поля, что позволит электрону двигаться в разы быстрее; изучение фотоники — наука, изучающая вопросы передачи информации при помощи лучей света по оптоволокну, где фотон способен передвигаться со скоростью света, что способно увеличить производительность компьютера; разработка и внедрение квантового компьютера, в основе которого лежит кубит, способный выполнять несколько задач одновременно.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Еременко, В.Т. Основы построения и перспективы развития аппаратных средств вычислительной техники: Монография в 2-х томах. Том 1 / В.Т. Еременко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В.А. Лобанова и др.— Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008.— 346 с.
2. Еременко, В.Т., Основы построения и перспективы развития аппаратных средств вычислительной техники: Монография в 2-х томах. Том 2 / В.Т. Еременко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В.А. Лобанова и др.— Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008.— 162 с.
3. Теория информации и информационных процессов: Монография / В.Т. Еременко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В. А. Лобанова и др. /Под ред. д.т.н. В.Т. Еременко, д.т.н. А.П. Фисуна. — Орел: ОГУ, ОрелГТУ 2008.— 478 с.
4. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / С.И. Афонин, В. Т. Еременко, Т. М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д. А. Плащенков // Информационные системы и технологии. — 2011, № 6 — С. 35 — 42.
5. Еременко, В.Т. Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети асу предприятия / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Д. А. Краснов и др. // Информационные системы и технологии. — 2011. — № 5 — С.11 — 20.

## **ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЧАСТИ СТОКА КРЕМНИЕВОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ДМОП-ТРАНЗИСТОРА НА ЕГО ВЫХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**

Рогов А.П. студент  
Рук. Турин В.О. к.ф.-м.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Целью настоящей работы явилось установление характера влияния ширины вертикальной высокоомной части стока на выходное сопротивление ДМОП-транзистора с определением практического диапазона размеров одной ячейки с сохранением приемлемого значения коммутируемого тока путём моделирования выходных характеристик кремниевого вертикального МОП-транзистора.

Выполнение данного транзистора осуществляется по технологии двойной диффузии с использованием программы приборно-технологического моделирования Setaurus TCAD. Как правило, высоковольтные ДМОП-транзисторы имеют вертикальную структуру, в которой исток и затвор расположены на верхней стороне кристалла, а сток — на нижней [1 – 2]. Для решения поставленной задачи моделированию подверглись статические выходные характеристики транзистора с учетом явления саморазогрева в рамках дрейфово-диффузионной модели полупроводника. Также были учтены зависимости подвижности носителей заряда от температуры, концентрации примесей, нормальной составляющей подзатворного электрического поля, а также эффект насыщения дрейфовой скорости носителей в сильных электрических полях.

В результате моделирования получено распределение температуры по сечению транзистора (рисунок 1). Основными параметрами транзистора являются: длина канала – 3,5 мкм; толщина подзатворного окисла – 68 нм; ширина затвора – 75 мкм; пороговое напряжение – 2,4 В. При моделировании ширина вертикальной высокоомной части стока LVD изменялась от 4,9 мкм до 0,4 мкм.

Изменение ширины вертикальной высокоомной части стока (LVD) оказывает влияние на выходное сопротивление ДМОП-транзистора в открытом состоянии, которое является его важнейшей характеристикой [3]. С одной стороны, габариты транзистора требует минимизации, так как уменьшение размера одного транзистора увеличивает количество транзисторов на единице площади кристалла, с соответствующим увеличением коммутируемого тока. С другой стороны, уменьшение размера транзистора за счет сужения вертикальной части стока приводит к увеличению выходного сопротивления, с соответствующим ростом джоулевых потерь нем, что уменьшает максимально допустимый коммутируемый ток.

При производстве ДМОП-транзисторов ширина вертикальной части стока может изменяться от 1 мкм до 10 мкм, в зависимости от используемого технологического процесса и величины коммутируемого прибором тока [4-5].

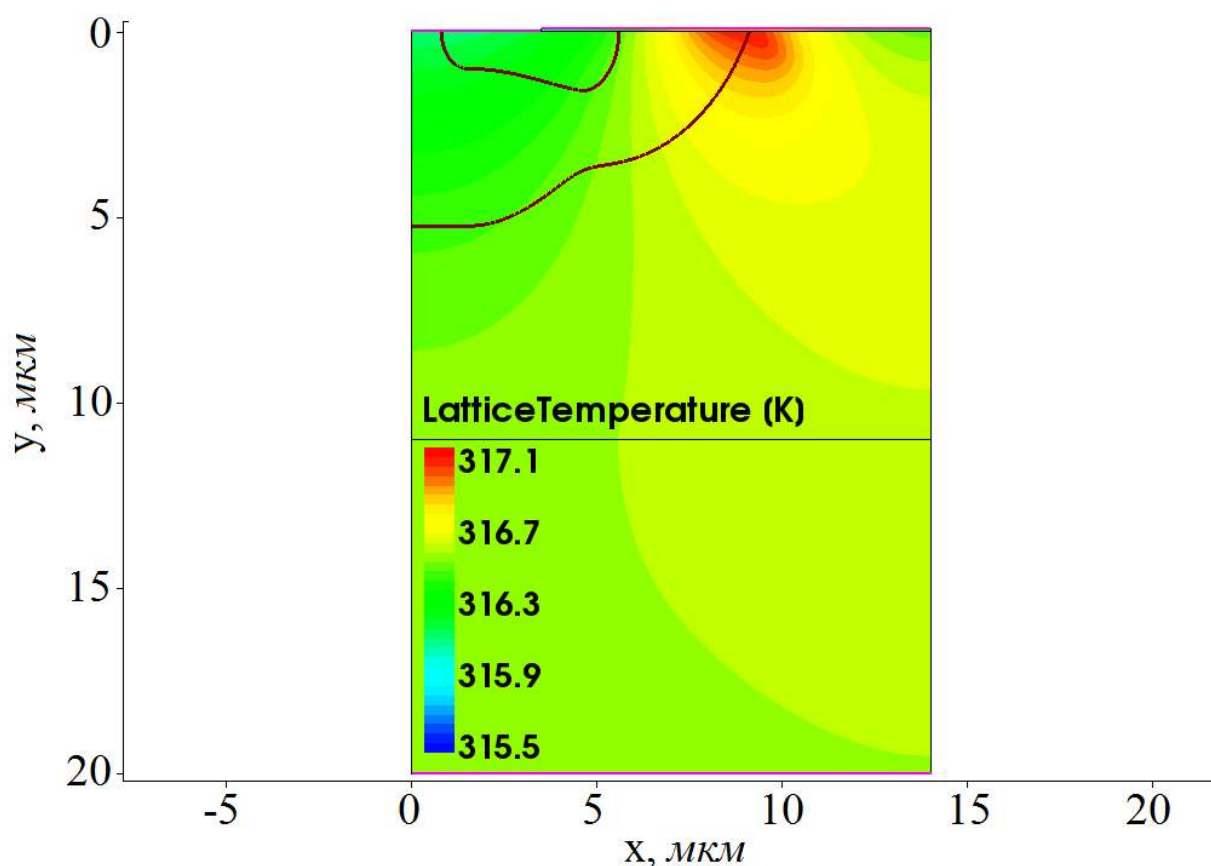


Рисунок 1 – распределение температуры в сечении ДМОП-транзистора при  $L_{VD} = 4,9$  мкм

В настоящей работе были проведены изотермические расчеты вольт-амперных характеристик транзистора и расчеты с учетом эффекта саморазогрева. Установлено, что эффект саморазогрева заметно влияет на выходные характеристики в режиме насыщения тока стока, не влияя заметно на выходное сопротивление в открытом состоянии при малых напряжениях на стоке, что показано на рисунке 2. Графики, приведённые в статье, соответствуют случаю с учётом эффекта саморазогрева. Такие графики были выбраны из-за большего соответствия характеристикам, полученным экспериментальным путём. При моделировании эффекта саморазогрева было взято поверхностное тепловое сопротивление на истоковой и затворной металлизации  $rt = 0,01$  К\*см<sup>2</sup>\*Вт<sup>-1</sup>, что соответствует хорошему теплоотводу через области поверхностной металлизации. Для нижней поверхности прибора, ограничивающей сток, было взято  $rt = 0,47$  К\*см<sup>2</sup>\*Вт<sup>-1</sup>, что соответствует достаточно плохому теплоотводу через нижнее основание транзистора.

При каждом изменении ширины вертикальной части стока  $L_{VD}$  транзистора моделировались его вольт-амперные характеристики при различных напряжениях на затворе. Таким образом было получено 10 семейств ВАХ, соответствующих  $L_{VD} = 0,4$  мкм; 0,55 мкм; 0,7 мкм; 0,9 мкм; 1,4 мкм; 1,9 мкм; 2,4 мкм; 2,9 мкм; 3,9 мкм; 4,9 мкм. Сравнение ВАХ при разных величинах  $L_{VD}$  представлено на рисунке 3. При известной ВАХ можно определить зависимость диффе-

ренциальной проводимости ( $g_{out}$ ) от напряжения между стоком и истоком. Для этого нужно продифференцировать ток стока ( $I_d$ ) по напряжению сток-затвор ( $V_{ds}$ ):  $g_{out}(V_{ds}) = d(I_d) / d(V_{ds})$ . График этой зависимости изображён на рисунке 4.

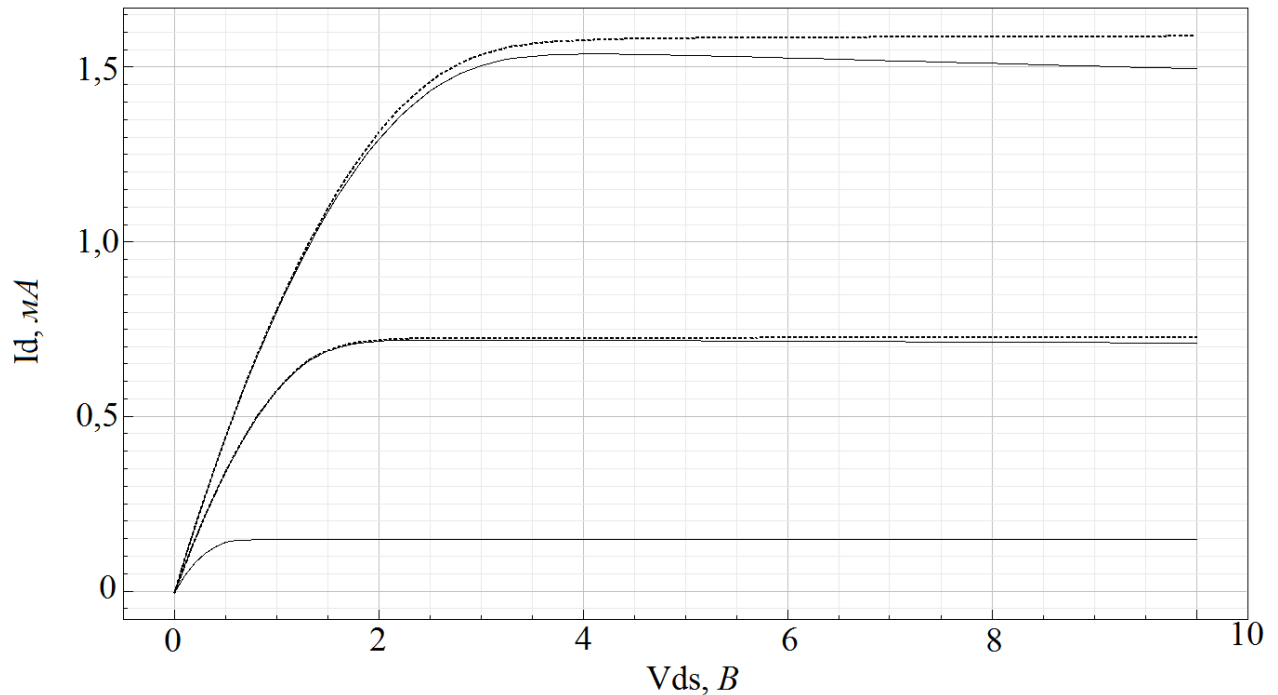


Рисунок 2 – сравнение ВАХ ДМОП-транзистора ( $LVD = 4,9$  мкм) с учётом (сплошная линия) и без учёта (пунктирная линия) эффекта саморазогрева.

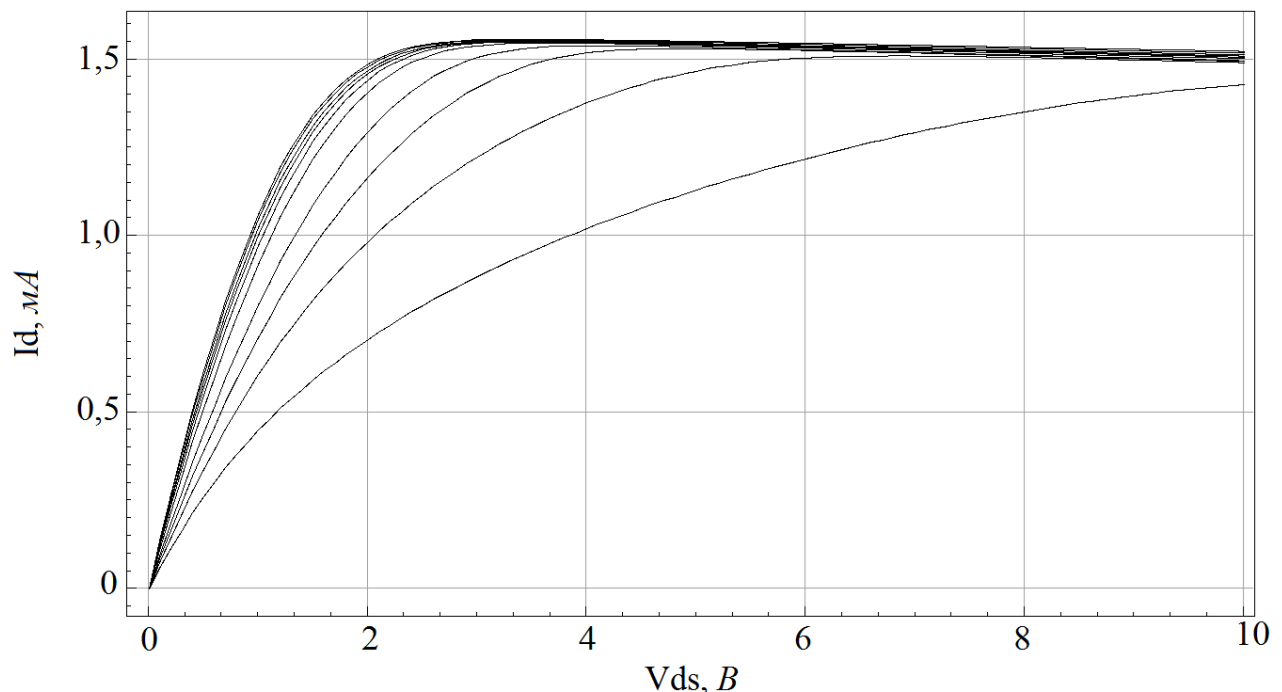


Рисунок 3 – выходные ВАХ ячейки при напряжении между затвором и истоком  $V_{DS} = 5$  В. Разные линии соответствуют различным значениям ширины вертикальной части стока. Нижний график соответствует значению  $LVD = 0,4$  мкм, следующие -  $0,55$ ;  $0,7$ ;  $0,9$ ;  $1,4$ ;  $1,9$ ;  $2,4$ ;  $2,9$ ;  $3,9$  и  $4,9$  мкм.

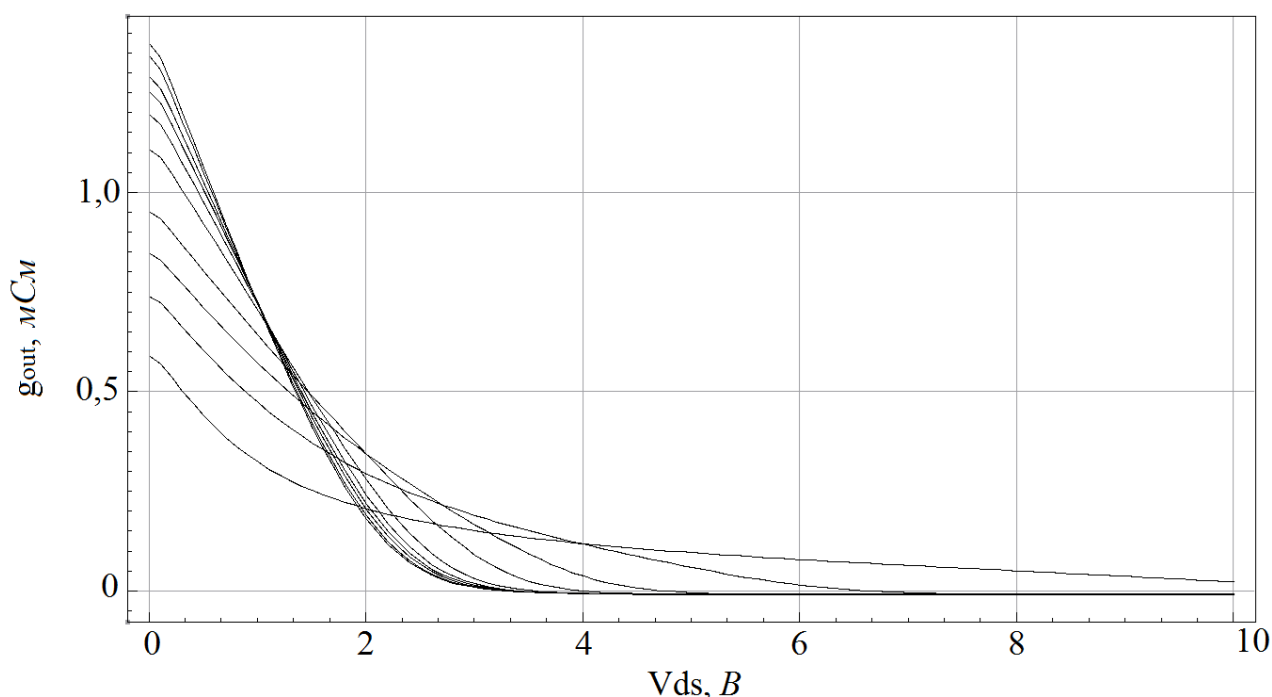


Рисунок 4 – зависимость дифференциальной проводимости от напряжения между стоком и истоком для этих случаев. Нижний график соответствует значению  $LVD = 0,4$  мкм, верхний –  $4,9$  мкм.

Из графика, изображённого на рисунке 4, определяется выходное сопротивление ДМОП-транзистора ( $R_{out}$ ) как величина, обратно пропорциональная дифференциальной проводимости при нулевом напряжении на стоке ( $V_{ds} = 0$ ). График зависимости выходного сопротивления от ширины вертикальной части стока представлен на рисунке 5.

На рисунке 5 можно наблюдать асимптотическое уменьшение выходного сопротивления транзистора с увеличением  $LVD$  с предельным значением приблизительно в  $700$  Ом. Зависимость сопротивления от ширины вертикальной части стока при  $LVD$  больше  $2,5$  мкм достаточно близка к линейной, однако при дальнейшем уменьшении изменяет характер на резко нелинейный.

При уменьшении  $LVD$  с  $4,9$  мкм до  $2,4$  мкм выходное сопротивление возрастает на  $10\%$ , при этом площадь транзистора уменьшается на  $18\%$ . При уменьшении  $LVD$  с  $4,9$  мкм до  $1,9$  мкм выходное сопротивление возрастает на  $14\%$ , при этом площадь транзистора уменьшается на  $21\%$ . При уменьшении  $LVD$  с  $4,9$  мкм до  $1,4$  мкм выходное сопротивление возрастает на  $23\%$ , при этом площадь транзистора уменьшается на  $25\%$ .

Результаты моделирования свидетельствуют об отсутствии необходимости выполнения ДМОП-транзистора с шириной вертикальной части стока больше  $2,5$  мкм. Дальнейшее увеличение ширины вертикальной части стока должно производиться с целью, отличной от уменьшения выходного сопротивления.



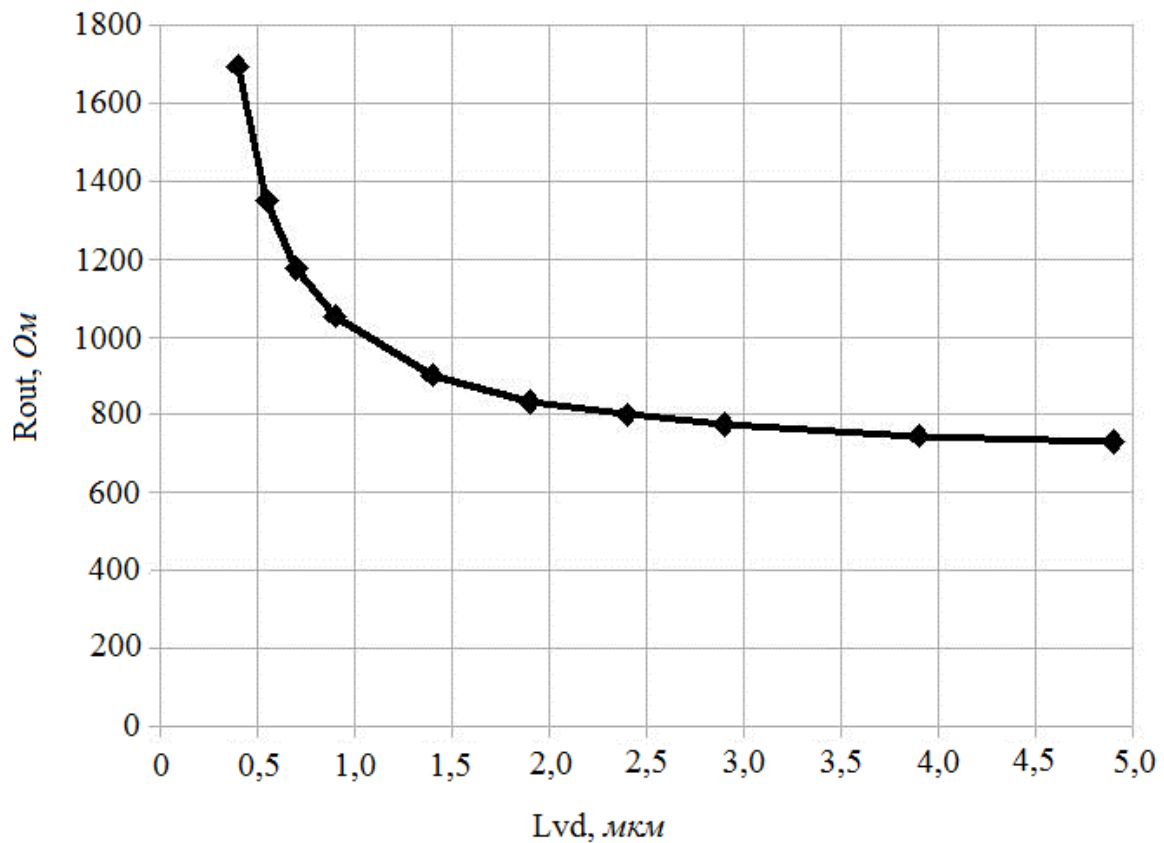


Рисунок 5 - зависимость выходного сопротивления ДМОП-транзистора от ширины вертикальной части стока LVD

### ЛИТЕРАТУРА

1. Блихер, А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. М.: Энергоатомиздат, 1986 – 248с.
2. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984 – 456с.
3. Vaid R., Padha N., Kumar A. et al. Modeling power VDMOSFET transistors: device physics and equivalent circuit model with parameter extraction. Indian Journal of Pure & Applied Physics. 2004. 42: 775-782.
4. Yonghui Y. et al. A novel structure in reducing the on-resistance of a VDMOS. Journal of Semiconductors. 2011. 32: 157-164.
5. Lotfi M., Zohir D. Macromodeling of Power VDMOSFET Transistor Incorporating Self-Heating Effect. Microelectronics and Solid State Electronics. 2012. 1(3): 57-59

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Воробьёв Е.В., Доманов А.О., студенты  
Рук. Донцов В.М. доцент  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Одной из наиболее сложных задач в области защиты информации является поиск внедренных закладных устройств, не использующих радиоканал для передачи информации, а также радиозакладок, находящихся в пассивном (неизлучающем) состоянии. Традиционные средства выявления такие, как панорамные радиоприемники, анализаторы спектра или детекторы поля, в этом случае оказываются неэффективны. Визуальный осмотр также не гарантирует обнаружение подобных закладных устройств, так как современные технологии позволяют изготавливать их с любым видом камуфляжа, прятать в элементах строительных конструкций и интерьера

Именно эта проблема и привела к появлению совершенно нового вида поискового прибора, получившего название нелинейного радиолокатора. Своим названием он обязан заложенному физическому принципу выявления подслушивающих устройств. Он способен находить любой тип электронных средств негласного съема информации в любом их состоянии – включенном, выключенном и даже разрушенном, в условиях высокой насыщенности рабочих помещений различными электронными устройствами[1].

Технические средства промышленного шпионажа являются радиоэлектронными устройствами. В их состав входят полупроводниковые элементы (диоды, транзисторы, микросхемы), для которых характерен нелинейный вид вольт-амперной характеристики, связывающей протекающий через р—п-переход электрический ток с приложенным напряжением (рис. 1)[2].

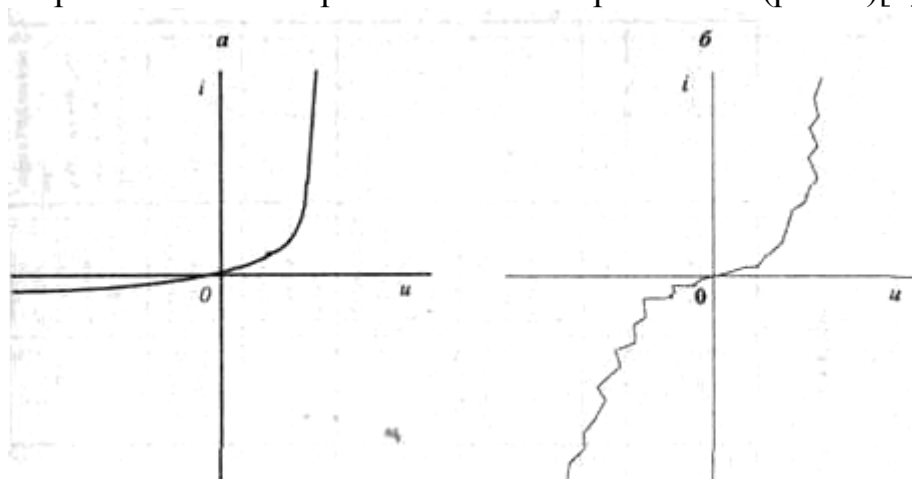


Рис. 1 Вольтамперные характеристики соединений, вызывающих появление высших гармоник в переизлученном сигнале: а — характеристика р-п-перехода полупроводникового прибора; б — характеристика случайного перехода «металл—окисел—металл»

Наличие такой нелинейной связи приводит к возникновению на выходе полупроводникового прибора бесконечно большого количества переменных напряжений (гармоник) с частотами  $\omega_n$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$  (любое натуральное число), а  $\omega$  — частота зондирующего сигнала, действующего на входе полупроводникового прибора. Сам факт возникновения сигнала с частотой  $\omega_n$  на входе полупроводникового элемента обязан явлению наведения ЭДС и токов в случайных антеннах, которыми могут оказаться проводники печатных плат или другие компоненты закладных устройств при облучении их высокочастотным сигналом.

Таким образом, нелинейный радиолокатор — это прибор, который просто реализует следующий принцип: излучает электромагнитную волну с частотой  $\omega$ , а принимает переизлученные сигналы на частотах  $\omega_n$ . Если такие сигналы будут обнаружены, то в зоне действия локатора есть полупроводниковые элементы, и их необходимо проверить на возможную принадлежность к закладным устройствам.

В процессе работы нелинейные радиолокаторы выполняют три основные функции: детектирование (обнаружение), определение местоположения и идентификация объекта[3].

Детектирование происходит в том случае, если амплитуда ответного сигнала превышает пороговый уровень. При этом световая или звуковая сигнализация информирует оператора, что предполагаемый объект находится в поле воздействия облучающего сигнала антенны.

Определение местоположения объекта производится путем сопоставления амплитуды и пеленга ответного сигнала. Амплитуда ответного сигнала растет по мере приближения антенны к его источнику во время проведения поиска. Анизотропия диаграммы направленности антенны позволяет оператору, изменяя угол направления антенны, определять направление на источник ответного сигнала по его максимальному уровню.

Идентификация объекта проводится по результату анализа ответного сигнала объекта, находящегося в зоне воздействия излучения антенны. В тех моделях нелинейных радиолокаторах, которые принимают отклик от объекта одновременно на второй и третьей гармониках излучаемого сигнала, идентификация объекта обычно производится путем сравнения уровней сигналов обоих приемных трактов по свечению линейных индикаторов. Как правило, электронные объекты с полупроводниковыми переходами переизлучают сигнал на второй гармонике на 20–40 дБ выше, чем на третьей. Помеховые металлические контакты, напротив, генерируют сигналы на третьей гармонике излучаемого сигнала с уровнем, превышающим уровень второй гармоники на 20–40 дБ.

При работе же с радиолокаторами, принимающими отклик только на второй гармонике, идентификация объекта требует от оператора дополнительных действий. Дело в том, что некоторые объекты с нелинейными металлическими контактами, такие как железобетонные конструкции, опоры любого оборудования, гвозди, имеющие контакты с другими металлическими объектами внутри стены, электрические выключатели, контакты люминесцентных ламп, скрепки для бумаги и т.п., дают ложные сигналы не только на нечетных, но иногда и на четных гармониках. Поскольку эти контакты механически нестабильны, их

вольт-амперная характеристика также нестабильна и находится в сильной зависимости от механического воздействия.

Если к ложному переходу приложить невысокую физическую вибрацию, можно нарушить кристаллическую структуру коррозионных и биметаллических переходов, что приведет к модуляции сигнала отклика с частотой вибрации. На полупроводниковые р-п-переходы вибрация не оказывает воздействия.

Используя и индикатор, и наушники, оператор простукивает области поиска, например небольшим резиновым молоточком. Сигнал от электронных устройств в этом случае не изменится, и в наушниках не будет никакого шума. Металлические источники при простукивании вызывают беспорядочные нестабильные показания индикатора и шумящий звук (треск) в наушниках.

Достоинства нелинейных локаторов наиболее отчетливо видны при сравнении с радиоприемными системами, обнаруживающими закладки по радиоизлучению, которое с определенной периодичностью испускают некоторые типы подслушивающих устройств. Возможности таких систем ограничены, поскольку не все устройства излучают сигналы, кроме того, трансляция может происходить в неустановленное время и на неустановленных частотах.

Напротив, нелинейный радиолокатор детектирует закладки вне зависимости от их активности, даже если в конструкции закладки не предусмотрена передача информации с помощью радиоволн. Сигнал, излучаемый антенной нелинейного радиолокатора, заставляет практически любое известное на сегодняшний день электронное устройство генерировать ответный сигнал.

В отличие от радиоприемной системы, которой необходимо контролировать чрезвычайно широкий диапазон длин волн, нелинейный радиолокатор определяет местоположение любого полупроводникового прибора независимо от его рабочих частот. И происходит это автоматически, без подключения дополнительных модулей и настройки по частоте.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. А.А.Хорев, Способы и средства защиты информации. М.: МО РФ, 1998. - 316 с.
2. Д. Семенов, Д. Ткачев, Нелинейная радиолокация: концепция «NR». / Специальная техника, 1 -2, 1999 г., стр. 17 - 22.
3. А.А. Хорев, Защита информации от утечки по техническим каналам. ч. 1. Технические каналы утечки информации. Учебное пособие. – М.: Гостехкомиссия России, 1998.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОПАР В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Лазутин И.А., студент, 41-Р, кафедра «УНИИИТ»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Оптоэлектроника использует оптические и электронные явления в веществе и их взаимные связи для передачи, обработки и хранения информации.

Элементной базой оптоэлектроники являются оптоэлектронные приборы – оптроны.

Оптроном называется устройство, состоящее из связанных между собой оптически (посредством светового луча) светоизлучателя и фотоприемника и служащее для управления и передачи информации.

Оптроны можно классифицировать по основному начальному назначению. При этом различают три типа оптронов:

- оптроны с внешней оптической и внутренней электрической связями, предназначенные для усиления и преобразования излучения;
- оптроны с внутренней оптической связью, используемые в качестве переменных сопротивлений;
- оптроны с электрической связью, используемые в качестве ключевых элементов.

Другим критерием для классификации оптронов может служить тип используемого фотоприемника, выбором которого в основном определяются параметры оптронов.

Основные требования, предъявляемые к излучателю оптрона, состоят в достижении высокого КПД электроннооптического преобразования, высокого быстродействия и узкой направленности излучения.

Быстродействие оптрона оценивают при подаче на его вход прямоугольного импульса по времени задержки  $t_{зд}$  от момента подачи импульса до момента достижения выходным током значения  $0,1 I_{\text{вых.обр.макс}}$ , а также по времени нарастания  $t_{нар}$  выходного тока от  $0,1$  до  $0,9$  его максимального значения. Суммарное время задержки и нарастания называют временем включения  $t_{вкл}$ . Быстродействие фотоприемника характеризуется его частотными свойствами, т.е. такой частотой синусоидально модулированного светового потока, при которой чувствительность фотоприемника вследствие инерционности уменьшается в раз.

Быстродействие определяется импульсными параметрами: временем нарастания (спада) импульса излучения при скачкообразном включении (выключении) импульса возбуждения  $t_{нар}$  (сп), (нс), и временем задержки импульса излучения  $t_{зд}$ , (нс). Эти параметры измеряются по уровню  $0,1$  и  $0,9$  фронта и спада импульса излучения. Иногда используется постоянная времени релаксации.

Использование в оптронах излучателей (СИД) и диодных или транзисторных фотоприемников приводит к тому, что быстродействие таких оптронов определяется в основном барьерными емкостями излучателя и приемника оптрона. Например, емкости излучателей быстродействующих оптронов составляют  $20...300$  пФ, а емкости фотодиодов и фототранзисторов —  $5...15$  пФ. Поэтому для уменьшения длительности переключения оптрона необходимо:

1) форсировать перезаряд входной емкости излучателя;

2) уменьшить длительность перезаряда выходной емкости фотоприемника, изолировав или компенсировав емкостную нагрузку и уменьшив амплитуду выходного напряжения.

Быстрое переключение излучателя с одновременным обеспечением мощного и стабильного потока излучения достигается при управлении оптронами

током значительной амплитуды. При этом следует, во-первых, фиксировать уровень прямого тока СИД, чем обеспечить стабильность светового потока; во-вторых, не превышать предельно допустимый ток СИД. Важно также обеспечить универсальность схем питания излучателя, чтобы режим работы СИД не менялся при замене какого-либо компонента схемы.

Основным преимуществом оптронов перед электромагнитными реле является отсутствие гальванической связи между входом и выходом, т. е. передача сигнала без передачи напряжения для бесконтактного управления и защиты.

Возможность изменения свойств оптического канала при различных внешних воздействиях на него позволяет создать целую серию оптронных датчиков: таковы датчики влажности и загазованности, датчика наличия в объеме той или иной жидкости, датчики чистоты обработки поверхности предмета, скорости его перемещения и т. п.

Достаточно специфическим является использование оптронов в энергетических целях, т. е. работа диодного оптрона в фотовентильном режиме. В таком режиме фотодиод генерирует электрическую мощность в нагрузку и оптрон до определенной степени подобен маломощному вторичному источнику питания, полностью развязанному от первичной цепи.

Создание оптронов с фоторезисторами, свойства которых при освещении меняются по заданному сложному закону, позволяет моделировать математические функции, является шагом на пути создания функциональной оптоэлектроники.

Одним из крупнейших производителей оптронов является компания ОАО «Протон». На данном заводе производятся транзисторные оптопары модели 249КП1 с различными модификациями: 249КП1А, 249КП1С. Приведенные оптопары различаются таким показателем, как коэффициент передачи тока. В модели 249КП1 коэффициент передачи тока составляет 0.5%, в 249КП1А – 0.25%, а в 249КП1С – 1%. Помимо модели 249КП1 на заводе также производятся транзисторные оптопары модели 249КП8АР с модификациями 249КП8У, 249КП8БР, 249КП8ВУ, а также модели 5П160 и 759КП1Н1 с модификацией 759КП1АН1. Данные оптопары различны по следующим характеристикам:

1) коэффициент передачи тока (в модели 249КП8АР этот коэффициент лежит в диапазоне от 0.7% до 1.5%; в 249КП8У и 759КП1Н1 – от 0.5% до 1%; в моделях 249КП8БР, 249КП8ВУ и 759КП1АН1 до 0.5%; в 5П160 – свыше 7.5%)

2) напряжение коммутации (в моделях 249КП8АР с модификациями и 759КП1Н1 с 759КП1АН1 напряжение коммутации равно 60В, а в модели 5П160 напряжение коммутации составляет 80В)

3) время включения / выключения (для моделей 249КП8АР и 759КП1Н1-10/30 мс и для модели 5П160 – 50/50 мс.)

4) напряжение изоляции (для 249КП8АР, 249КП8БР и 5П160 – 1500В; для 249КП8У, 249КП8ВУ, 759КП1Н1 и 759КП1АН1 – 500В;)

Эти транзисторные оптопары находят применение в чисто радиотехнических схемах модуляции, автоматической регулировки усиления и др. Воздействие по оптическому каналу используется здесь для вывода схемы в оптимальный рабочий режим, для бесконтактной перестройки режима и т. п.

В выпускаемую продукцию компании ОАО «Протон» также входят: диодные оптопары и оптореле модели 30Д120А-1 с модификацией 30Д1120Б-1 (коэффициент передачи тока - 1%; время задержки – 50 мс. напряжение изоляции-200В), логические оптопары модели 249ЛП1А, фотовольтаические, драйверы IGBT и интерфейсные

Также все изготавливаемые заводом оптроны могут применяться в качестве элементов гальванической развязки; для связи блоков аппаратуры, между которыми имеется значительная разность потенциалов; для защиты входных цепей измерительных устройств от помех и наводок и т.д.

Другая важная область применения оптронов - оптическое, бесконтактное управление сильноточными и высоковольтными цепями. Запуск мощных тиристоров, триаков, симисторов, управление электромеханическими релейными устройствами.

Специфическую группу управляющих оптронов составляют резисторные оптроны, предназначенные для слаботочных схем коммутации в сложных устройствах визуального отображения информации, выполненных на электролюминесцентных (порошковых) индикаторах, мнемосхемах, экранах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М.К. Самохвалов – Элементы и устройства оптоэлектроники
2. А.Н Игнатов - оптоэлектроника и нанофотоника
3. Сайт ОАО «Протон»: <http://www.proton-orel.ru/>
4. Сайт Рынок микроэлектроники: [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron\\_1.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron_1.htm)

## ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ РЕЛЕ

Котов Александр Александрович, студент  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Начнём статью с истории выпуска твердотельных реле (ТТР) в России, необходимо отметить, что первые реле с применением ДМОП-транзисторов и твердотельной фотоприёмной матрицы, созданной с использованием технологии изоляции пористым кремнием, были разработаны в 80-х годах в объединении «Протон». Однако впоследствии эта технология была утеряна, и матрицы стали изготавливаться с изоляцией фотодиодов по технологии КСДИ (кремний с диэлектрической изоляцией).

Несколько ранее твердотельные реле с оптоэлектронной развязкой были изготовлены на московском заводе «Старт» и в НИИ «Сапфир», а также на некоторых других российских предприятиях. Данные реле, однако, могли только коммутировать нагрузки в сетях переменного тока.

Новое дыхание реле переменного тока получили с разработкой высоковольтных симисторных драйверов, выполненных в DIP-корпусах и имеющих изоляцию до 4000 В и выше. Стало возможным выпускать дешёвые реле пере-

менного тока с высокими параметрами гальванической развязки. Что же касается ТТР постоянного тока, то они, как уже было сказано выше, обязаны своим появлением высоковольтному МОП-транзистору и фотовольтаическому оптрону, выполненному с применением фотодиодной матрицы, сигнал которой можно использовать непосредственно для управления затворами МОП-транзисторов [1].

Что касается классификации то, в отечественных ГОСТах отсутствует классификация ТТР, будем проводить её на примере изделий, выпускаемых ЗАО «Протон-Импульс». ТТР можно разделять по типу коммутируемых сигналов, по способу управления, быстродействию, скорости срабатывания, по конструктивно-присоединительным размерам и т. д.

Существуют реле с токовым и потенциальным (уровнем напряжения) управлением. Под токовым управлением подразумевается реле, которое имеет входную (управляющую) цепь, состоящую из одного светодиода без токоограничивающего (балластного) резистора. Такое исполнение входной цепи позволяет разработчикам РЭА применять ТТР с управляющими напряжениями различного уровня. Расчёт балластного резистора в этом случае проводит разработчик РЭА [1].

В таблицах 1-3 приведены ТТР переменного и постоянного тока, а также реверсивные реле.

Таблица 1 [2] Твердотельное реле переменного тока

Однофазные твердотельные реле переменного тока без контроля перехода фазы коммутируемого напряжения через "0"	Нормально-замкнутые	5П19.01ТС 5П19.01ТСА 5П19.01ТСБ 5П19.01ТСВ
	Нормально-разомкнутые	5П19.10ТС 5П19.10ТСА 5П19.10ТСБ 5П19.10ТСВ
Однофазные твердотельные реле переменного тока с контролем перехода фазы коммутируемого напряжения через "0"	Нормально-разомкнутые	5П19.10ТМ 5П19.10ТМА 5П19.10ТМБ 5П19.10ТМВ
Трёхфазные твердотельные реле переменного тока без контроля перехода фазы коммутируемого напряжения через "0"		5П36.30ТС 5П36.30ТСА 5П36.30ТСБ 5П36.30ТСВ
Трёхфазные твердотельные реле переменного тока, с контролем перехода фазы коммутируемого напряжения через "0"		5П36.30ТМ 5П36.30ТМА 5П36.30ТМБ 5П36.30ТМВ

Таблица 2 [2] Твердотельное реле постоянного тока

Однополярные твердотельные реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах	Нормально-замкнутые	5П20.01ПА
	Нормально-разомкнутые	5П20.10П 5П20.10ПА
	быстродействующие реле с трансформаторным	5П20.10ПБ(Б)-25-2-В28 5П20.10ПВ(Б)1-200-2,5-



## Секция «Полупроводниковая электроника и оптоэлектроника»

	управлением	Д48 5П20.10ПГ(Б)1-200-2,5- Д48
Биполярные твердотельные реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах	Нормально-разомкнутые	5П19.10П 5П19.10ПА
Специализированное промежуточное твердотельные реле	1 нормально-закрытый и 1 нормально-открытый контакты	5П19.11ПВ-3-4-В101
Однополярные твердотельные реле на IGBT	Нормально-разомкнутые	5П20.10G 5П20.10GD 5П20.10GA 5П20.10GDA
Однополярные быстродействующие твердотельные реле постоянного тока на МОП-транзисторах	С питанием по выходу	5П40.10П 5П40.10ПА
	С питанием по входу	5П62.10П
Однополярные быстродействующие твердотельные реле постоянного тока на IGBT	С питанием по выходу	5П40.10G 5П40.10GD 5П40.10GA 5П40.10GDA
	С питанием по входу	5П62.10G 5П62.10GD
Твердотельные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах	Однополярные	5П59.10П
	Биполярные	5П57.10П
	Реле с защитой по току	5П59.22ПТ-5-5 5П59.10ПТСБ 5П59.10П ТСК
Твердотельные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на IGBT	С питанием по входу	5П59.10G 5П59.10GD
Модули силовые полумоста с опторазвязкой		5П64.GD
Твердотельное реле токовое с подключением обмоток электромагнитного реле		5П20.20Т/50

Таблица 3 [2] Реверсивные твердотельные реле

Однофазные твердотельные реле	5П19.20ТС
	5П19.20ТМ
	5П55.10ТМ
	5П55.10ТМБ
Двухфазные твердотельные реле	5П55.20ТМ
Трёхфазные твердотельные реле	5П55.30ТМА
	5П55.30ТМБ
	5П55.30ТМВ

Условные обозначения реле, используемые «Протон-Импульс», приведён на рисунке 1.

Рассмотрим формирование управляющих сигналов ТТР. Отметим режим работы входной цепи, который определяет надёжную работу во всем диапазоне внешних воздействий. Расчёт данного параметра имеет большое значение в применении реле.

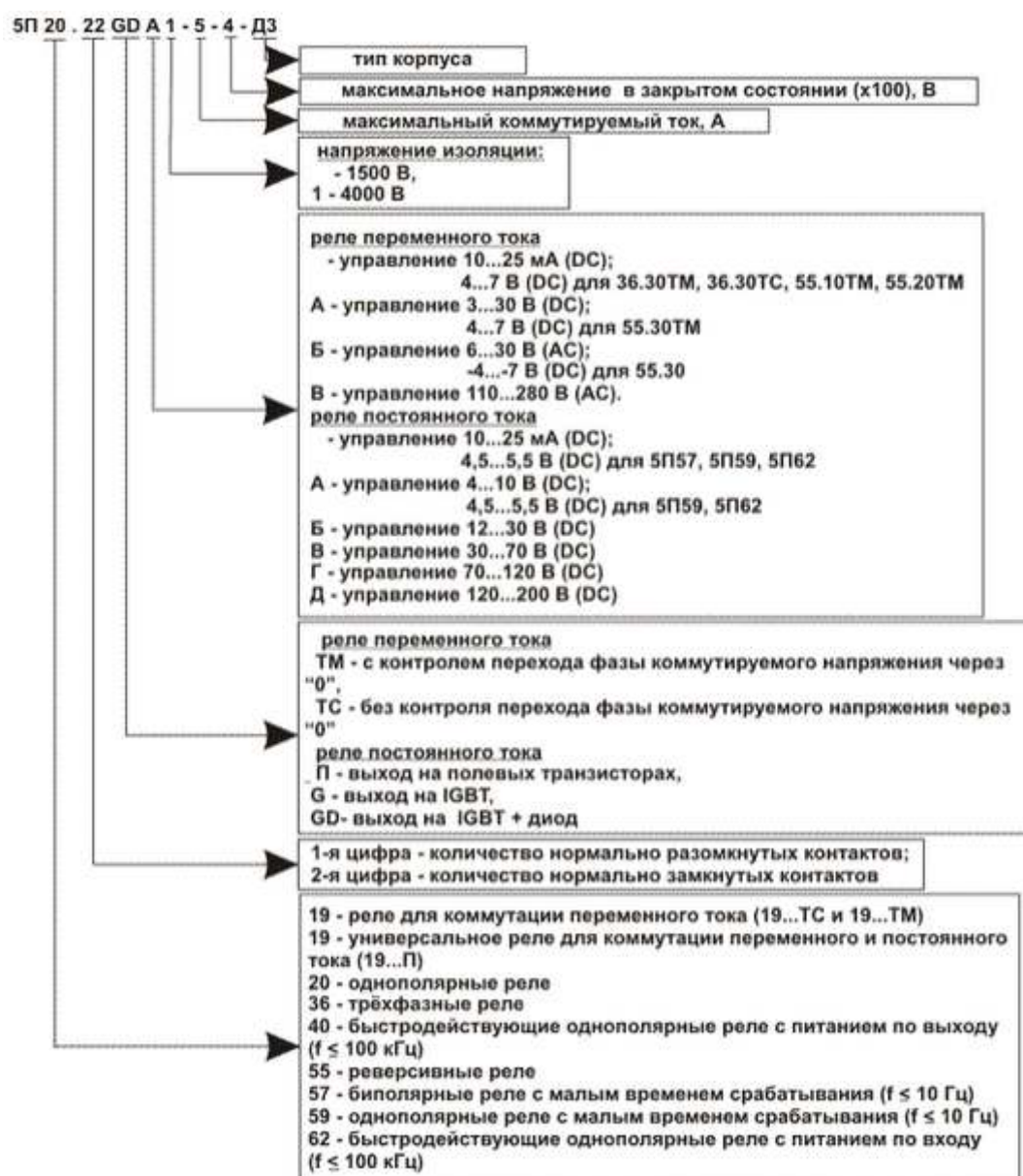


Рис.1 – Условное обозначение твердотельных реле [2]

Схемотехнически входные цепи ТТР могут быть токовыми либо потенциальными (рис. 2а и 2б).

Такое разделение имеет большую разницу, так как в первом случае параметром входной цепи реле является входное напряжение, а параметром режима, подаваемого на вход реле, является ток (токовое управление). Во втором случае входным параметром реле является ток, а параметром режима — напряжение (потенциальное управление).

Строгий расчёт необходимых номиналов входных резисторов для ТТР с токовым входом может быть проведён с помощью выражения для вольт-амперной характеристики (ВАХ) входного светодиода ТТР.

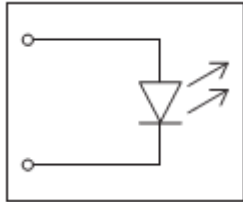
Расчёт проводится следующим образом [1]:

1. На оси напряжения входной вольт-амперной характеристики откладывается величина питания входной цепи  $U_{п}$ .

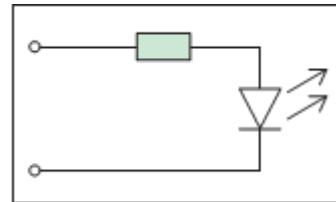
2. На оси токов откладывается величина задаваемого входного тока  $I'_{вх}$ . Обычно эта величина может быть рассчитана по формуле [1]:

$$I'_{вх} = (I_{вх.min} + I_{вх.max})/2$$

где  $I_{вх.min}$  и  $I_{вх.max}$  — минимальное и максимальное значения входного тока (берётся из таблицы предельно-допустимых значений).



а) Токковая входная цепь



б) Потенциальная входная цепь

Рис. 2 — Входные цепи твердотельных реле

3. Из точки  $I'_{вх}$  проводим прямую, параллельную оси напряжения, до пересечения с ВАХ входной цепи.

4. Соединяем точку, полученную на ВАХ, с точкой  $U_{п}$  и получаем прямую линию, пересечение которой с осью тока образует точку  $I''_{вх}$ .

5. Определяем сопротивления резистора  $R_{вх}$  по формуле [1]:

$$R_{вх} = U_{п} / I''_{вх}$$

На рисунке 3 видим графический расчёт входной цепи.

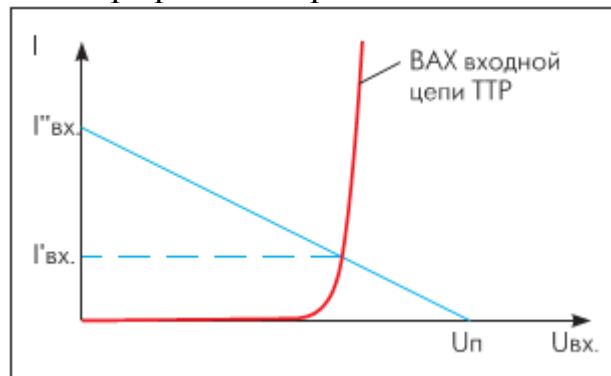


Рис. 3 – Графический расчёт входной цепи ТТР с токовым входом (этап 1)

[1]

Входные цепи ТТР подвергаются воздействию помех, так как коммутируются большие токи и могут появляться шумы. Существует несколько способов их подавления, из них мы рассмотрим с помощью стабилитрона и включения параллельного резистора.

Если применять первый способ, то при расчёте входного резистора нужно учитывать падение напряжения на стабилитроне:

$$I_{вх} = (U_{упр} - U_{ст} - U_{сд}) / R_{вх},$$

где  $U_{упр}$  — напряжение управления;  $U_{ст}$  — падение напряжения на стабилитроне;  $U_{сд}$  — прямое падение напряжения на светодиоде входной цепи ТТР;  $R_{вх}$  — сопротивление входного резистора.

В результате мы получим такой график:

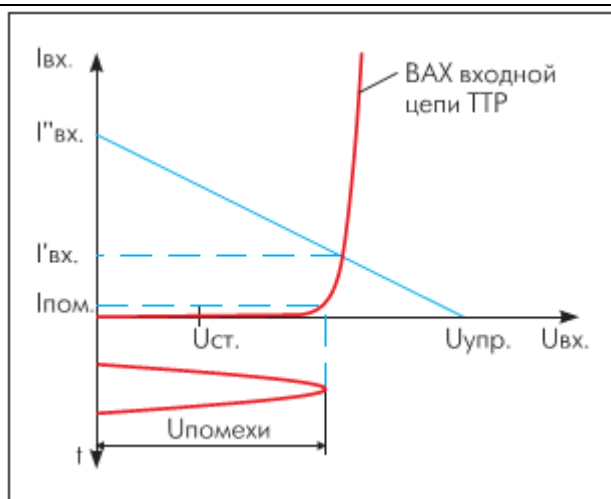


Рис. 4 – Графический расчёт входной цепи ТТР с токовым входом (этап 2)

[1]

В случае если используем подавляющей резистор, то суть такой схемы заключается в том, что до определённого момента, когда входное напряжение меньше  $U_1$ , почти весь ток протекает через резистор. В итоге получаем:



Рис. 5 – Графический расчёт входной цепи ТТР с токовым входом (этап 3)

[1]

Немало важным параметром будет являться время переключения ТТР, оно должно быть как можно меньше, чтобы сократить тепловые потери. Для увеличения скорости переключения ТТР и повышения его нагрузочных и частотных свойств можно применить цепи форсажа:

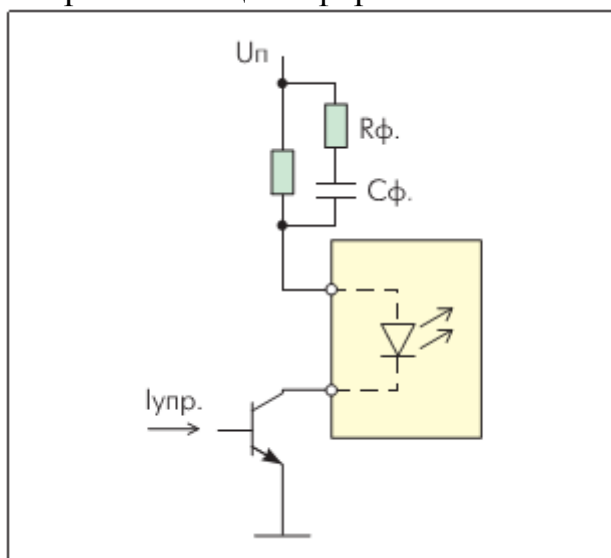


Рис. 6 – Цепь форсажа [1]

Форсаж применяется с целью снижения динамических тепловых потерь при переключении твердотельных реле. Расчёт токоограничивающего резистора проводится обычным методом [4]. Расчёт резистора  $R_f$  и емкости  $C_f$  проводят исходя из условий, что импульс тока не должен превышать 0,8–1 А, а его длительность — 100 мкс, причём действующее значение входного тока  $I_{вх.д}$  должно быть ограничено значением предельно допустимого входного тока для данного типа ТТР. Действующее значение входного тока реле для прямоугольных импульсов определяется по формуле [1]:

$$I_{вх.д} = \frac{I_a}{\sqrt{q}}$$

где  $I_a$  — амплитудное значение импульса;

$q = T/t$  — скважность следования импульсов ( $T$  — период следования импульсов;  $t$  — длительность импульса).

Сделаем вывод из всего выше сказанного. Подавать на вход реле токи и напряжения, не выходящие за пределы максимальных и минимальных параметров, определённых в ТУ. Следить за длительностью фронтов входных сигналов. Перед включением реле с токовым входом установить ограничивающий резистор, в противном случае реле выйдет из строя. При применении форсированных цепей провести испытания на надёжность, прежде чем их использовать. Правильность расчёта входных цепей ТТР подтверждайте непосредственным измерением входного тока по падению напряжения на входном резисторе и напряжения на входе реле.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Николай «Основные параметры и особенности применения твердотельных реле ЗАО «Протон-Импульс» // Компоненты и технологии. 2005. № 6. – С.16-24
2. Твердотельное реле // Протон-Импульс: URL: <http://www.proton-impuls.ru>
3. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники. Л.: Энергия. 1981.
4. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио. 1980.

---

## СЕКЦИЯ «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЗВЕШИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПИЩЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ВЫПЕКАЕМЫХ В ПЕЧИ

Автор: Тимошенко А.А.

Руководитель: Суздальцев А.И.

Автоматизация управлением современных кондитерских газовых печей (далее – КГП) сводится к автоматической поддержке температур. Данная поддержка необходима вследствие изменения температуры теплоносителя в камере печи, которое вызвано выделением влаги выпекаемыми тестовыми заготовками (далее – ТЗ) в сам теплоноситель. Однако, если изменять влажность теплоносителя в зоне печи возможно путем изменения ширины заслонки отвода паров упека на основании данных об отклонении температуры теплоносителя от нормы, то изменение влажности выпекаемых в печи ТЗ представляется возможным отслеживать только на выходе из печи. Это осуществляется в лабораторных условиях путем экспресс-анализа. На основании полученных данных о конечной влажности  $\omega$  ТЗ принимается решение о том, является ли выбранный режим выпечки оптимальным для данного сорта ТЗ или же он требует корректировки, а выпеченная ТЗ поступает на выбраковку.

Решением данной проблемы является использование метода контроля влажности, основанном на взвешивании ТЗ непосредственно на выходе ее из зоны и принятия оперативного решения о необходимости или отсутствии таковой в регулировке температуры теплоносителя в зоне печи [1]. Для однозонной печи взвешивание ТЗ может осуществляться весовым трехприводным мини-роботом, эскиз которого представлен на Рис.1.

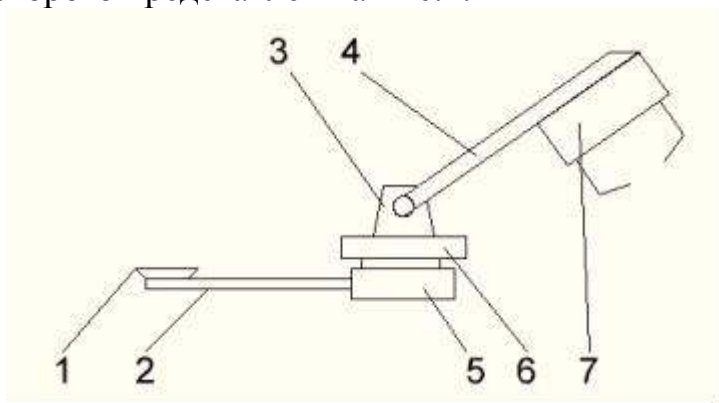


Рисунок 1 – Трехприводной весовой мини-робот

Такой мини-робот состоит следующих деталей: 1 – чаша весов, 2 – стрела чаши весов, 3 – сервопривод поворота стрелы схвата, 4 – стрела схвата, 5 – сервопривод, 6 – платформа, 7 – схват.

Циклограмма, по которой работает мини-робот, представлена на рисунке 2.

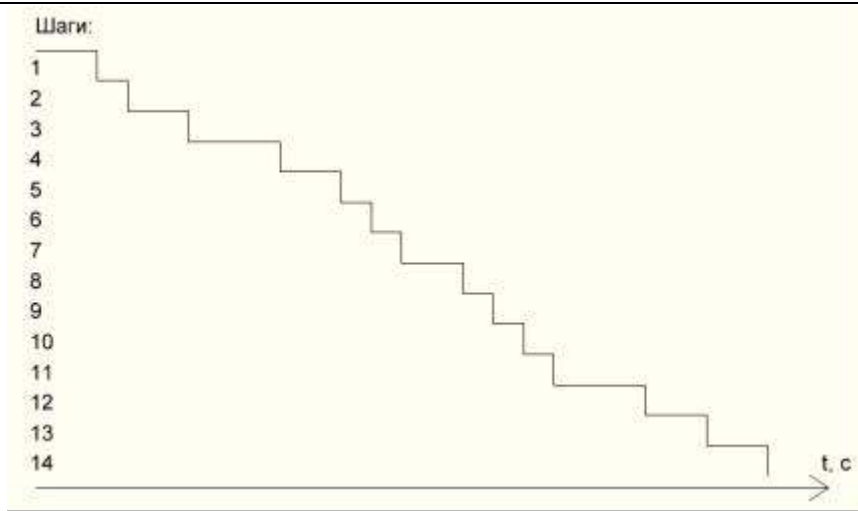


Рисунок 2 – Временная диаграмма работы весового мини-робота.

Каждый цикл работы весового мини-робота состоит из следующих шагов:

- Опускание стрелы схвата;
- Захват ТЗ;
- Подъем стрелы схвата;
- Поворот стрелы схвата на угол  $\alpha$ ;
- Опускание стрелы схвата;
- Выброс ТЗ;
- Подъем стрелы схвата;
- Взвешивание ТЗ;
- Опускание стрелы схвата;
- Захват ТЗ;
- Поворот стрелы схвата;
- Опускание стрелы схвата;
- Выброс ТЗ;
- Подъем стрелы схвата.

Как видно из эскиза и циклограммы, мини-робот содержит в себе три электропривода, которые по определенной последовательности совершают действия, являющиеся наиболее продолжительными по времени относительно других шагов. Два из этих приводов отвечают за функции поворота стрелы робота, а один, находящийся внутри корпуса схвата, отвечает за сжатия/разжатия его лопастей. Эти механические элементы невозможно эксплуатировать при высоких температурах окружающего воздуха, которые находятся внутри печи вследствие различных температурных коэффициентов расширения материалов, из которых они сделаны, а также необходимости производить взвешивание на чаше весов, которая, в случае установки ее внутри печи будет иметь температуру теплоносителя. Следовательно, он пригоден только для использования вне камеры печи, например, на выходе из печи в случае, если печь состоит из одной зоны, управление температурой которой осуществляется (Рис.3).

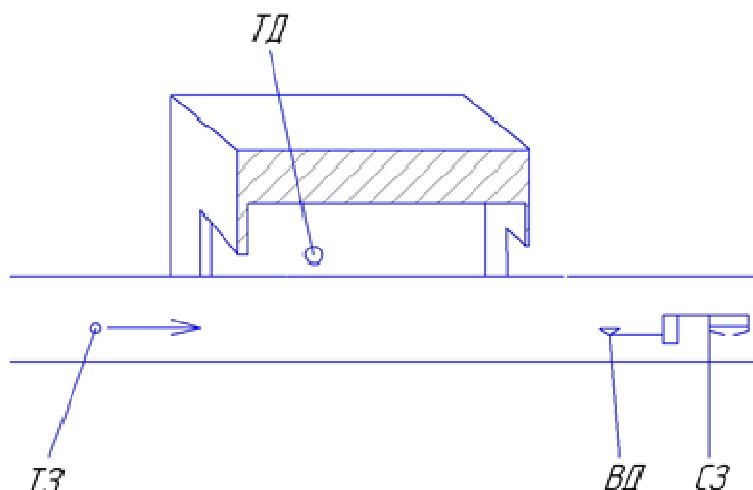


Рисунок 3 – Однозонная КГП

При выпекании ТЗ движутся на конвейере через камеру, в которой установлен термодатчик ТД, а на выходе из камеры находится весовой мини-робот, осуществляющий с помощью системы захвата (СЗ) перенос тестовых заготовок с конвейера на весовой датчик ВД и обратно. Но в случае трехзонных печей, которые позволяют более гибко управлять выпеканием изделий пищевого назначения, такой мини-робот неприменим на выходе каждой из трех зон, первые два из которых являются входами, соответственно, второй и третьей зоны. Для решения проблемы получения информации о массе выпекаемых ТЗ в такой печи нами предлагается на выходе из каждой зоны внутри самой печи размещать трубу, которая будет осуществлять всасывание выпекаемой ТЗ в себя и перенос за пределы камеры печи в такое место, в котором стандартные весовые датчики смогут работать без перегрева. Эскизно предлагаемый нами робот представлен на Рис.4.

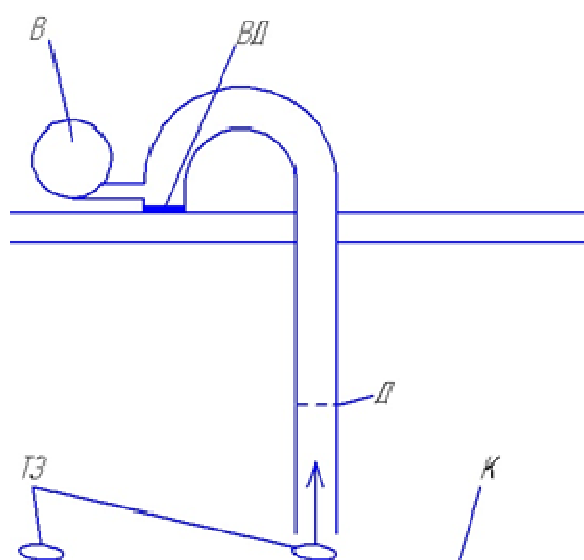


Рисунок 1 – Робот-насос.

В таком роботе тестовые заготовки ТЗ, движущиеся вместе с конвейером К попадают под сопло трубы робота и в нужный момент за счет вращения ло-



пастей вентилятора В, расположенного за пределами камеры печи, выпекаемая ТЗ втягивается в трубу и устремляется вверх. Как только она преодолевает датчик Д, срабатывает таймер, который отключает вентилятор В в тот момент, когда исследуемая ТЗ находится на вершине дуги трубы робота. По инерции ТЗ движется дальше в трубу и уже под действием сил притяжения она падает вертикально на весовой датчик ВД, с которого снимается информация о весе ТЗ на выходе определенной зоны печи и поступает для анализа и принятия решения об управлении (или отсутствии такого) в ПК. Так как все механизмы, ответственные за работу такого робота, находятся за пределами камеры печи в нормальных температурных условиях, то можно гарантировать продолжительную работоспособность такого робота. Нахождение весового датчика в условиях комнатной температуры является гарантом его низкой погрешности и высокой точности измерения масс.

### ЛИТЕРАТУРА

Суздальцев А.И., Сафронова Н.А., Андреев В.О., Тимошенко А.А., Поплавный С.И. Новый подход к повышению уровня автоматизации процесса выпечки изделий пищевого назначения, направленный на сокращение брака. [Текст] / Суздальцев А.И., Сафронова Н.А., Андреев В.О., Тимошенко А.А., Поплавный С.И., Информационные системы и технологии — №6 (86) ноябрь-декабрь 2014 г. с.111-117.

### ВИДЫ РАДИОЛОКАЦИИ

Анцифоров И.А., Решетников А.Е., студенты  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Термин «радиолокация» составлен из двух слов: *radiar* — излучать и *locus* — место. Отсюда «радиолокация» буквально означает определение места объекта посредством радиоизлучения. Более полное определение радиолокации обычно дается в следующем виде.

*Радиолокацией* называется область радиотехники, использующая явления отражения и излучения электромагнитных волн различными объектами для их обнаружения, определения местоположения и параметров движения в пространстве.

Процесс обнаружения объектов, определения их координат и параметров движения радиотехническими методами называется *радиолокационным наблюдением*. Специальные радиотехнические устройства, выполняющие эти задачи, называются *радиолокационными станциями* (РЛС) или *радиолокаторами*. Объекты радиолокационного наблюдения носят название *радиолокационных целей*. Такими целями могут быть, к примеру, самолеты, ракеты и их боевые головки, искусственные спутники земли в полете, грозовые облака, корабли и другие надводные объекты, а кроме того любые наземные объекты.

Полезная информация о радиолокационном объекте доставляется радиосигналами, приходящими от объекта к радиолокационной станции. В зависимости от происхождения этих сигналов радиолокация подразделяется на *пассивную и активную*.

*РЛС пассивной системы* содержит в своем составе приемную антенну направленного действия, радиоприемное устройство и индикатор.

Отсутствие излучения зондирующего сигнала повышает скрытность работы, существенно затрудняет обнаружение пассивных радиолокационных станций и создание им помех. Различают пассивную радиолокацию объектов с искусственным (радиопередатчики различного назначения) и естественным (тепловым) излучением радиоволн. Приём пассивной РЛС радиоволн, излучаемых земной и водной поверхностями, используется для снятия радиолокационной карты местности в навигационных целях или обзора местности с целью её разведки, а также для обнаружения отдельных объектов с интенсивным тепловым радиоизлучением. Поэтому пассивная радиолокация называется часто *радиотеплолокацией* [1].

Такая РЛС имеет радиоприёмник и антенну с узкой, иглообразной диаграммой направленности, сканирующей в заданном секторе. Принятые сигналы после обработки в приёмнике поступают на электроннолучевой индикатор, у которого развёртка изображения синхронизирована с перемещением диаграммы направленности антенны. На экране индикатора получают картину теплового радиоизлучения местности. С помощью РЛС пассивной системы можно, например, различать границу между водой и сушей, определять трассу проходящих судов, так как температура кильватерной струи бывает выше температуры воды.

Кроме того, пассивные РЛС используются для обнаружения и определения координат воздушно-космических объектов, в частности баллистических ракет на активном участке полёта, и угловых координат таких источников радиоизлучения как Солнца, Луны и звезд. Последнее служит навигационным целям определения широты и долготы точки размещения РЛС. На этом принципе работают так называемые *радиосекстаны*.

В отличие от активной радиолокации, пассивная радиолокация не позволяет найти дальность объекта по данным приёма сигналов только в одном пункте. Для полного определения координат объекта необходимо совместное использование двух (или более) РЛС, разнесённых на некоторое (известное) расстояние.

Дальность действия пассивных РЛС при резко контрастных объектах может превосходить дальность действия активных (излучающих) РЛС. Точности измерения угловых координат пассивными и активными РЛС примерно одинаковы, точность определения дальности у пассивных РЛС, как правило, ниже.

*Активная система радиолокации* может быть с *пассивным (первичная радиолокация)* и *активным ответом*. РЛС с пассивным ответом содержит радиопередатчик, приемопередающие антенны, радиоприемник и индикатор. Электромагнитная энергия прямых или зондирующих сигналов, излучаемых пере-

дающей антенной, распространяясь в пространстве, отражается от объекта и принимается приемником.

С выхода приемника усиленные отраженные сигналы поступают на индикатор, где преобразуются в форму, удобную для получения информации о принятых сигналах.

*Активная радиолокация с активным ответом* отличается от системы с пассивным ответом наличием на объекте или заранее обусловленном пункте приемопередатчика (ответчика), который отвечает на сигналы РЛС (запросчика). Такая система позволяет не только обнаружить и определить координаты объекта, но и опознать объект.

В зависимости от структуры зондирующих радиолокационных сигналов различают два метода радиолокационного обнаружения: *метод непрерывного излучения колебаний и импульсный* [2].

Импульсный метод радиолокации

В основе наиболее распространённого вида радиолокации — радиолокации с зондирующим излучением — лежит явление отражения радиоволн. Импульсная РЛС периодически излучает кратковременные импульсы сверхвысокочастотных колебаний (СВЧ), а в промежутке между посылаемыми (зондирующими) импульсами принимает отраженные от объектов импульсные сигналы. Отраженный импульсный сигнал от каждого объекта запаздывает по отношению к зондирующему сигналу на время

$$t_D = 2D/c,$$

где  $D$  — расстояние до объекта;  $c$  — скорость распространения радиоволн.

По этому интервалу времени определяется расстояние или дальность

$D = ct_D / 2$ , а с помощью остронаправленной антенны РЛС — направление (курсовой угол или пеленг) на обнаруженный объект (цель).

При одновременном обнаружении нескольких объектов принимаемые отраженные сигналы будут смещены во времени в зависимости от дальности до этих объектов. Отмеченная особенность импульсного режима работы РЛС позволяет довольно просто одновременно наблюдать за многими объектами, расположенными в радиусе действия РЛС.

К преимуществам импульсной РЛС относится также сравнительная простота использования одной и той же антенны, как для передачи, так и для приема радиолокационных сигналов.

Недостатками импульсных РЛС являются необходимость применения больших пиковых мощностей; сложность определения скорости движения объектов; невозможность измерения очень малых расстояний и относительно большая минимальная дальность радиолокационного обнаружения, зависящие от длительности импульсов, минимальное значение которых ограничивается шириной частотного спектра и временем протекания переходных процессов в аппаратуре.

Несмотря на отмеченные недостатки, преимущества импульсного метода радиолокации, обеспечивающие работу РЛС в режиме кругового обзора, являются решающими для судовых навигационных РЛС.

### **Метод непрерывного излучения колебаний**

Метод непрерывного излучения колебаний при радиолокационном обнаружении объектов основан на *эффекте доплера*, при котором частота сигнала, поступающего на приемное устройство, меняется в зависимости от относительной скорости движения между передатчиком и приемником. В результате доплеровского эффекта принимаемая частота выше – при уменьшении расстояния между передатчиком и приемником и ниже – при увеличении этого расстояния. Если относительное движение отсутствует, то принимаемая частота точно соответствует передаваемой частоте.

Доплеровская РЛС непрерывного излучения - самая простая из всех. Она содержит генератор высокочастотных колебаний (гвч), передающую  $a_{\text{пер}}$  и приемную  $a_{\text{пр}}$  антенны, смеситель и усилитель низкой частоты биений (унч). В зависимости от назначения РЛС на его выходе включаются либо наушники, либо частотомер.

Доплеровская РЛС не обнаруживает неподвижные предметы. Сигнал, отраженный от них имеет ту же самую частоту, что и излучаемый. Но если обнаруживаемый объект движется в направлении локатора или от него, частота отраженного сигнала изменяется вследствие эффекта Доплера.

В приемную антенну попадают два сигнала: прямого прохождения (от излучающей антенны) и отражённый от цели. При наличии развязывающего устройства излучение и приём сигналов в доплеровской РЛС осуществляется на одну антенну.

Определить дальность доплеровским локатором нельзя, но если частоту излучаемых колебаний изменять в некоторых пределах, т.е. ввести в генератор *частотную модуляцию*, то появляется возможность измерить дальность.

В области радиолокационных систем (РЛС), как и в любой другой области техники, происходит непрерывный процесс обновления, замены устаревших средств новыми модификациями. Расширяются и усложняются решаемые ими задачи, растут их показатели эффективности и качества, совершенствуются прежние и создаются новые конструкции, расширяются связи РЭС с другими системами.

В развитии радиоэлектронных систем можно указать определенные этапы или поколения. Например, в истории развития радиоэлектронных систем значительный период занимал этап конструирования РЭС с использованием электронных ламп. Он сменился этапом развития радиоэлектронных систем с применением полупроводниковых элементов, за которым последовал новый этап построения РЭС на основе интегральной схемотехники (интегральных микросхем и микропроцессоров).

Развитие микроэлектроники и вычислительной техники дало широкие возможности для применения в радиоэлектронике цифровых методов обработки и преобразования информации. Применение идей и методов цифровой обработки сигналов открывает принципиально новые возможности в различных областях радиоэлектроники и прежде всего в таких, как радиосвязь, радиолокация, радиоуправление.

Особенно широко используются в радиоэлектронике достижения таких разделов физики, как физика твердого тела, оптика. Успехи в области когерентной оптики, голографии и в других областях физики способствовали созданию и развитию оптических методов обработки и преобразования информации. Они нашли свое применение, например, в радиолокации (РЛА), в микро-волновой технике и других областях [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов М.А., Роговой И.И., Чечельницкий М.И. Основы импульсной радиотехники и Радиолокации / Под ред. И.Г. Хорбенко. – М.: ВИМО СССР, 1968. 552 с.
2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. 320 с.
3. Радиоэлектронное оборудование / Под ред. Сидорина В.М. – М.: ВИ, 1990. 288 с.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Петров С.П., аспирант

Рук. Шорин К.Д. д.т.н., проф. «Электрооборудование и энергосбережение»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

*Предложена конструкция индивидуального автоматического регулятора давления газа, позволяющего повысить экономичность работы системы газоснабжения зданий промышленного и гражданского назначения.*

*Suggest taking design individual automatic gas pressure regulator, helps to raise the efficiency of the gas supply system of buildings for industrial and civil use.*

Одной из основных задач управления температурным режимом в системах централизованного теплоснабжения является стабилизация температуры воздуха в отапливаемых зданиях на требуемом (нормативном) уровне. [1,2].

В развитых европейских странах для обеспечения комфортных температурных условий и экономии ТЭР на отопительных приборах устанавливаются индивидуальные автоматические регуляторы температуры (термостаты), поддерживающие заданную температуру воздуха в отапливаемых помещениях (принцип работы по отклонению регулируемого параметра) [3,4,5].

Авторами предлагается конструкция индивидуального автоматического регулятора давления газа, работающего на принципе по возмущению, позволяющего повысить экономичность работы системы газоснабжения за счет регулирования подачи газа в зависимости от температуры наружного воздуха.

На рисунке 1 показана конструкция регулятора давления газа [6].

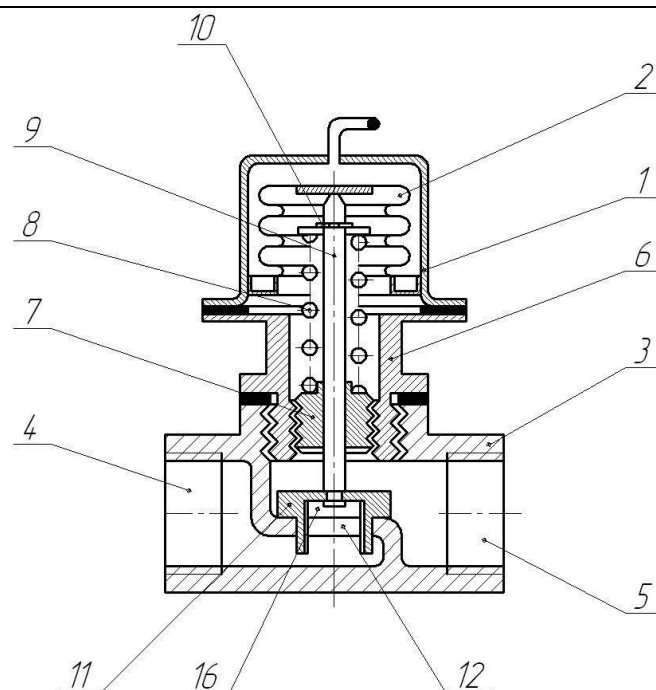


Рисунок 1 - Конструкция регулятора давления газа

На рисунке 2 представлена конструкция клапана регулятора давления газа.

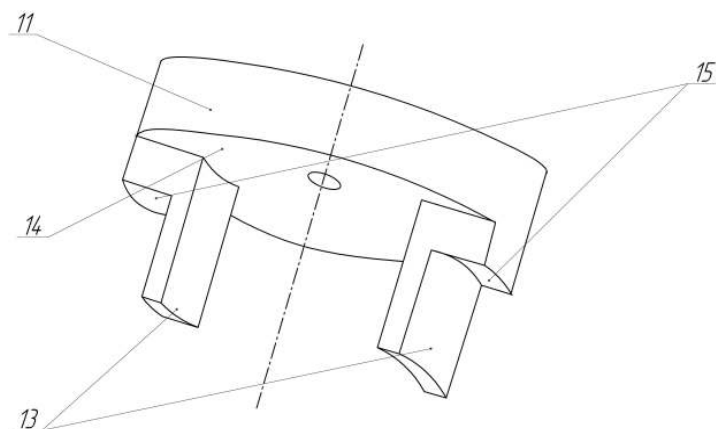


Рисунок 2 – Конструкция клапана регулятора давления газа

Регулятор давления газа состоит из: манометрической системы 1 с упругим чувствительным элементом 2, корпуса 3, имеющего входную камеру 4 и выходную камеру 5, крышки 6, соединяющей манометрическую систему 1 с корпусом 3, резьбовой втулки 7, изменяющей начальное усилие регулировочной пружины 8, закрепленной одним концом на штоке 9 при помощи стопорной шайбы 10, клапана 11, кинематически связанного с упругим чувствительным элементом 2 через шток 9, и взаимодействующего с седлом 12 корпуса 3.

Регулятор давления газа работает следующим образом. При изменении температуры наружного воздуха выше значения, устанавливаемого при помощи резьбовой втулки 7, вращение которой изменяет начальное усилие регулировочной пружины 8, повышается давление наполнителя в манометрической системе 1, действующее на упругий чувствительный элемент 2. С противоположной стороны на упругий чувствительный элемент 2 действует давление ра-

бочей среды (природного газа), которое составляет не более 2 кПа, что несоизмеримо меньше давления, развиваемого наполнителем манометрической системы 1. Перемещаясь под действием разности давлений, упругий чувствительный элемент 2 через шток 9 передает движение клапану 11. Клапан 11, перемещаясь в направлении седла 12, расположенного в корпусе 3, уменьшает расход и соответственно давление газа, поступающего в зону сгорания. Соосное перемещение клапана 11 относительно седла 12 обеспечивается при помощи направляющих элементов 13, расположенных на торцевой поверхности 14 клапана 11. При взаимодействии клапана 11, посредством упоров 15, выполненных на внешней боковой поверхности направляющих элементов 13, с седлом 12, между торцевыми поверхностями клапана 11 и седла 12 остается гарантированное проходное сечение 16, обеспечивающее минимально допустимое давление газа для поддержания режима работы котла, составляющее ориентировочно 40% от максимального давления. Наличие гарантированного проходного сечения 16 исключает возможность обмерзания клапана 11 при минусовой температуре наружного воздуха и обеспечивает бесперебойную подачу газа в зону сгорания.

При понижении температуры наружного воздуха давление наполнителя в манометрической системе 1 снижается и упругий чувствительный элемент 2 под действием усилия регулировочной пружины 8 перемещает клапан 11 в направлении от седла 12, увеличивая подачу газа в зону сгорания. Наличие резьбовой втулки 7 позволяет производить настройку регулятора в широком диапазоне температур наружного воздуха, что дает возможность использовать регулятор давления газа в различных климатических районах.

На рисунке 3 представлена расходная характеристика регулятора давления газа, которую обеспечивает разработанная конструкция клапана (рисунок 2).

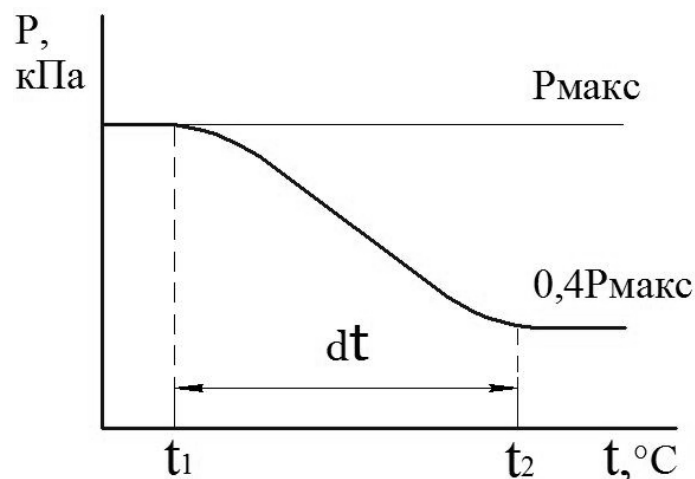


Рисунок 3 – Расходная характеристика регулятора давления газа

Как видно из рисунка, расходная характеристика регулятора давления газа в диапазоне от  $t_1 = -26^{\circ}\text{C}$  (расчетная температура наружного воздуха по Орловской области) до  $t_2 = +8^{\circ}\text{C}$  (среднесуточная температура наружного воздуха, характеризующая начало отопительного сезона) практически линейна. Однако

системных исследований проблемы, каким образом линейная характеристика по расходу газа влияет на качество поддержания температурного режима в здании практически не проводилось, что и обуславливает необходимость проведения авторами исследований в этом направлении с целью совершенствования конструкции регулятора давления газа.

### **Заключение**

Для реализации и широкого внедрения предлагаемой конструкции регулятора необходимо решить ряд научных и технических задач, включающих:

- разработку математической модели системы управления температурным режимом здания;
- проведение анализа конструкции регулятора и определение ограничений области его применения;
- параметрический синтез для определения профиля и расходной характеристики клапана регулятора;
- изготовление опытного образца регулятора с параметрами, соответствующими результатам параметрического синтеза;
- проведение лабораторных и натурных испытаний регулятора;
- определение адекватности теоретических и экспериментальных исследований.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Петров, С.П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками [Текст]: монография / С.П. Петров; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева. – М.: Машиностроение –1, 2007. - 304 с.
2. Подмастерьев, К.В. Устройство регулирования температуры воздуха в помещениях / К.В. Подмастерьев, О.С. Петрова // Датчики и системы, 2008. - № 6. - С. 14-18.
3. Подмастерьев, К.В. Экспериментальные исследования статической характеристики датчика температуры устройства контроля и регулирования температуры воздуха в помещении лечебно-профилактического учреждения / К.В. Подмастерьев, О.С. Петрова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2008. № 2. С. 71-75.
4. Петров, С.П. Автоматизация когенерационных систем теплоснабжения с распределенными пиковыми нагрузками [Текст]: монография / С.П. Петров; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева. – М.: Машиностроение –1, 2007. - 304 с.
5. Петров, С.П. Анализ и синтез системы управления процессом передачи тепловой энергии в когенерационной системе централизованного теплоснабжения. [Текст]: монография/ С.П. Петров, М.Н. Маяков; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева. - Орел: Издательский дом «Орлик и К», 2009. - 314 с.
6. Патент № 70719 МПК G05D 16/00. Регулятор давления газа.



---

## СИСТЕМА КАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА НА БАЗЕ СМАРТФОНА

---

Булгакова Н.В., Ларионов С.М., Пиратинский Е.Н., студенты  
Андреев В.Г., д.т.н., доц.

Рязанский государственный радиотехнический университет

На данный момент не возникает проблем, связанных с оценкой таких показателей, как артериальное давление, пульс, индекс напряжённости. С каждым годом системы диагностик модернизируются, и уже практически не встаёт вопрос о качестве диагностики. Проблема проявляется в периодическом отсутствии своевременной диагностики, что в дальнейшем может способствовать развитию различных болезней, а в отдельных случаях приводить к летальным исходам.

Шестая цель Глобального плана ВОЗ (Всемирной организации здоровья) действий в отношении неинфекционных заболеваний предусматривает снижение распространенности случаев повышенного кровяного давления в мире на 25%. Повышенное кровяное давление является одним из основных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. Уровень распространенности повышенного кровяного давления (определяемого как систолическое и/или диастолическое давление  $\geq 140/90$  мм. рт.ст.) в мире среди лиц в возрасте 18 лет и старше в 2014 году составлял около 22% [1].

В рамках Летней школы Академпарка в секции «Приборостроение» было необходимо создать безманжетный тонометр, чтобы у врача была возможность следить за артериальным давлением пациента на расстоянии. По данным компании-заказчика, на мировом рынке крайне мало разработок в области медицины, посвященных возможности непрерывного удаленного контроля артериального давления пациента без использования громоздких и шумных устройств, обладающих манжетами. В это время потребность в подобной разработке становится все более острой. Основная задача – спроектировать, изготовить и протестировать тонометр, разработать алгоритм преобразования сигналов в показания прибора [2].

Предлагаемый программно-аппаратный комплекс позволит производить экспресс-диагностику состояния здоровья человека: оценки пульса и давления, а также индекса напряжённости являются основными направлениями данной разработки.

Рассматриваемое устройство состоит из двух частей: программной и аппаратной.

**Программная часть** заключается в создании оригинального ПО, позволяющего посредством использования аппаратных составляющих определять пульс, давление.

**Аппаратная часть** позволяет снимать необходимые данные посредством синхронного использования аудио- и видеоканала. Осуществимо это за счёт имеющегося (почти у каждого человека) смартфона и небольшого дополнения к нему в виде микрофона.

Первоначальной функцией данного программно-аппаратного комплекса является определение давления: способ является безманжетным, неинвазивным, оптимальным по времени проведения замера показаний (который производится за меньшее время, чем у манжетных тонометров; сравнительные характеристики приведены в таблице).

Метод	I	II	III
Критерий			
Время измерения	30 с	30 с	10 с
Погрешность измерения	$\pm 7$ мм.рт.ст.	$\pm 3$ мм.рт.ст.	$\pm 5$ мм.рт.ст.
Средние габариты	25x42 мм	80x80x70, мм	40x30x25, мм
Наличие манжеты			-
Автоматизация	-		
Цена, руб	900 и выше	1800 и выше	200-500

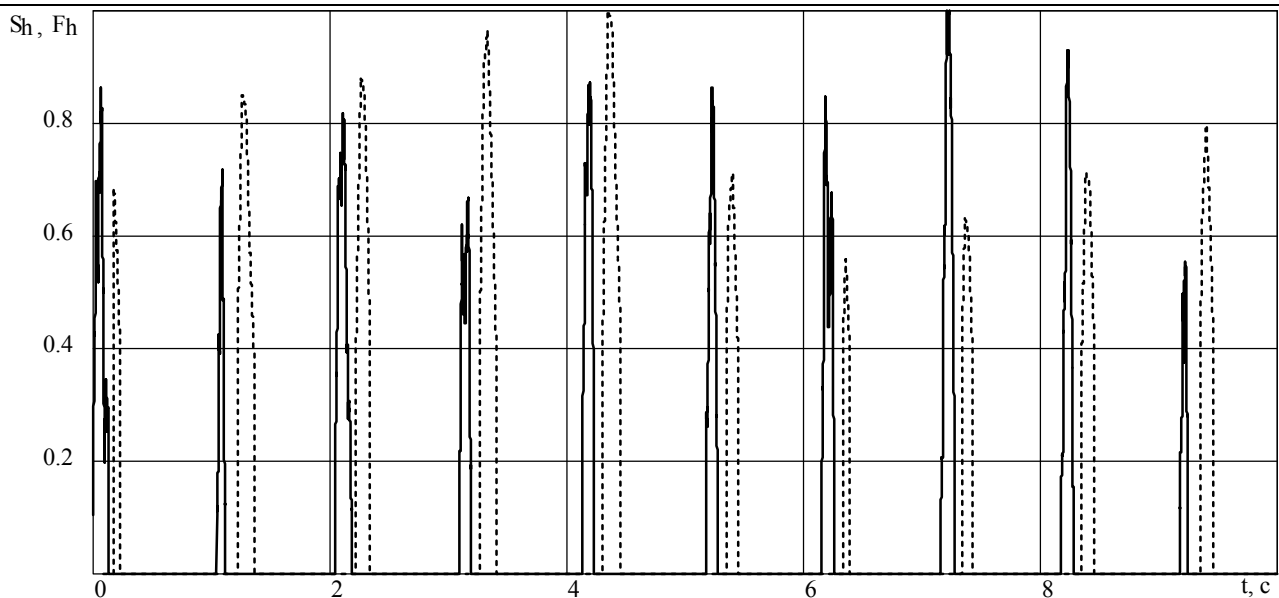
**I – существующий метод.** В его основу положено измерение давления при помощи механического тонометра (манжета с грушей). Способ является неточным, времязатратным (с момента распаковки манжеты до её наложения может пройти несколько минут), а также большую роль играет человеческий фактор.

**II – оптимальный метод.** За него взят манжетный электронный тонометр, одобренный Всемирной Организацией Здравоохранения. Он универсален по отношению к пользователю и его физиологическим особенностям; прибор не нужно калибровать, а также он доступен вне мед. учреждений. Стоимость в среднем варьируется от 1400 до 7000 руб. Основным преимуществом является ненужность калибровки отдельного аппарата, а недостатком – крупные габариты.

Два этих метода являются не очень эффективными ввиду того, что при снятии давления человек не может произвести повторные измерения в течение достаточного длительного (при диагностики) времени.

**III – предлагаемый способ.** Рассматриваемая система отличается от предыдущих: является немеханической, безманжетной. Кроме того по времени съёмки показаний она в разы (2-3) быстрее, а также выгодно отличается от рассмотренных выше по габаритам (что отличает её в лучшую сторону при переносе и хранении). Отсутствии манжеты позволяет производить многократные измерения.

Использование программно-аппаратного комплекса поможет решить сразу несколько проблем: дать оценку пульсу (что уже используется в ряде приложений для смартфонов), давлению (посредством использования программных средств смартфона и дополнительных программно-аппаратных средств, реализующихся при создании данного способа измерения давления), а также индексу напряжённости организма человека.



На графике показаны два потока данных: сплошной линией обозначены аудио данные – звук, полученный от сердца, а пунктирной – видео данные – ряд графических изображений, по совокупности которых можно определить отток и приток крови в пальце. На оси x указаны временные интервалы при снятии данных. Для определения давления достаточно произвести замер показаний в течение 10 секунд.

Помимо определения давления программно-аппаратный комплекс позволяет давать оценку пульсу и производить анализ variability сердечного ритма (ВСР). Чтобы дать оценку индекса напряжённости, необходимо производить более длительную съёмку (около 1 мин). Обработка данных основывается на методике Р.М. Баевского, дающей оценку ВСР человека и эффективность взаимодействия его регуляторных и сердечнососудистой систем [3].

Удобным и наглядным при оценке степени напряжения регуляторных механизмов по вариационной пульсограмме является индекс напряжения ИН, определяемый по формуле: [4]

$$ИН = \frac{A_{Mo}}{2 * Mo * \Delta X}$$

Сущность вариационной пульсометрии заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин. При этом строится вариационная кривая (кривая распределения кардиоинтервалов — гистограмма) и определяются ее основные характеристики:  $Mo$  (Мода),  $AMo$  (амплитуда моды),  $\Delta X$  – вариационный размах [5].

Предлагаемый программно-аппаратный комплекс позволит воспроизводить замеры как отдельно давления и пульса, так и определять индекс напряжённости по данным, которые будут получены при помощи смартфона.

В заключение стоит отметить, что проблема, связанная со своевременной диагностикой артериального давления на данный момент всё ещё является актуальной. Подтверждением тому служит то, что с недавнего времени начало наблюдаться ухудшение состояния здоровья людей при занятиях спортом (в

течение прошлого года на территории РФ было зафиксировано несколько случаев с летальным исходом на занятиях физической культурой среди учеников средних общеобразовательных школ и студентов). Рассматриваемый программно-аппаратный комплекс направлен на своевременную диагностику и предотвращение летальных исходов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ссылка на интернет-ресурс: Информационный бюллетень N°317 Январь 2015 г. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/>
2. Ссылка на интернет-ресурс: <http://54novosti.ru/novost/molodye-uchenye-razrabotayut-tonometr-dlya-udalennogo-kontrolya-za-davleniem/>
3. Иванов С.Ю., Лившиц Н.И. Точность измерения артериального давления по тонам Короткова в сравнении с осциллометрическим методом // Режим доступа URL: <http://www.vestar.ru/article.jsp?id=10369>.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. — М.: Медицина, 1979. — 298 с.
5. Медицинские новости. — 2004. — №9. — С. 37-43. Режим доступа URL: <http://www.mednovosti.by/>
6. Ссылка на патент: Carruthers E M Cardiovascular monitors United Kingdom Pat Application 2 058 355 A GB (Publ. by the Patent Office L. 1981. P. 4).

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ПОКРАСОЧНОЙ КАМЕРЫ.**

Чернов И.А., гр. 51-АП  
Рук. Фёдоров Т.В., к.т.н., доц. «АВТОПЛАСТ»  
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК»

Покрасочные камеры представляют собой помещения, изолированные от участка подготовки кузовов перед покраской.

Необходимость покрасочных камер стала очевидна после появления гаммы глифталевых лаков, сушка которых занимает много часов.

Технические преимущества покрасочных камер таковы:

- нанесение красок и последующая сушка производятся в отфильтрованной воздушной среде, то есть без пыли;
- температуру воздуха в камере и температуру самого кузова можно поддерживать постоянной, независимо от наружной температуры, что обеспечивает хорошее натяжение пленки краски;
- влажность в камере можно контролировать и регулировать, чтобы избежать матовости краски;
- время сушки в камере может быть значительно уменьшено, посредством предварительного нагрева камеры или кузова после предварительной сушки;

- отсутствует опасность попадания краски на соседние автомобили, как это бывает в случае окраски в мастерской, где находятся и другие автомобили;
- постоянная замена воздуха предотвращает насыщение атмосферы в покрасочной камере парами растворителей и красок, вредных для здоровья маляров.

К недостаткам камер следует отнести условия, способствующие для возникновения пожара или взрыва.

Рекомендации оптимальных условий окрасочной камере:

- Приток воздуха: от 16000 м<sup>3</sup>/час.
- Вытяжка воздуха: соответствует притоку либо меньше.
- Мощность горелки: 180000 – 240000 ккал.
- Воздухообмен: 230 – 360 раз/час.
- Скорость движения воздуха: 0,2 – 0,4 м/сек.
- Максимальная относительная влажность воздуха в подготовительном помещении: 70%, при 20°С.
- Рекомендуемая освещенность в покрасочной камере: свыше 1000 люкс в середине окрасочной камеры.
- Относительная влажность воздуха в камере - до 70% при 20°С.
- Оптимальная температура обрабатываемых деталей - 20°С.
- Выдержка после окрашивания перед включением горелки: 10 – 15 мин.
- Время разгона камеры до 60°С - 7 – 15 мин.
- Относительная влажность воздуха в камере при достижении 60°С - до 70%.
- Температура деталей при достижении 60°С в покрасочной камере - 60°.
- Установленное время сушки: 40 мин. [1]

Помимо оптимальных условий, окрасочная камера должна выполнять режимы покраска и сушки.

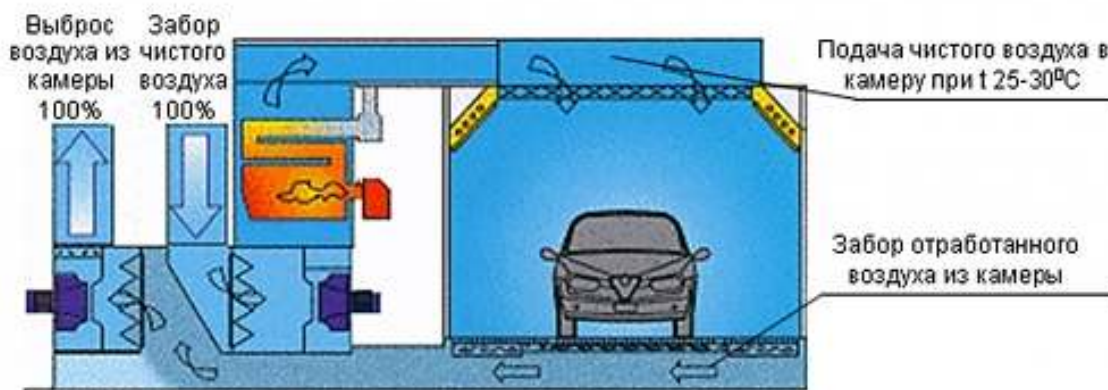


Рисунок 1 – Режим покраски

В режиме покраски оборудование нагревает камеру или окрашиваемую поверхность до температуры, при которой совершается покраска изделия из

краскопульты. Эта температура обеспечивает самые благоприятные условия для испарения разбавителей. Во время окраски оптимальной температурой считается 20 градусов выше нуля.

Переход от режима окраски к сушке не происходит моментально. Камера переходит в специальную фазу выдержки, чтобы очистить воздух в помещении от остатков растворителя, длительностью 15 минут. В течение этого времени удаляются из камеры остатки растворителей и пыли. Когда истекает заданное время, в приточном блоке открывается воздушная заслонка, и окрасочно-сушильная камера переходит в следующий режим сушки. Осуществляются все эти операции автоматически.

В режиме сушки вытяжной вентилятор отключается автоматически, и камера функционирует в фазе рециркуляции, с забором с улицы около 10-15% свежего воздуха для предотвращения перенасыщения растворителями рециркулируемого воздуха, что может спровоцировать матирование лака и образование взрывоопасной смеси. Режим сушки благодаря принципу рециркуляции является очень экономичным, не смотря на цену окрасочно-сушильной камеры: потребление электроэнергии низкое, а расход горючего составляет всего лишь 40% в сравнении с режимом окраски.

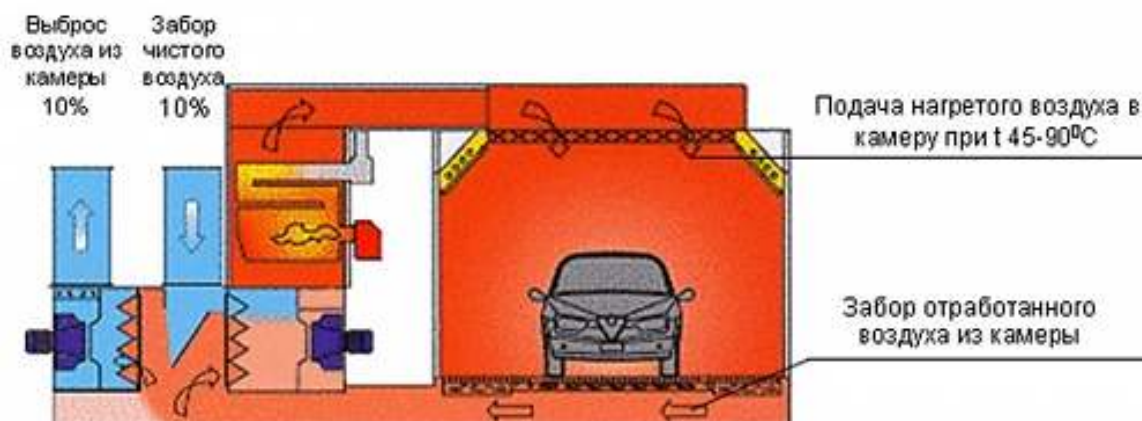


Рисунок 2 – Режим сушки

После режима сушки, которая обычно занимает 30 минут, отключается горелка, закрывается воздушная заслонка, а также включается вытяжной блок. Режим продувки осуществляется благодаря подаче в окрасочно-сушильную камеру наружного воздуха. После истечения 5 минут заканчивается охлаждение, и автоматически отключаются вентиляторы. [2]

Исходя из задач которые должна выполнять окрасочная камера систему управления решено было сделать следующей:

для контроля по загрязнению фильтров в систему подачи и отсоса воздуха ставим по одному датчику разряжения для контроля за всей системы вентиляции и поддержания её в рабочем состоянии добавим новый режим: «Режим подготовки», в котором будет происходить проверка системы вентиляции, работа горелки, работа вентиляторов и работа фильтров.

Не механические загрязнители воздуха, с которыми справляются системы фильтров, а газовые выделения, пары растворителей и краски тоже необходимо удалять из камеры. Вентиляционная система устроена так, что в режиме «окра-

ски” постоянно ведется добавление чистого и свежего воздуха, который своим давлением вытесняет ядовитые пары и направляет их на многослойную фильтрацию.

Следуя заданным параметрам и решениям на их основе мы получаем окрасочную камеру с такими параметрами:

- Экологическая безопасность. При использовании двухмоторной системы вентиляции, второй мотор отбирает загрязненный воздух из камеры и после прохождения фильтрации выводит его наружу или отправляет обратно в камеру (при предусмотренной рециркуляции). Такой очищенный воздух не вредит экологии, что при постоянном использовании камеры является большим плюсом.
- Безопасность. Даже при ограниченном размере, где в герметически замкнутом пространстве собирается большая концентрация аэрозольных ядовитых веществ, можно организовать безопасную работу. Этому способствует правильно спроектированная приточная система вентилирования воздуха. Риск пожаров и взрывов сведен к минимуму.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Л.В. Автомалаяр. Секреты мастерства (более точно ещё уточняю у автора)
2. Окрасочно-сушильная камера своими руками. [Электронный ресурс] URL: <http://strport.ru/elektrooborudovanie-svet-osveshchenie/okrasochno-sushilnaya-kamera-svoimi-rukami> (дата обращения 01.05.2015)

## РАЗРАБОТКА РОБОТА НА ОСНОВЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАЛЬНОМЕРА.

Ташев А.А., гр. 31-АП  
Рук. Фёдоров Т.В., к.т.н., доц. «АВТОПЛАСТ»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

В данной статье описывается управление приводами мобильного робота на основе показаний ультразвукового дальномера с помощью контроллера Arduino Uno. Основная задача – это определение и избегание препятствий, возникающих перед роботом.

Для сборки робота потребовались следующие компоненты:

- Плата Arduino Uno
- Модуль Motor Shield
- Два двигателя постоянного тока
- Сервопривод
- Три колеса (два ведущих, одно вспомогательное)
- Ультразвуковой дальномер



- Платформа
- Источник питания
- Переключатель

Рассмотрим ключевые компоненты робота.

### Модуль Motor Shield.

Motor Shield (далее М-Shield) – силовой модуль управления двигателями для микроконтроллеров серии Arduino. Модуль предназначен для упрощения разработки моторизированных и робототехнических устройств.

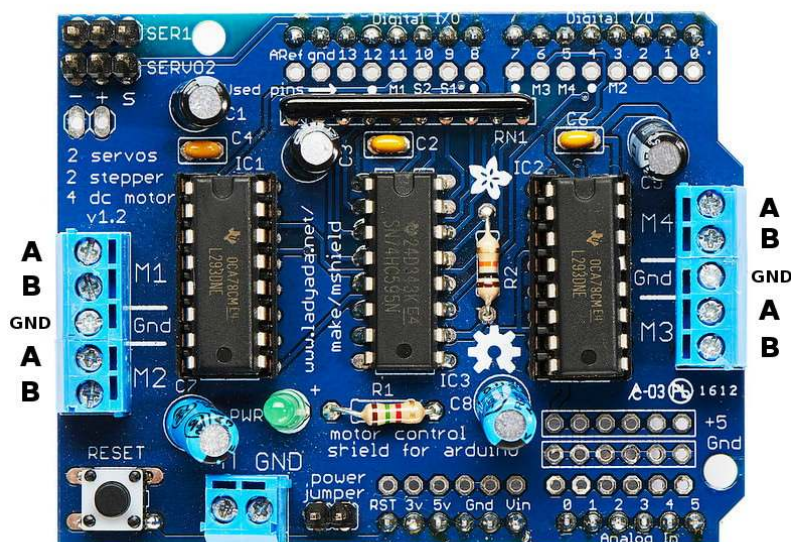


Рисунок 1 – модуль Motor Shield

Технические возможности М-Shield позволяют реализовать разнообразные проекты, связанные с подключением и управлением слаботочными двигателями следующих типов:

- четырёх двигателей постоянного тока (ДПТ - DC motors);
- двух шаговых двигателей униполярных или биполярных с одинарной или двойной обмоткой (ШД - stepper motors);
- двух 5В сервоприводов (СП - servos).

Технические характеристики:

- напряжение питания: +7...+ 24 В;
- количество силовых каналов: 4;
- максимально-продолжительный ток каждого канала: 0,6 А;
- напряжение питания сервоприводов: 5 В;
- возможность реверса каждого двигателя;
- возможность независимого управления каждым каналом.

Управление двигателями осуществляется двумя микросхемами L293D. Каждая микросхема – это четырёхканальный драйвер со встроенными обратными диодами для защиты микросхемы от перенапряжений при работе на индуктивную нагрузку.

Драйверы управляются парами, что позволяет реализовать на одной микросхеме два двуполярных канала управления с ШИМ управлением.



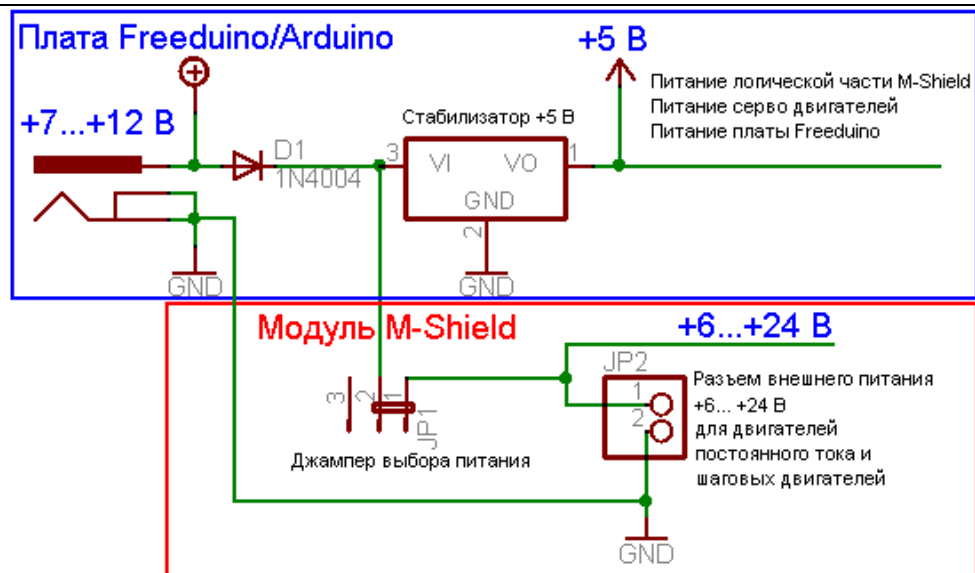


Рисунок 2 – принципиальная электрическая схема модуля Motor Shield

В принципиальной электрической схеме M-Shield существуют две отдельные цепи питающего напряжения: слаботочная и силовая.

Питание слаботочной сигнальной цепи, а также подключаемых сервомоторов осуществляется от стабилизированного +5 В источника Arduino. Недопустимо использовать эту цепь для питания двигателей постоянного тока, т.к. это приведет или к срабатыванию USB предохранителя или перегреву и выходу из строя стабилизатора напряжения +5 В на плате Arduino.

Выбор источника питания силовой части модуля осуществляется при помощи джампера питания на M-shield: либо от источника внешнего питания +7...+12 В управляющей платы Arduino, либо от дополнительного источника постоянного напряжения +6...+ 24 В, подключаемого к двум клеммам разъема питания на M-Shield.

Крайнее левое положение джампера выбора источника питания соответствует подключению внешнего источника питания +6... +24 В силовой части модуля, при этом цепь питания Arduino отключена.

Крайнее правое положение джампера соответствует питанию +7...+12 В от основной платы Arduino.

Перед подключением внешнего источника питания к клеммам M-shield обязательно убедитесь в правильности установки джампера питания, поскольку неверная его установка может привести к замыканию двух источников.

### **Ультразвуковой датчик расстояния.**

Ультразвуковой датчик расстояния определяет расстояние до объекта, измеряя время отображения звуковой волны от объекта. Частота звуковой волны находится в пределах частоты ультразвука, что обеспечивает концентрированное направление звуковой волны, так как звук с высокой частотой рассеивается в окружающей среде меньше. Типичный ультразвуковой датчик расстояния состоит из двух мембран, одна из которых генерирует звук, а другая регистрирует отраженное эхо. Образно говоря, мы имеем дело со звуковой ко-

лонкой и микрофоном. Звуковой генератор создает маленький, с некоторым периодом ультразвуковой импульс и запускает таймер.



Рисунок 3 – Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04

Вторая мембрана регистрирует прибытие отраженного импульса и останавливает таймер. От времени таймера по скорости звука возможно вычислить пройденное расстояние звуковой волны. Расстояние объекта приблизительно половина пройденного пути звуковой волны.

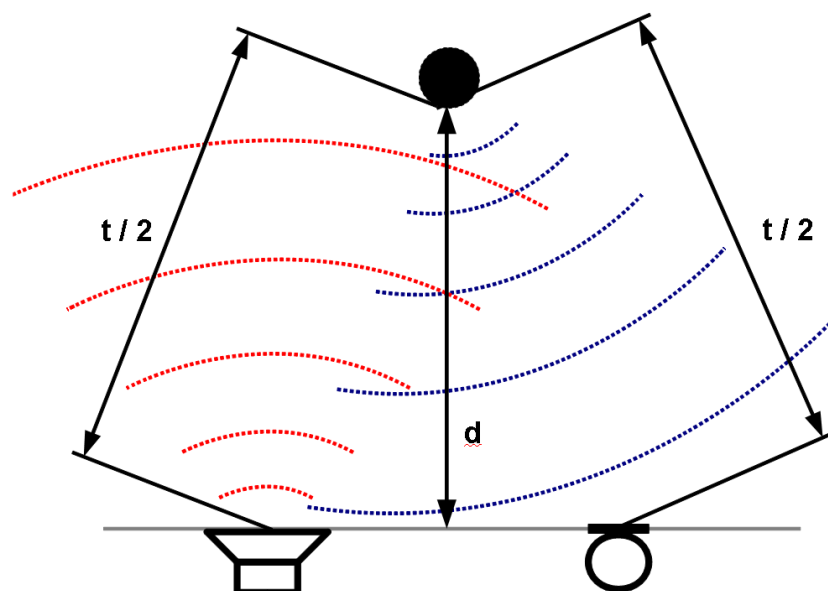


Рисунок 4 –Принцип работы ультразвукового датчик расстояния

Ограничения, связанные с применением ультразвукового датчик расстояния :

1. Частичные отражения, или как их называют паразитный эхо-сигнал, могут исказить результаты измерений (причиной могут стать криволинейные или наклонные по отношению к направлению излучения сигнала поверхности).
2. Измерения объектов из звукопоглощающих, изоляционных материалов или имеющих тканевую (шерстяную) поверхность могут привести к неправильным измерениям вследствие поглощения (ослабления) сигнала.
3. Чем меньше объект, тем меньшую отражающую поверхность он имеет. Это приводит к более слабому отраженному сигналу.

4. При высокой влажности (дождь, снег) сигнал также может частично отражаться от капель (снежинок), что приводит к паразитному эхо-сигналу.

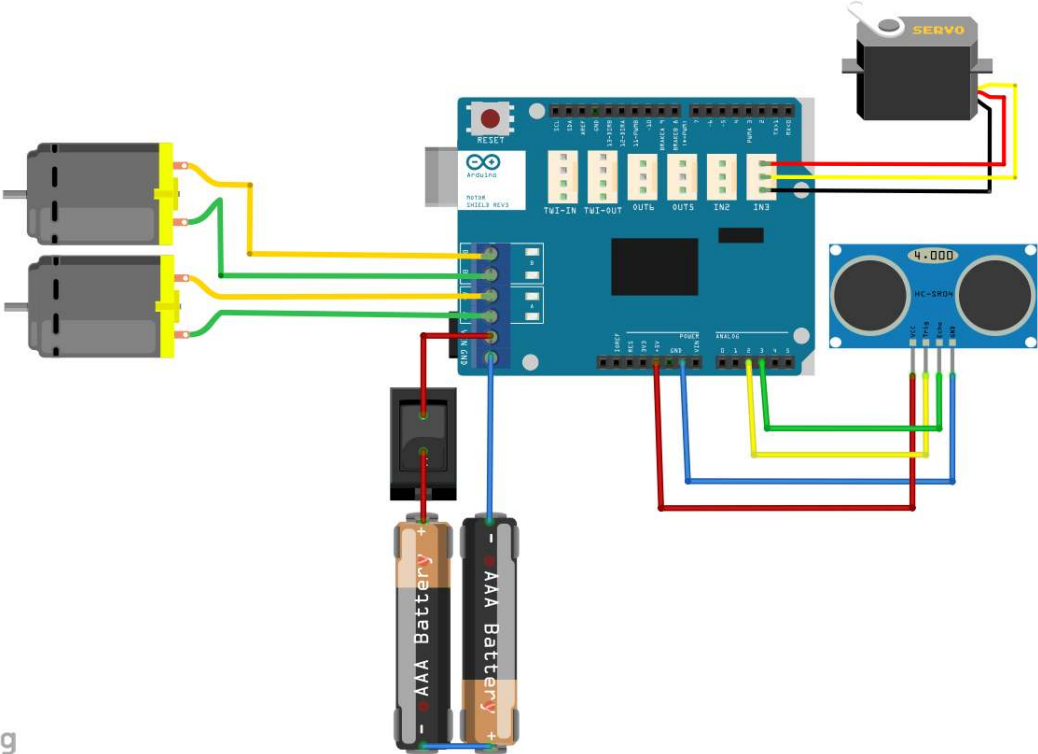


Рисунок 5 – Схема робота на платформе Arduino

**Алгоритм управления роботом.**

Поворачиваем сервопривод на углы от -45 до 45 градусов с шагом в 15 градусов и измеряем расстояния на этих углах

При столкновении с препятствием определяем расстояние до него:

Если расстояние до препятствия меньше 25 см, то отъезжаем назад и поворачиваем в противоположную сторону от препятствия

Если расстояние больше 25, но меньше 35, то поворачиваем в противоположную сторону от препятствия

Продолжаем двигаться вперед

Показания УЗ датчика, см	Положение сервопривода, градус	Действия
0...25	-45...0	1.Остановка 2.Движение назад 3. Поворот налево 4.Движение вперед
	1...45	1.Остановка 2.Движение назад 3. Поворот направо 4.Движение вперед
26...35	-45...0	1. Поворот налево 2.Движение вперед
	1...45	1. Поворот направо 2.Движение вперед
>35	-45...45	1.Движение вперед

Рисунок 6 – Принцип работы программы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мини робот на Arduino Uno. [Электронный ресурс]//URL: <http://arduinoakit.ru/arduino/arduino-projects/introducing-our-mini-robot-on-arduino-uno.html>(5.04.2015)
2. Arduino. Готовый проект «Робот-машина RoboCar4W» [Электронный ресурс]//URL: <http://tim4dev.com/arduino-instruction-project-robocar4w> (5.04.2015)
3. Описание Motor Shield. [Электронный ресурс]//URL: <http://www.freeduino.ru/arduino/mshield.html>(5.04.2015)
4. Ультразвуковой датчик расстояния. [Электронный ресурс]//URL: [http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ultrasonic\\_distance](http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ultrasonic_distance)(5.04.2015)

## КОНСТРУИРОВАНИЕ RFID СИСТЕМЫ

Дудкин И.А. 21-АП

Рук. Фёдоров Т.В., к.т.н., доц. «АВТОПЛАСТ»  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

**Цель:** изучить свойства и устройство RFID модуля и собрать действующую модель на базе Arduino RFID RC522

Что такое RFID?

**RFID** ( Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых RFID-метках.

Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер или интеррогатор) и транспондера (он же RFID-метка, иногда также применяется термин RFID-тег).

По дальности считывания RFID-системы можно подразделить на системы:

- Ближней идентификации (считывание производится на расстоянии до 20 см);
- Идентификации средней дальности (от 20 см до 5 м);
- Дальней идентификации (от 5 м до 300 м)

Большинство RFID-меток состоит из двух частей. Первая — интегральная схема (ИС) для хранения и обработки информации, модуляции и демодулирования радиочастотного (RF) сигнала и некоторых других функций. Вторая — антенна для приёма и передачи сигнала.

### Устройство и характеристики опытного образца

Устройство состоит из 2х плат. Одна из них Arduino Uno- многоцелевая плата на базе микроконтроллера и его интерфейсов, выведенных на плату. Вторая плата является самим RFID модулем. В нашей системе этот модуль называется Arduino RFID RC522 .

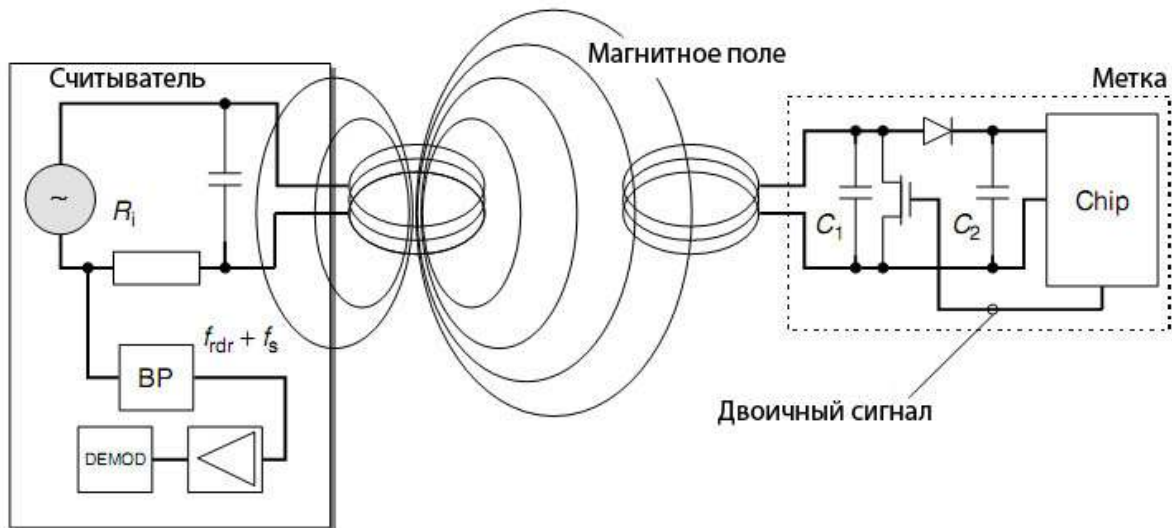


Рисунок 1 – Принцип работы RFID считывателя (из книги RFID Handbook, 2nd ed - K Finkenzeller (Wiley, 2003))

Рассмотрим характеристики модуля.

- Напряжение: 3.3В
- Потребляемый ток в активном состоянии: 13-26 мА
- Потребляемый ток в состоянии ожидания: 10-13 мА
- Ток в режиме сна: менее 80 мкА
- Пиковое потребление: менее 30 мА
- Рабочая частота: 13.56 МГц
- Интерфейс: SPI
- Размеры: 40х60 мм

Давайте теперь посмотрим распиновку этого модуля и принцип подключения к основной плате Arduino Uno.

**RC522** общается с микроконтроллером через интерфейс SPI

Модуль RC имеет 8 выводов (написаны по порядку расположения на модуле):

**SDA** (NSS — Slave Select — выбор ведомого SPI)

**SCK** — Serial Clock — тактовый сигнал, SPI;

**MOSI** — Master Output Slave Input — данные от ведущего к ведомому, SPI;

**MISO** — Master Input Slave Output — данные от ведомого к ведущему, SPI;

**IRQ** — линия прерываний;

**GND** — Ground. Земля;

**RST** — Reset. Линия сброса.

**VCC** — Питание. Необходимо 3.3V;

Для подключения к Arduino Uno необходимо воспользоваться следующей распиновкой:

SDA подключается на контакт 10

SCK подключается на контакт 13

MOSI подключается на контакт 11  
 MISO подключается на контакт 12  
 IRQ подключается на контакт N/C  
 Gnd подключается на контакт Gnd  
 RST подключается на контакт 9  
 3.3v подключается на контакт 3.3v

Наглядно схема подключения показана на рисунке 2.

В ходе подключения хочу отметить 2 особенности распиновки. Первая особенность заключается в том, что используется питание 3.3В, поэтому, во избежание порчи модуля, подавать питание следует только убедившись, что оно соответствует необходимым 3.3В. Рекомендовано использовать стабилизаторы напряжения. Вторая особенность заключается в подключении контакта RST, Ни в коем случае не подключать к пину RESET на Arduino. Данный контакт подключается на цифровой порт с PWM, на Arduino Uno этот порт обозначен номер 9.

### Программное обеспечение

Даная система работает на стандартной библиотеке, которую можно найти на официальных ресурсах Arduino.

Установим ее в Arduino IDE с помощью копирования в папку %путь установки%/libraries/RFID либо папки с проектом и зальем тестовый скетч.

Данный код позволяет считывать и выводить на экран основные данные нужной нам RFID метки.

### Прикладное значение

Эту систему можно использовать на обширных производствах для пометки деталей, что позволяет контролировать перемещение деталей по всему производству.

Так же эту систему можно использовать как систему запуска для ряда исполнительных устройств.

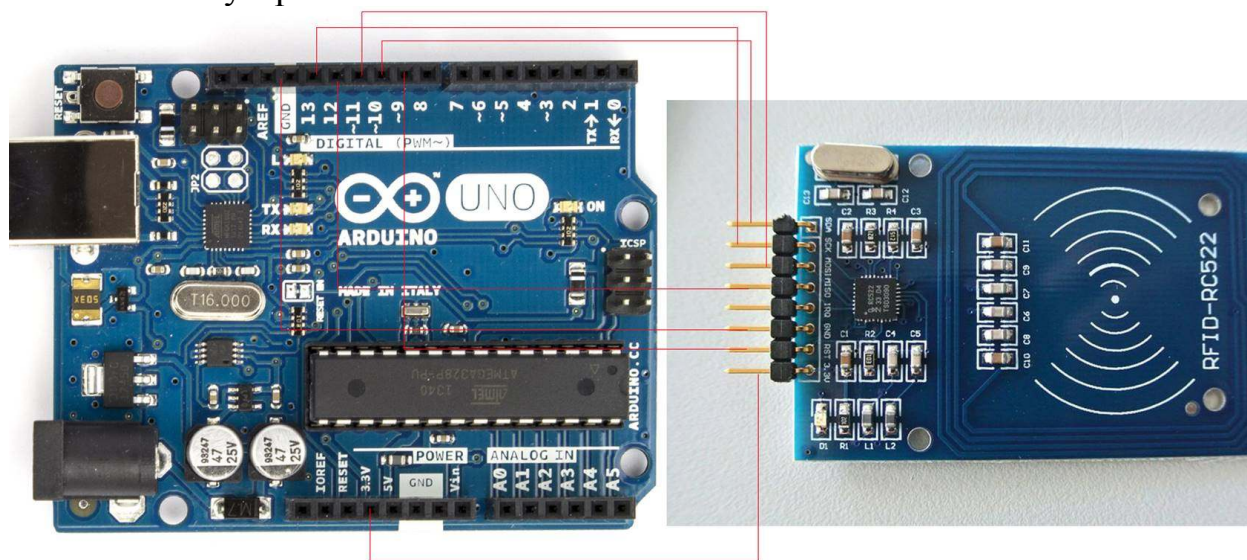


Рисунок 2 - Схема подключения модуля к контроллеру

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Как устроена RFID карта [Электронный ресурс]//URL: [http://how-make.ru/publ/kak\\_ustroena\\_rfid\\_karta/2-1-0-565](http://how-make.ru/publ/kak_ustroena_rfid_karta/2-1-0-565) (5.04.2015)
2. CraftDuino и RFID-модуль RC522. Обзор, подключение, тестовый скетч. Хардварный "Свой-чужой" [Электронный ресурс]//URL: <http://robocraft.ru/blog/3004.html> (5.04.2015)



---

## СЕКЦИЯ «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»

### АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Калашников И.С., Фролов В.И. студенты 31-КЭ  
Рук. Лобанова В.А.  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Входной стабилизатор напряжения реализован на микросхеме LP2951CM. На входе стабилизатора напряжение может изменяться в пределах от -0,3 до 30 В. Выходные характеристики стабилизатора следующие: выходное напряжение  $(5 \pm 0,1)$  В, максимальный выходной ток 100 мА. Максимальное падение напряжения на стабилизаторе составляет 0,5 В.

К выходу стабилизатора напряжения подключается преобразователь постоянного напряжения. Существует множество схем преобразователей постоянного напряжения: однотактные прямоходовые, однотактные обратноходовые, двухтактные и т. д., причем из всех схем минимальные затраты потребует схема обратноходового преобразователя. Так как в состав преобразователя входит трансформатор, то выходная часть будет гальванически развязана с входной частью, что соответствует техническому заданию. Схема такого преобразователя приведена на рисунке 1.

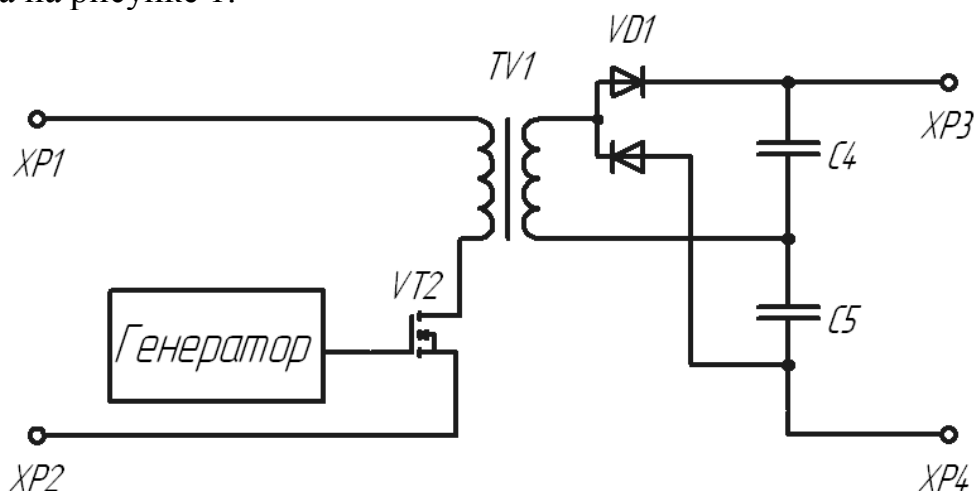


Рисунок 1 – Схема обратноходового преобразователя постоянного напряжения.

В схеме обратноходового преобразователя присутствует генератор прямоугольных импульсов, который реализован на микросхеме SN74AHC1G14. SN74AHC1G14 – это микросхема логического «не», на входе которой имеется триггер Шмидта. Схема включения микросхемы SN74AHC1G14 приведена на рисунке 2.



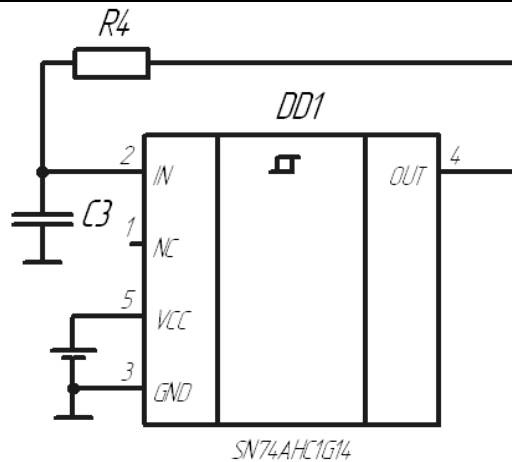


Рисунок 2 – Генератор прямоугольных импульсов на базе микросхемы SN74AHC1G14.

Частота колебаний задается в генераторе цепочкой R4, C3.

К выходу генератора через резистор R6 подключается VT2, полевой транзистор 2N7002. Основные параметры транзистора приведены в приложении Д. К стоку транзистора VT2 подключается 2 вывод первичной обмотки трансформатора TV1, 1 вывод которой подключается к выходу стабилизатора напряжения DA1. 3 вывод вторичной обмотки трансформатора подключается к 3 выводу диодной сборки BAT54S, а 4 к средней точке емкостного делителя C4, C5. Диодная сборка BAT54S состоит из двух диодов Шотки, соединенных последовательно. Основные параметры диодной сборки BAT54S приведены в приложении Е. Выводы 1 и 2 BAT54S подключены к емкостному делителю C1, C2.

Для управления силовым транзистором и осуществления перезапуска используется драйвер IR2127S. На рисунке 3 изображена диаграмма работы драйвера: IN – вход драйвера; CS – вход защиты; FAULT – сигнал ошибки; HO – выход на затвор транзистора.

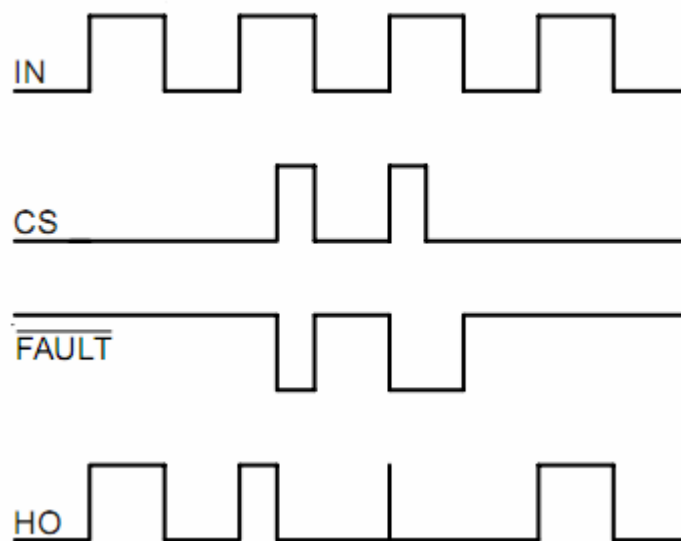


Рисунок 3 – Диаграмма работы драйвера IR2127S

Для задержки запуска при срабатывании защиты стоит RC цепочка R13-C7. Диод VD3 уменьшает задержку при запуске. Диод VD2 предназначен для устранения влияния цепи формирования статусного сигнала на входной сигнал драйвера.

Формирование опорного напряжения в схеме управления происходит на источнике опорного напряжения DA3, в качестве которого стоит микросхема TL431IDBVR. Структурная схема TL431IDBVR приведена на рисунке 4.

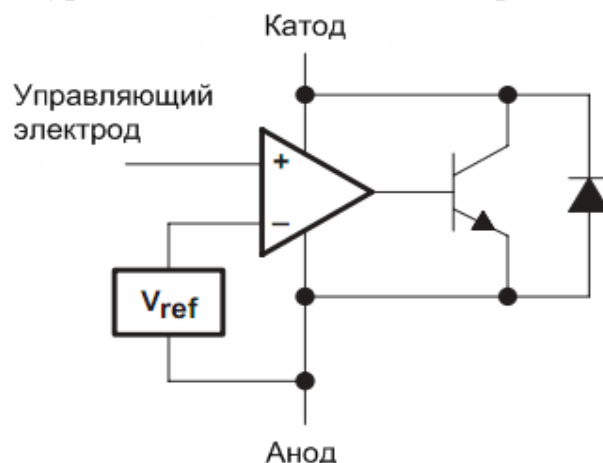


Рисунок 4 – Структурная схема TL431IDBVR

Напряжение питания подается на источник опорного напряжения через токоограничивающий резистор R5. Напряжение стабилизации источника составляет  $(2,56 \pm 0,05)$  В. С выхода DA3 напряжение поступает через резистор R9 на 6 вывод компаратора DA4, а через делитель R7, R8 на 2 вывод компаратора DA4. Напряжение на 2 выводе компаратора DA4 задает порог срабатывания токовой защиты реле. Компаратор DA4 – это микросхема LM2903D, в корпусе которой размещено два компаратора с открытыми коллекторами на выходе. Компараторы этой серии отличаются высоким быстродействием, менее 1 мкс, малой потребляемой мощностью (ток потребления менее 1 мА).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович, М.И. Цифровые интегральные микросхемы (справочник)/ М.И. Богданович, И. Н. Грель, С. А. Дубина, В. А. Прохоренко, В. В.Шалимо - Минск, «Беларусь», 1996.
2. Файзулаев, Б.Н. Применение интегральных микросхем в электронной вычислительной технике (справочник)/Б.Н. Файзулаев, Б.В. Тарабрин– М.: «Радио и связь», 1986.

## **АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

А.Серегин, студент гр. 51Р.  
Рук. Лобанова В.А. Кафедра «ЭВТИБ»,  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

Современная микроэлектроника привела к революционным преобразованиям практически во всех отраслях техники, не говоря уже о радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуре. Повышение плотности упаковки аппаратуры на микросхемах, их надежности и долговечности, автоматизация производства элементной базы дали возможность применять достаточно сложные микроэлектронные устройства в таких областях, как автомобилестроение, связь, управление технологическими процессами, измерительная техника, бытовая техника и т. д.

В то же время появление и развитие микроэлектроники как научно-технического направления потребовало коренного изменения как методов проектирования аппаратуры, так и направления подготовки современных специалистов по проектированию, производству и эксплуатации микроэлектронной аппаратуры различного назначения.

Используемые в настоящее время устройства управления временем в основном построены на дискретных элементах или представляют собой механические крупногабаритные реле, и обеспечивают, как правило, относительно большую погрешность контроля процесса для современного производства. В данной статье представлено устройство управления временными параметрами на светодиодном индикаторе типа АЛС324, встраиваемый в шкафы промышленной автоматики, благодаря которому упрощается процесс регулирования, задания и обработки информации, при этом обеспечивается обмен информацией с центральным компьютером типа IBM PC. Так же данное исполнение позволяет увеличить точность отсчета времени.

Модуль реализован на базе цифрового микроконтроллера MC68HC711E9 фирмы Motorola. Данный модуль выполняет следующие функции:

- ввод с клавиатуры требуемого значения времени, вывод текущего значения времени на дисплей индикации;
- регистрация текущего значения времени и контролируемого параметра в энергонезависимой памяти;
- выдачу сообщения об отклонении сигнала от заданного на дисплее индикации и центральный компьютер;
- обмен информацией с центральным компьютером типа IBMPC;
- регулирование контролируемого параметра во времени по заданному закону.

Оператор, путем нажатия на кнопку «Сброс», приводит устройство в состояние готовности к работе. Затем происходит инициализация микроконтроллера. Затем происходит ожидание окончания цикла преобразования АЦП. Если

цикл окончен: считываются данные, далее происходит проверка условия окончания времени, если время закончилось, то считывается новое значение времени и записывается текущее время в энергонезависимую память, если время не закончилось, то происходит запись текущего времени в энергонезависимую память. Если вывод на индикаторы разрешен, то значение времени выводится на индикатор, и происходит возвращение к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП, если вывод на индикаторы не разрешен, то происходит возвращение к окончанию цикла преобразования АЦП. Если цикл преобразования АЦП не окончен, то проверяется условия принятия данных от центрального компьютера. Если данные приняты, то проверяется условия кода установки времени, если «Да», то происходит установка времени, с последующей передачей подтверждения о выполнении команды и возвращению к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП. Если «Нет», то вновь проверка кода установки времени, если «Да», то происходит передача значения времени и последующий возврат к ожиданию цикла преобразования АЦП. Если «Нет», то происходит процесс запроса значения текущего времени, если запрос положительный, то происходит чтение из памяти значения требуемого времени и передачи прочитанного времени, с последующим возвращением к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП. Если запрос отрицательный, то происходит возврат к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП. Если данные не приняты, то проверяется, нажата ли кнопка на клавиатуре, если не нажата то происходит возвращение к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП, если кнопка нажата, то выполняется режим задания времени. Если не выполняется режим задания времени, то происходит проверка возможности входа в режим задания времени, если вход не возможен, то происходит возвращение к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП, если вход возможен, то считываются из памяти значения требуемого времени с последующим возвращением к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП. Если выполняется режим задания времени, то проверяется возможность выхода из режима задания времени, если выход не возможен, то происходит сброс режима, разрешение на отображение на индикаторе и вывод последнего значения на индикатор, с последующим возвращением к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП. Если выход возможен, то происходит подтверждение задания нового времени, если не подтверждается, то происходит установка нового времени, с последующим возвращением к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП, если подтверждается, то проверяется код, если разрешен, то заносится в буфер, с последующим возвращением к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП, если не разрешен, то возвращается к ожиданию окончания цикла преобразования АЦП.

Для контроля отклонения регулируемого параметра используется оптоэлектронная пара АОТ110А. Она представляет собой транзисторную оптопару средней мощности. Излучателем служит диодная структура на основе твердого раствора галлий-алюминий-мышьяк; приемник-кремниевый составной фототранзистор. Преобразование сигнала датчика в напряжение, поступающее на вход микроконтроллера, выполняют два операционных усилителя К140УД12.

Это микромощный операционный усилитель с регулируемым током потребления и защитой выхода от коротких замыканий. Подстроечные резисторы в цепях обратной связи усилителей обеспечивают установку диапазона измеряемых параметров в заданных пределах.

Управление мощностью управляющего элемента осуществляется симмистром с фазовым управлением, которое реализуется с помощью таймера микроконтроллера. При переходе сетевого напряжения через 0 оптронная пара АОТ110А формирует импульс напряжения, поступающий на вход фиксации IC1 таймера. На выходе совпадения ОС2 таймера вырабатывается сигнал управления симмистром. Оптоэлектронные пары АОУ103В обеспечивают электрическую развязку между схемой управления и силовой частью.

Связь с персональным компьютером осуществляется через асинхронный последовательный порт SCI. При этом преобразования уровней выполняется с помощью микросхемы MC145407. Для стабилизации напряжения используется стабилитрон КС147А. Вывод информации производится на трех последовательно расположенных светодиодных индикаторах типа АЛС324. Управление индикатором осуществляется с помощью микросхемы MC14500, которая принимает данные от микроконтроллера через синхронный последовательный порт SPI. Управление блоком осуществляется программой, записанной в ППЗУ микроконтроллера, которая осуществляет контроль и вывод на дисплей текущего значения времени, регулирование контролируемого параметра в заданных пределах, связь с центральным компьютером.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кандырин Ю. В. Покровский Ф. Н. Сорокин С. А. Элементы конструкций радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры /под ред. Ю. В. Кандырина - М., МЭИ, 19с.
2. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 432 с

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОМПОНОВКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С УЧЁТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ**

Сущенко Н.В. магистрант кафедры ЭВТИБ  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

Появление цифровой техники дало значительный толчок в развитии электронных средств. В связи с этим на первый план вышли такие вопросы как увеличение степени интеграции и быстродействия, проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) и надёжности. Решения данных задач способствовали всё большему усложнению цифровых электронных средств.

В связи с этим возникла ещё одна задача — ускорение процесса проектирования. Это стало возможно в результате развития современных ЭВМ при помощи систем автоматического проектирования (САПР). Значительное увеличе-

ние скорости проектирования и увеличение надёжности позволило им занять свою нишу практически во всех отраслях промышленности и на всех этапах проектирования. В САПР все основные проблемы проектирования решались при помощи математического аппарата, реализованного программно. Однако с увеличением интеграции и быстродействия электронных средств возникли новые требования к существующим алгоритмам с учётом помехозащищённости и ЭМС. Требовалось быстрое и эффективное решение таких проблем как оптимизация ЭМС межсоединений печатных плат, автоматическое размещение элементов, трассировка и т.д. Современные же модели не позволяют учесть все особенности и получить полную и достоверную информацию о паразитных процессах, протекающих в печатных платах.

В решении данной проблемы принимало участие большое количество как отечественных, так и зарубежных учёных. Однако, несмотря на наличие большого количества работ по данной теме, всё ещё остаётся достаточно большое количество нерешённых вопросов. Так, на сегодняшний день, отсутствуют модели для анализа ЭМС сверхбыстродействующих печатных плат, алгоритмы трассировки межсоединений печатных плат и размещения элементов с учётом ЭМС.

Современные методы повышения эффективности анализа ЭМС печатных плат основаны на личном опыте разработчиков, на предварительной аппроксимации условий, на построении геометрических зон влияния проводников и т.д. Однако все они не предназначены для анализа ЭМС цифровых электронных средств [1].

Целью нашей работы является разработка технологии автоматизированного проектирования печатных плат с учётом ЭМС. Для решения поставленных проблемы нами предлагается использование генетического алгоритма, который позволяет решать задачи параметрической оптимизации схем замещения, при числе проектных параметров свыше 10. При попытке решения данных задач другими методами возникают следующие проблемы:

- 1) классические методы требуют дифференцируемости функционала и информации о производных функции качества;
- 2) на каждой итерации можно определить лишь единственное допустимое решение;
- 3) при наличии большого числа локальных экстремумов и проектных параметров они имеют неэффективное продвижение к глобальному экстремуму;
- 4) существует проблема задания начального приближения;
- 5) при оптимизации многоэкстремальных функций, необходимо менять стратегию поиска решений.

Все эти недостатки отсутствуют у методов, построенных на генетическом алгоритме. На рисунке 1 представлена структурная схема его работы.

Как видно из рисунка на вход системы поступает априорная информация, представляющая собой набор всех условий и данных, которые можно использовать для решения задачи. Лицо, принимающее решения (ЛПР), делает выборку из всех этих условий и определяет конкретный набор значений, который бу-

дет использован в дальнейшем. Задачей данного блока является ограничение входных условий с целью уменьшения возможных решений и, как следствие, уменьшению времени работы системы. В качестве ЛПР, как правило, используется эксперт, т.е. человек, имеющий достаточный объём знаний в данной области, необходимых для адекватной выборки исходных данных. Однако в данном случае, время, необходимое для обработки значений переменных значительно возрастает, поэтому, в связи с развитием современных ЭВМ, всё чаще для этой задачи используются автоматизированные ЛПР, такие как экспертные системы.



Рис. 1 Структурная схема работы генетического алгоритма [2]

Все полученные результаты поступают на вход генетического алгоритма, где формируется окончательный результат. Также в данном блоке формируются функции пригодности, которые влияют на критерии отбора входных переменных ЛПР [2].

Суть генетического алгоритма заключается в комбинации входных значений с последующим отбором наиболее «перспективных» комбинаций на основе определённого критерия. Данный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получена комбинация, наилучшим образом удовлетворяющая выбранным условиям. В качестве определяющих условий в генетическом алгоритме используются:

- 1) размер популяции;
- 2) тип скрещивания;
- 3) коэффициент скрещивания;
- 4) коэффициент мутации.

Размер популяции – это количество входных переменных, т.е. то количество, которое должен отобрать ЛПР. Тип скрещивания подразумевает количество переменных, из которых формируется комбинация, так, например, пятикратное скрещивание предполагает создание комбинаций по пять переменных. Коэффициент скрещивания определяет количество переменных, участвующих в скрещивании, а коэффициент мутации, соответственно, в мутации.

Весь процесс генетического алгоритма можно разделить на следующие стадии:

- создание новой популяции;
- размножение;
- мутации;

– отбор.

Роль первой операции в системе, представленной на рисунке 1, выполняет ЛПР. Процесс размножения представляет собой процесс комбинирования, в результате которого получаются решения, унаследовавшие черты «родителей». В данном процессе участвуют все переменные. Процесс мутации схож с предыдущим процессом, однако он происходит по заранее заданному алгоритму, что позволяет придерживаться выбранного критерия оптимизации [3].

Таким образом, применение генетического алгоритма для многомерной оптимизации ЭМС межсоединений цифровых печатных плат позволяет значительно оптимизировать процесс по сравнению с классическими методами и уменьшить время задержки сигнала в цепи. Результаты применения данного алгоритма для плат с различным количеством элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры компоновки схем на модулях [2]

Пример	Количество					Ср. значение коэффициентов улучшения
	элементов	связей	модулей	поколений	хромосом в поведении	
1	30	806	3	20	50	1,09
2	57	466	6	30	80	1,75
3	25	228	3	15	40	1,22
4	30	32206	4	24	70	1,01
5	60	428	5	30	40	1,61
6	30	355	2	30	30	1,25
7	35	124	7	20	40	2,17
8	20	682	5	40	30	1,78
9	30	484	3	64	80	1,85
10	25	228	3	30	70	1,04

В данной таблице указаны все исходные данные и функция пригодности, показывающая эффективность применения, т.е. уменьшения длины проводников, генетического алгоритма по сравнению с классическими методами. В качестве входных переменных выступали: количество элементов на плате и связей между ними, количество модулей, а также количество поколений (итераций) и хромосом в поколении (количество элементов участвующих в одной итерации). Из таблицы видно, что максимальная эффективность алгоритма была достигнута при 35 элементах, 124 связях, 20 поколениях и 40 хромосомах. Однако при большом количестве связей (32306) применение генетического алгоритма практически не даёт прироста производительности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хмельницкий С. В. Автоматизация проектирования помехоустойчивой топологии электронных схем систем управления // Алгоритмы автоматизации проектирования систем управления: Межвуз. сб. – 1978. – С. 34-37.
2. Чермошенцев С. В. Многокритериальная оптимизация электромагнитной совместимости межсоединений печатных плат цифровых электронных



средств генетическими алгоритмами // Электромагнитная совместимость: Сб. докл. VII Рос. науч.-техн. конф. – СПб., 2002. – С. 298-300.

3. Синтез формирующих линий с помощью генетического алгоритма / Н. В. Коровкин, А. А. Потиеенко // Электромагнитная совместимость и электромагнитная экология: Сб. науч. докл. IV Междунар. симпозиума. – СПб., 2001. – С. 273-278.

## **О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ КОСМИЧЕСКИХ БОРТОВЫХ ПРИБОРОВ**

Ставцева А.Г. студент  
Шаталов А.Е. аспирант,  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

К современным космическим аппаратам предъявляется весьма обширный набор требований, отраженных в нормативной и конструкторской документации, утвержденной Постановлением Правительства РФ в положении о порядке создания, производства и эксплуатации ракетных и космических комплексов (Положение РК-11-КТ, введено в действие на основании приказа руководителя Роскосмоса от 22.12.2011 № 232). Эти требования предъявляются как к характеристикам самих приборов, так и к внешним воздействующим факторам.

Поскольку производство космических аппаратов является высокотехнологичным, соответствие приборов всем предъявляемым требованиям представляет собой непростую задачу. Вопросы точности, метрологической корректности, технологический аспект в космическом приборостроении были и остаются в ближайшей перспективе первостепенными.

В процессе проектирования космического бортового прибора на этапе проведения исследовательских испытаний изготавливают технологический образец изделия. Такой образец незаменим при отработке и подтверждении эффективности новых технологических и инженерных решений бортовой аппаратуры.

При построении технологических образцов учитываются: требования, предъявляемые к разрабатываемому прибору и задачи, решаемые им в комплексе бортовой космической аппаратуры; наличие или возможность разработки элементной базы для прибора, его отдельных узлов. Такой образец выступает упрощенным воспроизведением разрабатываемого прибора и обладает его существенными свойствами.

Технологический образец выполняется в натуральную величину, представляет собой упрощенную версию штатного образца, позволяющую заменить его на этапах разработки, контроля и испытаний.

При разработке и создании технологического образца реализуются требования к производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности, которые позволяют обеспечить достижение необходимых показателей качества данного изделия при наименьших затратах на изготовление и техническое об-

служивание, а также требования технической целесообразности и эффективности схемных, конструктивных и системных решений. Проводится анализ возможных отказов и неисправностей, вызванных технологическими ошибками, приводящих к аварийным ситуациям, с составлением перечня критичных элементов и критичных технологических процессов для последующей организации усиленного контроля их отработки, качества изготовления и подготовки к использованию по назначению.

При создании и эксплуатации технологического образца осуществляются меры по обеспечению минимальных объемов, габаритов, массы и энергопотребления.

Рассмотрим принцип использования технологического образца на типовом примере двухканальной камеры орбитального базирования для исследования авроральных свечений «Летиция» аппаратного комплекса космического аппарата Зонд.

Видеоспектральный прибор «Летиция» позволяет:

проводить дистанционные измерения интенсивности излучений двух эмиссий в видимой области спектра:  $\lambda_1 = 630$  нм [OI],  $\lambda_2 = 427,8$  нм  $N_2^+$  в неосвещенной части верхней атмосферы и ионосферы;

осуществлять картографирование мгновенного состояния энергетических характеристик ионосферы в поле зрения прибора [1].

Прибор является моноблоком и включает в себя электронно-механический узел и узел оптико-механический, в состав которого входят монохроматические изображающие каналы.

Технологический образец видеоспектрального прибора предназначен для наземной отработки протокола обмена с бортовым комплексом управления и сбора научной информации (БКУСНИ), проведения наземных автономных испытаний в составе комплекса целевой аппаратуры. Технологический образец также представлен в виде моноблока, но состоит из одного электронно-механического узла [1].

В таблице 1 приведено сравнение функциональных возможностей штатного образца разрабатываемого прибора с его технологическим образцом.

Таблица 1 – Сопоставление функциональных возможностей штатного образца с технологическим образцом

Функция	Штатный образец	Технологический образец
Детектирование излучения	+	-
Подготовка данных к спектральному анализу	+	-
Приём данных с БКУСНИ	+	+
Передача данных в БКУСНИ	+	+

В электронно-механический узел входят: электронный узел комплекта А, электронный узел комплекта Б, имитаторы массы. Комплект Б идентичен ком-

плекту А. Каждый комплект состоит из трёх основных функциональных частей, трёх плат: платы нагрузочных резисторов, платы питания и платы управления.

На рисунке 1 представлена структурная схема технологического образца, где А2 - плата нагрузочных резисторов комплекта А, А3 - плата питания комплекта А, А4 - плата управления комплекта А, А5 - плата управления комплекта Б, А6 - плата нагрузочных резисторов комплекта Б, А7 - плата питания комплекта Б. Комплекты А и Б работают независимо друг от друга.

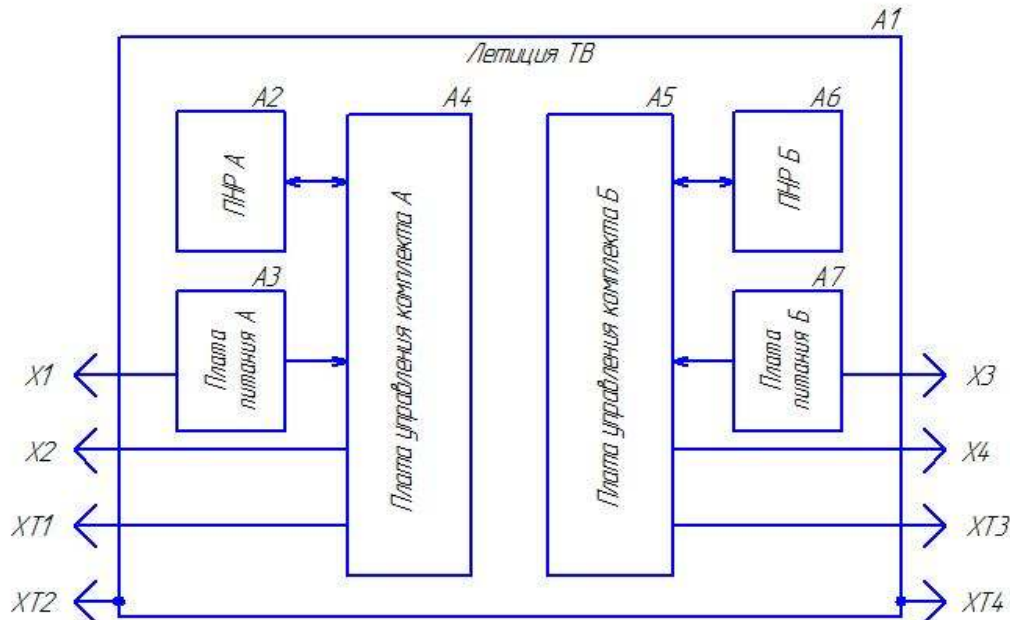


Рисунок 1 – Структурная схема технологического образца «Летиция»

Перечень испытаний технологического образца «Летиция» составлен на основе требований технического задания. Испытания проводятся в следующем порядке:

- проверка комплектности документации и прибора;
- проверка габаритных размеров, посадочных мест, массы, внешнего вида и маркировки;
- проверка сопротивления изоляции кабельных соединений;
- проверка пускового тока;
- проверка потребляемой мощности;
- проверка сопротивления между корпусом прибора и общей шиной питания;
- проверка функционирования в нормальных условиях;
- проверка функционирования при крайних значениях напряжения питания;
- испытания на вибропрочность при воздействии синусоидальной вибрации на одной частоте;
- испытания на вибропрочность в диапазоне частот с обнаружением резонансных частот;
- термовакуумные испытания.

В соответствии с целью создания технологического образца, особое внимание уделяется механическим (на вибрацию) и космическим испытаниям (термовакuumные).

Вибрация представляет собой один из наиболее часто встречающихся на практике и самых опасных видов механических воздействий. Под вибрацией в общем случае понимают колебания самого изделия либо каких-либо частей его конструкции. Данное механическое воздействие способно привести к поломкам конструкции, нарушению герметичности, обрывам кабелей и проводов, к механическим деформациям и возникновению напряжений в конструкции технологического образца. Поэтому, для нормальной работоспособности прибора во время и после воздействия на него вибрационных нагрузок, необходимо закладывать механическую прочность ещё на этапе проектирования [2].

Для осуществления проверки функционирования технологического образца «Летиция» в зависимости от теплового режима в лабораторных условиях, имитируются основные факторы космического пространства, к которым относятся глубокий вакуум и тепловое воздействие, влияющие на эксплуатацию прибора.

Цикл отработки теплового режима технологического образца включает: подтверждение фактических температурных пределов функционирования изделия; проверку эффективности работы системы терморегулирования в условиях, максимально приближенных к реальным; исследование деформаций конструкций образца, вызванных температурными воздействиями.

В связи с применением полупроводниковых элементов в качестве элементной базы технологического образца видеоспектрального прибора, задача прогнозирования и оценки отказов элементов к радиационным воздействиям является актуальной. Но, вследствие большой сложности проведения таких испытаний с технической, с экономической, а также с организационно-законодательной точки зрения, для проведения испытаний на данный вид воздействия используется другой образец, удовлетворяющий требованиям проведения, например конструкторско-доводочный.

Технологический образец, прошедший цикл экспериментальной отработки и соответствующий требованиям, заданным в техническом задании, считается выдержавшим все испытания. Наличие конструкторской и технологической документации на образец, выпущенной согласно действующим нормативным документам, является обязательным.

Рассмотренные двухканальная камера орбитального базирования для исследования авроральных свечений «Летиция» и её технологический образец разработаны «НПП «АСТРОН ЭЛЕКТРОНИКА». Создание и применение технологического образца видеоспектрального прибора обеспечивает реализацию исследовательских испытаний, отработку технологических решений, что позволяет достигать оптимальных затрат труда, материалов, средств и времени при изготовлении и эксплуатации штатного образца прибора.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Двухканальная камера орбитального базирования для исследования авроральных свечений (Летиция) // Astron Electronics [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.astronel.ru/production/imaging/leticia>
2. Глудкин О.П. Методы и устройства испытания РЭС И ЭВС. – М.: Высшая школа, 2001 – 335 с.

## **ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ ГИС**

Гришин В.О., Фатеев А.А. Группа 31-КЭ  
Рук. Лобанова В.А.  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

### **Платы толсто пленочных ГИС**

Платы толсто пленочных ГИС должны быть дешевыми, иметь высокие механическую прочность, теплопроводность, термостойкость и химическую стойкость.

Наиболее подходящими материалами для плат толсто пленочных ГИС являются высокоглиноземистая керамика 22ХС, поликор и керамика на основе окиси бериллия.

Высокая механическая прочность керамики позволяет использовать плату в качестве детали корпуса с отверстиями, пазами, а высокая теплопроводность дает возможность изготавливать мощные микросхемы.

Самую высокую теплопроводность имеет бериллиевая керамика, но в массовом производстве ее не используют из-за высокой токсичности окиси бериллия. Керамику типа «поликор» применяют для создания многослойных толсто пленочных ГИС.

В условиях массового производства используют платы из керамики 22ХС, изготавливаемые прессованием порошков или методом шликерного литья с последующим обжигом при температуре 1650 С. [1]

### **Пасты для толсто пленочных ГИС**

Нанесение материала толстых пленок, в состав которых, как правило, входят металл, окисел металла и стекло, на пасту осуществляют продавливанием через сетчатый трафарет, имеющий закрытые и открытые участки. Для трафаретной печати материал толстых пленок должен иметь консистенцию пасты. Пасты подразделяются на проводящие (для проводников, контактных площадок и обкладок конденсаторов), резистивные и диэлектрические (для конденсаторов, изоляционных и защитных слоев).

В состав паст входят основные материалы, придающие пленкам необходимые для их функционирования физические свойства и вспомогательные материалы, придающие пастам основные технологические и физико-химические свойства. В качестве основных материалов в проводящие и резистивные пасты

входят металлы: Ag, Au, Pt, Pd, In, Os, Ro и сплавы Pt-Au, Pd-Ag, Pd-Au, и многокомпонентные системы Pd-PdO-Ag.

С целью экономии драгоценных металлов для формирования резисторов применяют сплавы Ag-Ru, Bi-Ru, Ru-Ir и пасты на основе рутения.

Основным материалом для диэлектрической пасты служит размельченная керамика с высокой диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь, например керамика на основе BaTiO<sub>3</sub>. Для межслойной изоляции используют кристаллизующиеся стекла с малым значением диэлектрической проницаемости. Для хорошего сцепления пленки с пастой и связывания частиц основного материала между собой в состав паст вводят порошок стекла (чаще всего висмутоборосиликатные стекла). Для придания пасте необходимых вязкости и поверхностного натяжения, позволяющих ей легко проникать через трафареты и, не растекаясь, закрепляться на плате, вводят дополнительные органические вещества и растворители. [4]

## **Основные технологические операции изготовления толсто пленочных ГИС**

### **Нанесение паст**

Нанесение паст можно производить двумя способами: бесконтактным и контактным.

При контактном способе подложку, на которую нужно нанести пасту, устанавливают под сетчатым трафаретом с некоторым зазором; пасту подают поверх трафарета и передвижением ракеля через отверстия в трафарете переносят на подложку в виде столбиков, копирующих отверстия в сетке. Растекаясь, столбики соединяются, образуя такой же рисунок, как на трафарете. Сетчатые трафареты изготавливают из капрона, нейлона или нержавеющей стали.

Качество трафаретной печати зависит от скорости перемещения и давления ракеля, зазора между сетчатым трафаретом и платой, натяжения трафарета и свойств пасты. Необходимо строго соблюдать параллельность платы, трафарета и направления движения ракеля.

Для устранения неравномерности толщины резисторов рекомендуется составлять топологию так, чтобы все резисторы располагались по длине в одном направлении по движению ракеля. По этой же причине не рекомендуется проектировать длинные и узкие, а также короткие и широкие резисторы.

При контактном способе трафаретной печати плату устанавливают под трафаретом без зазора. Отделение платы от трафарета осуществляют вертикальным перемещением без скольжения во избежание размазывания пасты. При контактном способе пасту можно наносить пульверизацией с помощью распылителя. Точность отпечатка при контактном способе выше, чем при бесконтактном.

### **Термообработка паст**

Пасты после нанесения подвергают термообработке – сушке и вжиганию. Сушка необходима для удаления из пасты летучих компонентов (растворителя). Сушку проводят при температуре 80 – 150 С в течении 10 – 15 минут в установках с инфракрасным (ИК) нагревом. ИК – излучение проникает в глубь слоя

пасты на всю его толщину, обеспечивая равномерную сушку без образования корочки на поверхности.

Вжигание производят в печах конвейерного типа непрерывного действия с постепенным повышением температуры до максимальной, выдержкой при ней и последующим охлаждением. Ряд печей содержит приставки ИК – сушки, что позволяет объединить эти операции.

Если одна и та же паста наносится на обе стороны платы, то возможны раздельное нанесение и вжигание пасты с каждой стороны, а также нанесение пасты с одной стороны, нанесение, сушка и вжигание с другой стороны при одновременном вжигании ранее нанесенной пасты. [2]

### **Защита толстопленочных ГИС**

Ее осуществляют глазурированием поверхности сформированной пленочной структуры стеклами с низкой температурой размягчения, не превышающей 500 С во избежание изменения параметров резисторов. Толщина защитного диэлектрического слоя 30 – 60 мкм, сопротивление изоляции более 10000 МОм при постоянном напряжении 100 В.

Если толстопленочная ГИС устанавливается в корпус, то защита с использованием глазурирования, как правило, не производят.

### **Сборка**

После нанесения и вжигания всех слоев пассивной части схемы производят подгонку пленочных элементов, монтаж навесных компонентов, армирование (установку выводов) и герметизацию.

Для осуществления контроля в процессе подгонки контактные площадки элементов должны быть облужены. Армирование можно производить до и после подгонки. Выводы и контактные переходы в виде проволочек устанавливают перед подгонкой, а рамочные выводы, соединенные между собой на общей рамке, на заключительном этапе сборки перед герметизацией. После герметизации рамку обрезают и выводы разъединяют.

### **Подгонка резисторов**

В условиях массового производства отклонение от номиналов сопротивлений резисторов может достигать 50%, поэтому необходимо производить подгонку. Подгонка толстопленочных резисторов и конденсаторов принципиально не отличаются от тонкопленочных и производится изменением конфигурации элементов или отжигом. Используется лазерная подгонка удалением части резистивной пленки. Точность изготовления резисторов с подгонкой в условиях массового производства около 2%.

Если при лазерной подгонке сопротивление резистора только увеличивается за счет уменьшения его ширины, то отжиг нагревом до температуры 400 – 500 С позволяет изменить сопротивление в обе стороны, поскольку при этом меняются свойства резистивных пленок.

### **Подгонка конденсаторов**

Для толстопленочных конденсаторов используют воздушно-абразивную подгонку удалением части верхней обкладки абразивом. Это сложная малопродуктивная операция, при осуществлении которой возможно повреждение диэлектрика и нижней обкладки, что снижает выход годных схем.

В толстопленочных ГИС широко применяют навесные малогабаритные конденсаторы. Монтаж навесных компонентов производят теми же методами, что и для тонкопленочных ГИС.

Толстопленочные ГИС герметизируют в металлополимерные, металлокерамические, керамические и пластмассовые корпуса или заливкой стеклоэмалью.

После очистки и отжига платы на нее наносят и вжигают поочередно с обеих сторон проводящую пасту для формирования проводников, контактных площадок и нижних обкладок конденсаторов, после чего формируют диэлектрик для конденсаторов и пересечений проводников. Верхние обкладки и пленочные переемы изготавливают из одной пасты. [3]

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коледов, Л.А. Конструирование и технология микросхем [Текст]/ Л.А. Коледов - М.: Высшая школа, 1984.
2. Барышев, В.Г. Методические указания [Текст]/ В.Г. Барышев, , А.А. Столяров - Изд. КФ МГТУ. 1987г.
3. Диоды, тиристоры, транзисторы и микросхемы широкого применения. Справочник. [Текст]/ Б. Ф. Бессарабов, В. Д. Федюк, Д. В. Федюк – Воронеж: ИПФ “Воронеж”, 1994 г.
4. Википедия – Оптоэлектроника [Электронный источник]/ <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

## ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНОК СРЕДНЕГО КВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ СВЕТИМОСТИ УДАЛЕННЫХ РАДИООБЪЕКТОВ

Журиков А. С. Группа 11-ВМ  
Рук. Варгашкин В. Я.

К квазизвездным объектам можно отнести, в основном, квазары, галактические ядра и *BL*-лацертиды. Существует предположение, что абсолютные звездные величины  $M$ , квазизвездных объектов, их звездные величины  $m$  и красные смещения  $z$  связаны нелинейной модификации [1] закона Хаббла:

$$M = m + 5 - 5 \lg \frac{(1+z)c}{H_0} \int_0^z \frac{dz}{\sqrt{(1+z)^3 \Omega_M + \Omega_\Lambda}} - 2,5 \lg (1+z)^{1-\alpha} + \Delta m(z), \quad (1)$$

где [1, 2]  $c=10^8$  – скорость света в вакууме;  $H_0 = 71 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  – параметр Хаббла;  $\Delta m$  – мультипликативная поправка;  $\alpha = 0.3$  – спектральный оптический индекс;  $\Omega_m$  – относительная плотность вещества во Вселенной;  $\Omega_\Lambda$  – относительная плотность темной энергии во Вселенной.

Параметр Хаббла  $H_0$  может изменяться как функция направления на небесной сфере, которая в настоящее время не установлена и подлежит определе-



нию. Ввиду того, что абсолютные звездные величины  $M$  квазаров непостоянны и не подпадают под определение стандартной свечи, измеряемые характеристики  $M$ ;  $m$  и  $z$  находятся на различающихся кривых вида (1). Вследствие этого по результатам измерений значений этих трех величин в различных направлениях небесной сферы невозможно установить вид искомой функции параметра Хаббла  $H_0$  из уравнения (1). Однако эта функция может быть определена на основании статистических расчетов.

Воспользуемся предложением о том, что среднее значение  $\overline{M}$  абсолютной звёздной величины квазаров не зависит от направления на небесной сфере. Тогда следует построить распределение (рис.1) значений среднего квадратиче

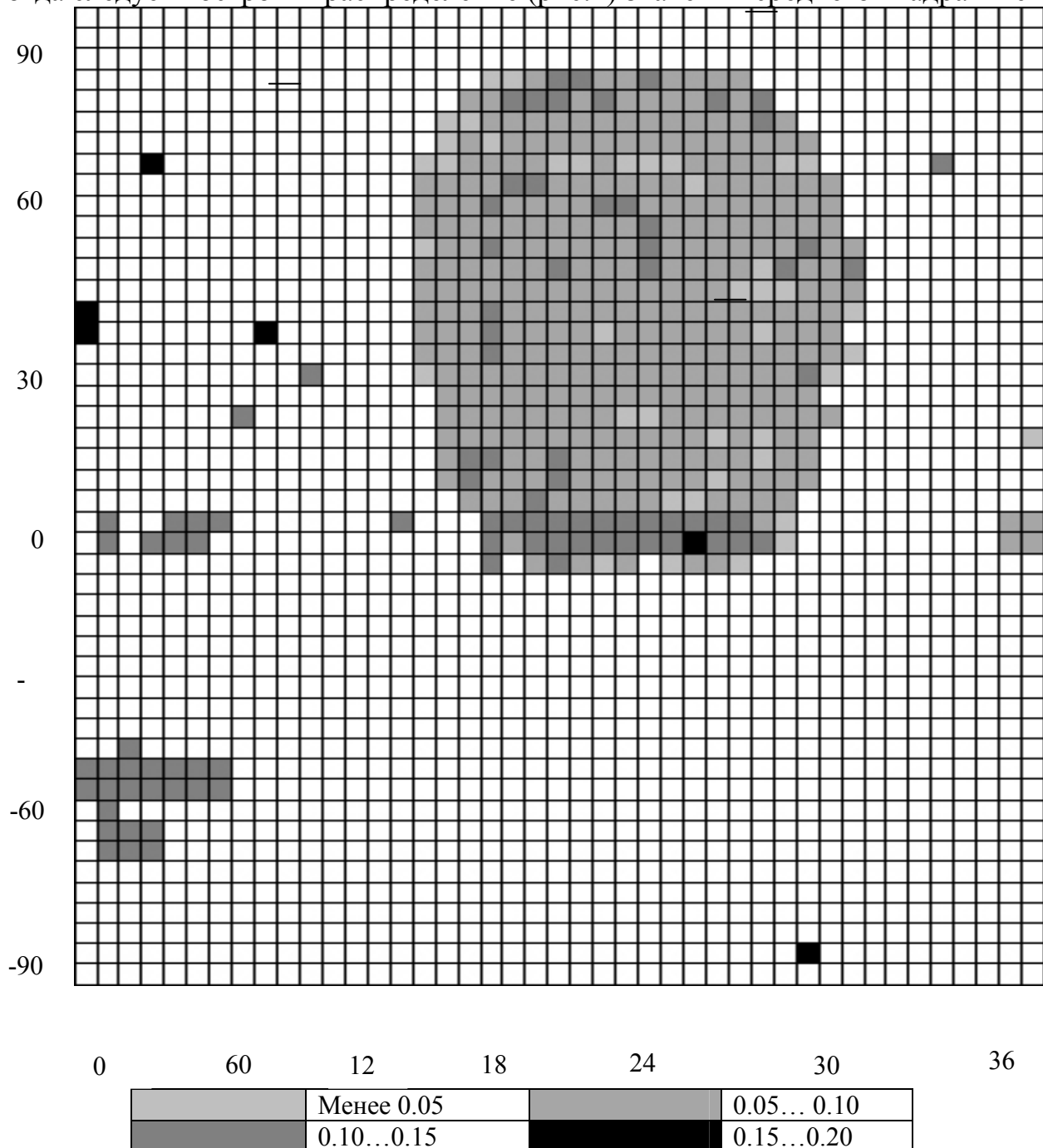


Рисунок 2. – Распределение значений среднего квадратического отклонения  $\sigma_M$  от среднего значения  $\overline{M}$  по направлениям небесной сферы.

ского отклонения  $\sigma_M$  от среднего значения  $M$  по направлениям небесной сферы, рассчитанных с учётом нормативного значения  $H_0$ . При этом отклонение по  $M$  между смежными участками небесной сферы следует считать не результатом существования действительных отличий между ними, а результатом различия в значениях параметра Хаббла. Анализ оценок  $\sigma_M$  показывает, что статистическое оценивание параметра Хаббла согласно предложенному методу возможно в пределах примерно 40% небесной сферы, выделенных чёрным, где среднее квадратическое отклонение от среднего не превышает 0,05 по отношению к среднему значению  $M$ , что меньше ожидаемых отклонений параметра Хаббла от нормативного значения  $H_0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Riess, A.G., Strolger, L.-G., Tonry, J. et al. 2004, ApJ, **607**, 665.
2. Perlmutter, S., Aldering, G., Knop. R.A. et al. 1999, ApJ, **517**, 565.
3. M.-P. Veron-Cetty and P. Veron. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 13-th Edition // Astronomy & Astrophysics manuscript no. cata'rev.—March 30, 2010.

---

## СЕКЦИЯ «ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ»

### АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О НАЛИЧИИ АНИЗОТРОПИИ СКОРОСТИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ВСЕЛЕННОЙ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Рожков Е.Г. студент 21-ИБ

Рук. Варгашкин В.Я., доцент, кафедра «ЭВТИБ»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

Настоящее исследование посвящено экспериментальной разработке и апробации оригинального метода оценки значения параметра Хаббла в различных направлениях на небесной сфере. Этот метод основан на статистическом анализе астро - и фотометрических данных квазаров, вдоль этих направлений. Основная цель: разработка алгоритма оценки вариации числового значения параметра Хаббла, как меры анизотропии скорости расширения Вселенной.

В настоящее время считается, что постоянная Хаббла имеет характер фундаментальной физической константы, однако, используя разрабатываемый метод можно установить, является ли названная величина константой или параметром, значения которого распределены по небесной сфере. В случае подобной распределенности вариации постоянной Хаббла как параметра, последняя может служить мерой оценки анизотропии скорости расширения Вселенной.

Известны результаты экспериментальной оценки характера распределения параметра Хаббла по небесной сфере. Подобная оценка, в частности, была основана на разделении компонентов движения галактик местной группы на собственное и космологическое. Вариации оценок числовых значений параметра Хаббла, соответствовала диапазону значений  $55...85 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  [1-2]

Разрабатываемый алгоритм оценки вариации параметра Хаббла основан на использовании косвенного метода, путем анализа распределения светимости квазаров по различным направлениям. Тринадцатое издание каталога квазаров и активных ядер обсерватории высокого Прованса [3] содержит 168941 объект, среди которых имеются 133336 квазаров, 34231 активных галактических ядер (в том числе 16517 Сейфертовских галактик типа 1C), а также 1374 BL-лацертид. Согласно каталожным данным квазизвездные объекты с абсолютной светимостью, превышающей по абсолютной звездной величине значение  $M_B = -22,25$  отнесены к, собственно, квазарам. Аналогичные объекты, обладающие меньшей светимостью, считаются активными галактическими ядрами.

Значение параметра Хаббла можно использовать для вычисления абсолютной звездной величины  $M_B$  квазизвездных объектов.

$$M_B = B + 5 - 5 \lg D - k + m(z), \quad (1)$$

где  $B$  - относительная величина по шкале Джонсона;  $D$  – космологическое расстояние [4]:

$$D = \frac{c}{H_0} (1+z) \int_0^z \frac{dz}{\sqrt{(1+z)^3 \Omega_M + \Omega_\Lambda}}, \quad (2)$$

где  $H_0 = 71 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ ,  $\Omega_M = 0,29$ ,  $\Omega_\Lambda = 0,71$ ,  $z$  – красное смещение (для широкого диапазона величин  $z$  относительная величина  $B$  может быть вычислена на основе каталожных данных, с использованием имеющейся фотоэлектрической или фотографической относительной звездной величины  $V$ ,  $k$  – коэффициент.

$$k = -2,5 \lg(1+z)^{1-\alpha}, \quad (3)$$

где  $\alpha = 0,3$  - оптический спектральный индекс [3];  $\Delta m(z)$  - поправка к коэффициенту  $k$ , вызванный особенностями спектров квазизвездных объектов.

Принимая во внимание (1) - (3), абсолютная величина квазаров может быть рассчитана по формуле:

$$M_B = B + 5 \lg H_0 + f(z), \quad (4)$$

где  $f(z)$  – табличная функция красного смещения, независимая от коэффициентов  $c$ ,  $\Omega_M$ ,  $\Omega_\Lambda$ .

Выберем некоторое направление на небесной сфере и в этом направлении выделим сферическую площадку в пределах которой наблюдаются  $n_1$  квазаров. Тогда для этой области можно просуммировать для каждого из  $n_1$  квазаров и усреднить просуммированные члены по всей области:

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} M_{B_i} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} B_i + 5 \lg H_0 + \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} f_i(z). \quad (5)$$

Тогда, если в ином направлении выбрать площадь, равновеликую предыдущей, в которой наблюдаются  $n_2$  квазаров, для нее можно записать выражение, аналогичное (5):

$$\frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} M_{B_i} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} B_i + 5 \lg H_0 + \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f_i(z). \quad (6)$$

Если допустить, что в этих двух направлениях значения параметра Хаббла одинаковы, то разность формул (5) и (6) оказывается свободной от параметра Хаббла:

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} M_{B_i} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} M_{B_i} = \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} B_i - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} B_i \right) + \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} f_i(z) - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f_i(z) \right). \quad (7)$$

Допустим, что обе выборки квазаров – являются достаточно мощными реализациями генеральной совокупности квазаров, которые распределены по всей небесной сфере. Иными словами, будем считать, что статистические свойства квазаров не зависят от направления на небесной сфере.

Тогда возникает равенство оценок математического ожидания, которые присутствуют в виде разности в (7), что позволяет обнулить его левую часть.

$$0 = \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} B_i - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} B_i \right) + \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} f_i(z) - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f_i(z) \right). \quad (8)$$

Выражение (8) содержит разности средних значений относительной звездной величины  $B$ , а также разности средних значений функций  $f(z)$  красного смещения.

Если принять, что два различных направления на небесной сфере характеризуют различные значения параметра Хаббла, то взятые в скобки разности в выражении (8) не равны нулю, а в выражение (7) добавляется логарифм частного:

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} M_{B_i} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} M_{B_i} = \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} B_i - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} B_i \right) + \left( \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} f_i(z) - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f_i(z) \right) + 5 \lg \frac{H_1}{H_2}. \quad (9)$$

Подставляя (7) в (9), получаем

$$\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} M_{B_i} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} M_{B_i} = 5 \lg \frac{H_1}{H_2}. \quad (10)$$

Выражение (9) содержит две неизвестных  $H_1$  и  $H_2$ . Однако, если предположить, что в одном из окон выборки, например, втором, значение  $H_2$  оценено как постоянная Хаббла  $H_0 = 71 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ , принятая для всей генеральной совокупности в каталогах [3; 4], то выражение (10) может быть преобразовано к виду:

$$H_1 = H_0 \cdot 10^{\frac{\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} M_{B_i} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} M_{B_i}}{5}}. \quad (11)$$

Наконец, если в качестве вычитаемого в показателе степени значения абсолютной звездной величины квазаров взять  $M_{B_0}$  - среднее значение по всей генеральной совокупности квазаров, последнее выражение оказывается равным:

$$H_1 = H_0 \cdot 10^{\frac{M_{B_1} - M_{B_0}}{5}}. \quad (12)$$

где  $M_{B_1}$  – среднее значение абсолютной звездной величины квазаров в рассматриваемом направлении.

Непосредственное усреднение абсолютной звездной величины квазаров по всем  $n_1=168941$  объектам каталога [3] дает значение  $M_{B_0} = -23,73$ , достаточно близкое к граничному значению  $M_B = -22,25$ , условно отделяющему собственно квазары от активных галактических ядер, т.е.:

$$H_1 = 71 \cdot 10^{\frac{M_{B_1} - 23,73}{5}}, \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}. \quad (13)$$

Таким образом, согласно разработанному методу оценки вариации скорости расширения Вселенной ее направления на небесной сфере разбивают на окна выборки, для каждого окна оценивают среднюю абсолютную светимость квазаров, после чего по формуле (13) рассчитывают значение параметра Хаббла в соответствующем направлении.

Следует оговорить, что предлагаемый метод расчета вариации распределения параметра Хаббла по небесной сфере позволяет, таким образом, устанавливать, во сколько раз значение параметра Хаббла в каком-либо направлении

отличается от значения, считающегося составителями каталога наиболее точно установленным. Возможный пересмотр с течением времени действительного значения  $H_0$  постоянной Хаббла, как и возможное изменение значения  $M_B$ , требует перерасчета абсолютной светимости квазаров с новым значением постоянной Хаббла, либо вследствие дополнения каталога новыми объектами и данными, потребует корректировки значений входящих в (13) констант.

Для реализации данного метода, учитывая требования к среднему квадратичному отклонению средней светимости квазаров, а также ряд других особенностей, при формировании окон выборки галактическая небесная сфера была разделена по координате прямого восхождения на 48 равных отрезков с шагом в 7,5 угловых градусов.

Координата галактического склонения была также разделена на 48 отрезков. Переменность шага такого деления обеспечивала разбиение поверхности небесной сферы сеткой площадей из  $48 \times 48$  равновеликих по площади секторов.

При этом шаг сетки секторов оказывался существенно перекрывающим характерный шаг вариации плотности филаментов и войдов, образующих крупномасштабную структуру Вселенной в диапазоне межгалактических расстояний, которая, согласно ряду предположений, может быть распространена также на вариацию поверхностной плотности распределения квазизвездных объектов по небесной сфере.

Расчеты согласно (13) позволили установить, что при возможных изменениях параметра Хаббла ввиду неоднородности расширения Вселенной в пределах  $\pm 8 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ . Распределение параметра Хаббла по небесной сфере в виде разложения по функциям Бесселя второго рода изображены на рисунке:

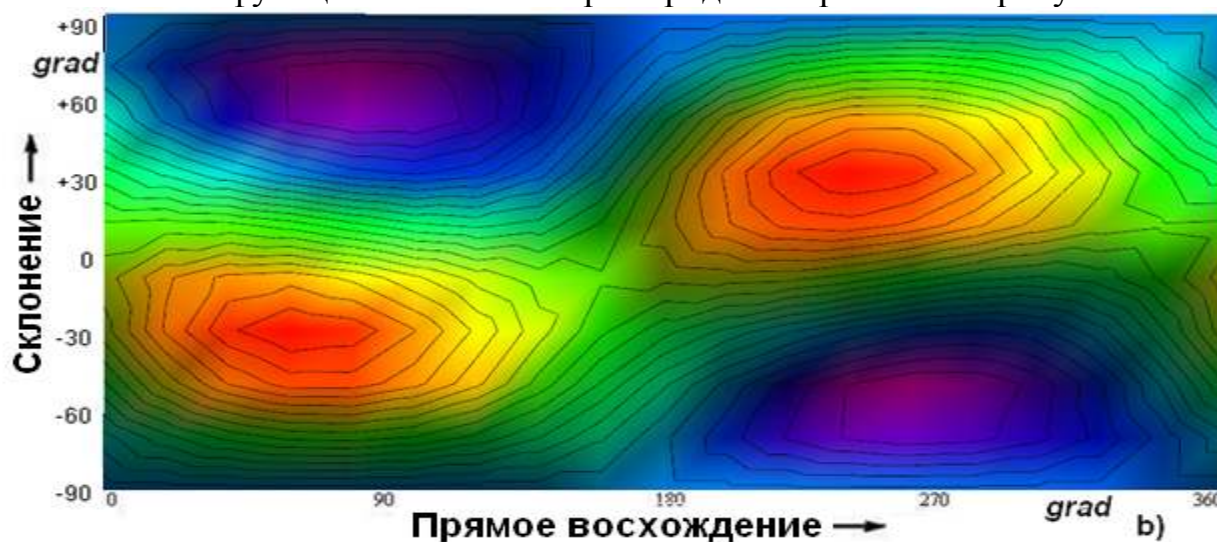


Рисунок 1 - Разложение по сферическим гармоникам Бесселя второго рода отклонений параметра Хаббла от постоянной Хаббла, как функция направления на небесной сфере.

### Выводы:

Представленный метод принятия решений в отношении скорости расширения Вселенной позволяет сделать статистически значимый вывод о том, что Вселенная в разных направлениях расширяется с разными скоростями.

Моделирование функции распределения скорости расширения Вселенной как функции направления на небесной сфере в виде суммы сферических гармоник позволило оценить вариацию скорости, т. е. диапазон значений параметра Хаббла интервалом  $67 \dots 77 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. M.L.McClure, C.C.Dyer, Anisotropy of the Hubble constant as observed in the HST Extragalactic Distance Scale Key Project results.—arXiv:astro-ph/0703556v1, Mar. 21, 2007.
2. Local field of speeds and anisotropy of a Hubble's stream (In Russian): [the electronic resource]: <http://w0.sao.ru/hq/dim/PhD/full/node36.html>
3. Veron-Cetty, M.-P. and Veron, P. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 13-th Edition // Astronomy & Astrophysics manuscript.—March 30, 2010.
4. Veron-Cetty, M.-P. and Veron, P. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 12-th Edition // ESO Scientific Report.—YU9.—2006.

## БАЗА ДАННЫХ АСТРОМЕТРИИ КВАЗАРОВ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О КРУПНОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ ВСЕЛЕННОЙ

Рогов А.П., студент 31-ИК

Рук. Варгашкин В.Я., доцент, кафедра «ЭВТИБ»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

Целью настоящей работы явилось принятие решения о наличии или отсутствии крупномасштабных неоднородностей во Вселенной на основании астрометрических данных.

В настоящее время принято, что Вселенная однородна на масштабах порядка  $10 \text{ Мпк}$  [1]. Если считать это предположение верным, то можно сделать вывод о монотонном уменьшении количества наблюдаемых космических объектов с увеличением расстояний до них. Такой характер зависимости обуславливается двумя факторами. Во-первых, с увеличением расстояния до наблюдаемого объекта уменьшается поток испущенных им фотонов на единицу поверхности сферы. Во-вторых, из-за космологического красного смещения увеличивается длина волны испущенных фотонов, и, как следствие, их энергия уменьшается.

Для проверки этой гипотезы было использовано находящееся в открытом доступе тринадцатое издание каталога квазаров и активных ядер обсерватории высокого Прованса [2], содержащее 168941 объект, среди которых имеются 133336 квазаров, 34231 активных галактических ядер, а также 1374 BL-лацертид. Данные космические объекты были выбраны потому, что значение их красного смещения  $z$  наибольшее по сравнению с другими классами космических объектов, следовательно, квазары и активные галактические ядра являются самыми удалёнными объектами из наблюдаемых.

Для построения зависимости количества известных квазаров и активных галактических ядер от значения их красного смещения все объекты были разделены на 512 групп. Группы формировались по значению красного смещения объектов, причём интервал  $z$  был выбран одинаковым для всех групп. Таким образом была получена гистограмма распределения количества объектов в группе от номера группы, причём номер группы  $x$  возрастает с увеличением значения  $z$  объектов этой группы. Гистограмма показана на рисунке 1. Разбиение осуществлено на 512 групп, а не на другое их количество, для достижения компромисса между гладкостью гистограммы и наименьшим значением выбросов относительно соседних групп.

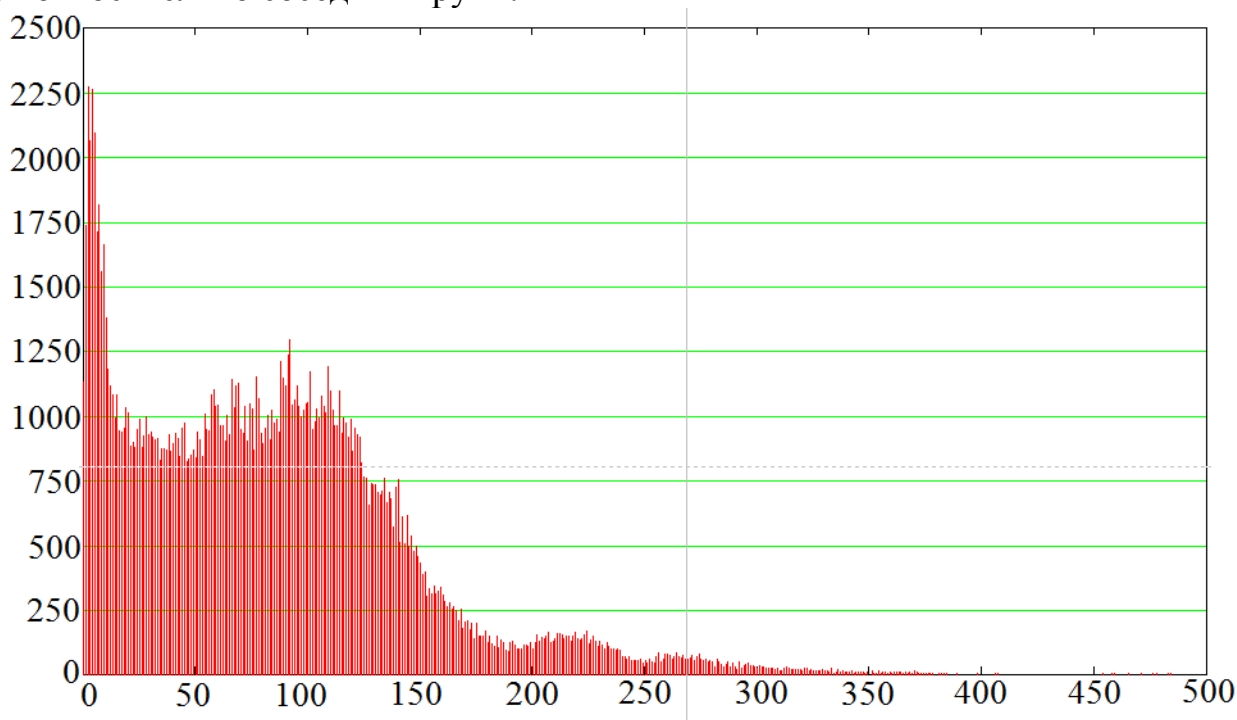


Рисунок 1 – Гистограмма распределения количества наблюдаемых квазаров и активных галактических ядер от значения их красного смещения

Затем, для перехода от дискретной гистограммы к непрерывному графику, была получена огибающая гистограммы, изображённая на рисунке 2. Исходя из проверяемой гипотезы, количество объектов с увеличением  $x$  должно монотонно уменьшаться. Однако, на полученном графике заметны три минимума и три максимума, показанных на рисунке 3.

Тем не менее, данного рисунка не достаточно для принятия какого-либо решения. Необходимо проверить, являются ли наблюдаемые минимумы и максимумы статистически значимыми, или же их можно объяснить статистической погрешностью. Для этого были произведены прямая и обратная регрессии полученных величин методом наименьших квадратов. Предполагаемые минимумы и максимумы были аппроксимированы параболой при прямой регрессии и двумя половинами парабол при обратной регрессии.

Были получены координаты минимумов и максимумов аппроксимирующих парабол, причём в случае прямой регрессии точки экстремума были получены аналитическим путём, а в случае обратной регрессии точкой экстремума



считалась точка пересечения половин парабол. Аппроксимации минимумов и максимумов прямой и обратной регрессиями, точки экстремумов показаны на рисунках 4 – 6.

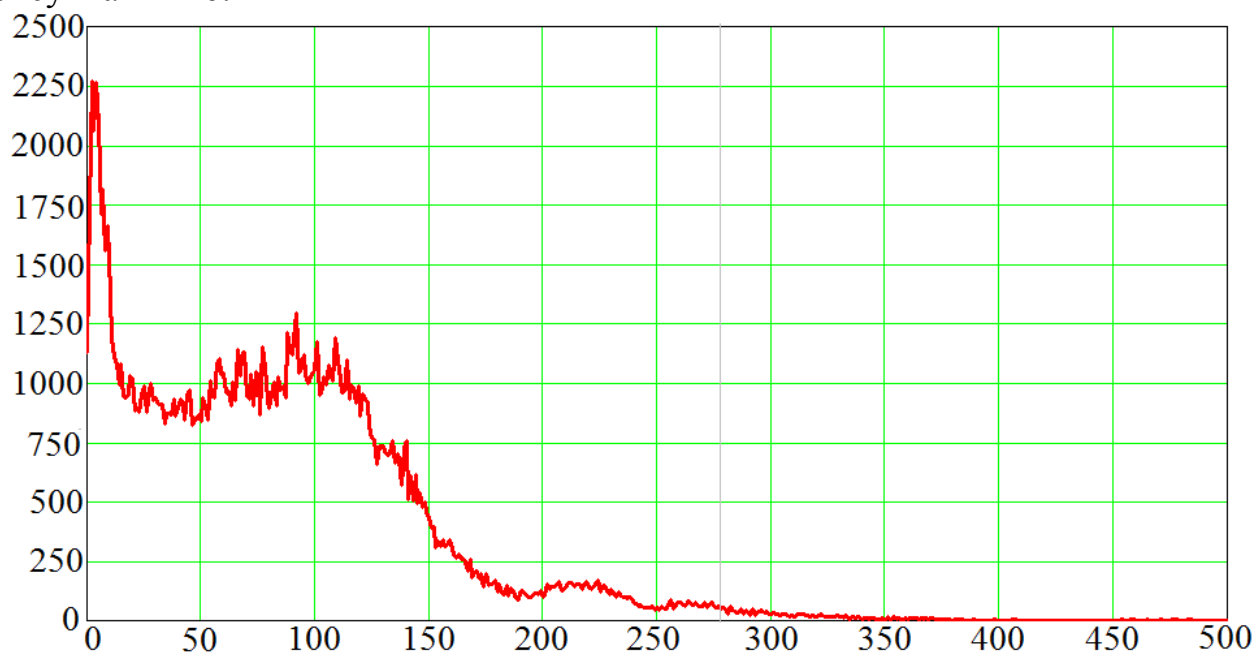


Рисунок 2 – График распределения количества наблюдаемых квазаров и активных галактических ядер от значения их красного смещения, полученный из гистограммы

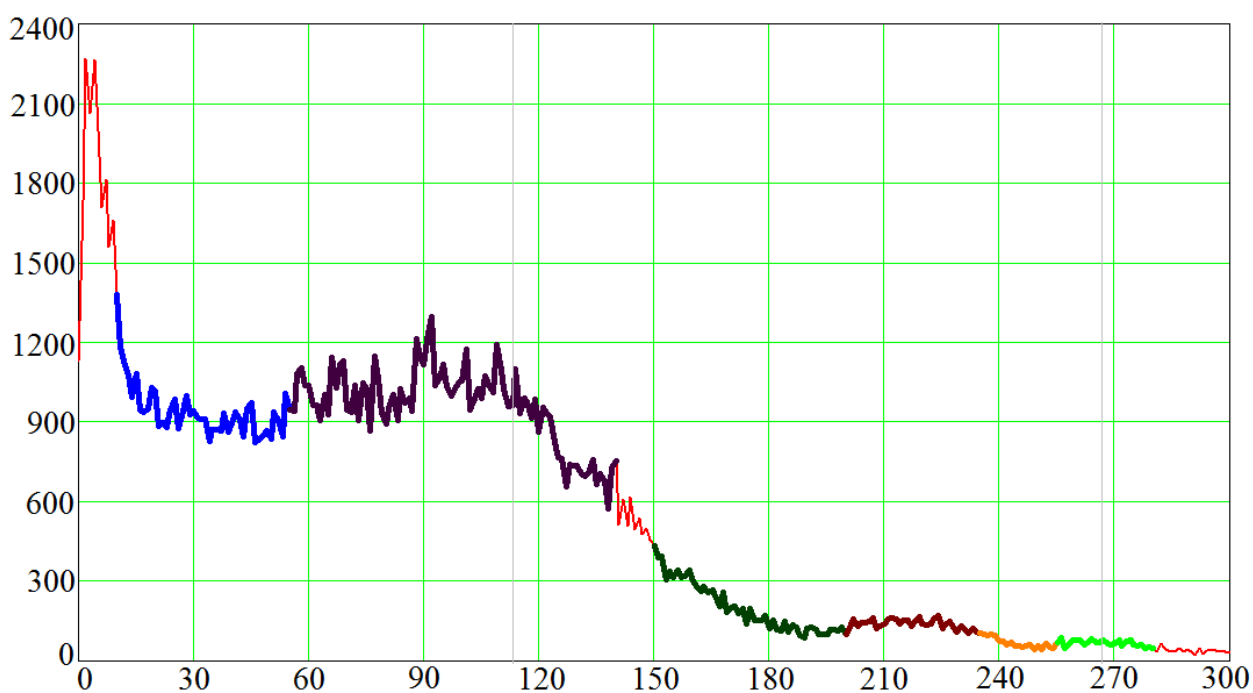


Рисунок 3 – Масштабированный график распределения количества наблюдаемых квазаров и активных галактических ядер от значения их красного смещения с выделенными участками минимумов и максимумов.

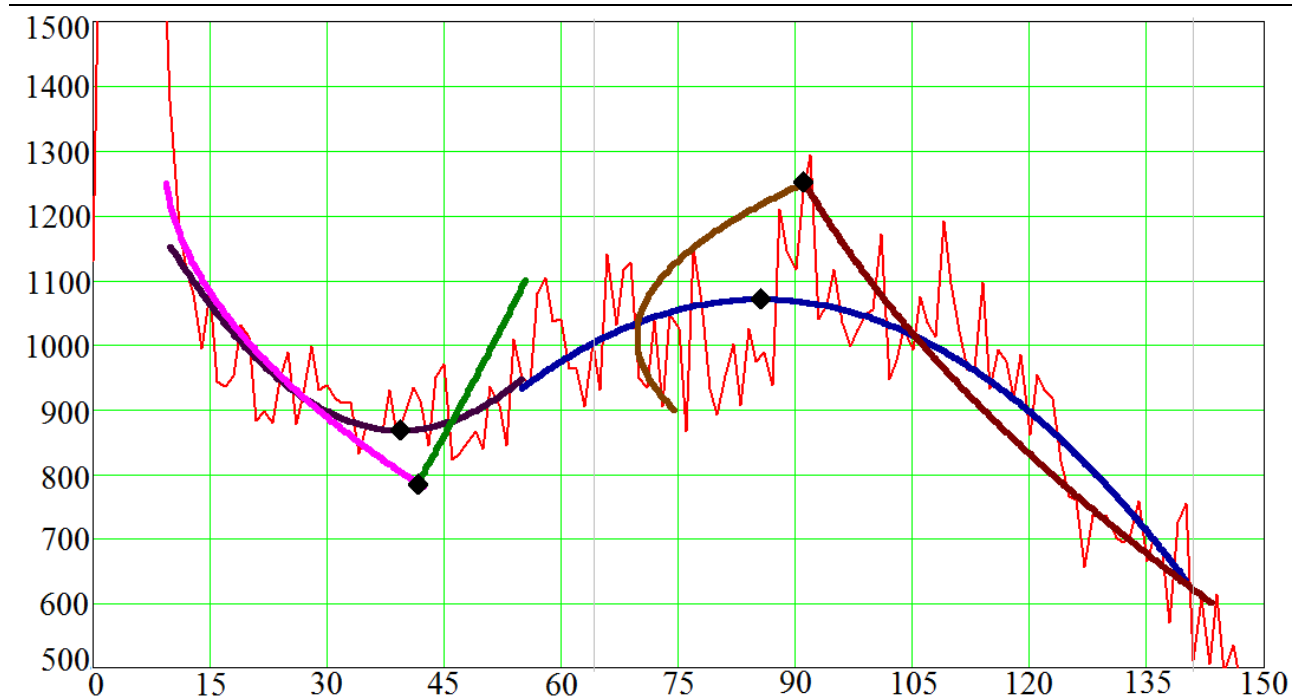


Рисунок 4 – Участок первого минимума и первого максимума с аппроксимирующими параболой, полученными прямой и обратной регрессиями, и точками экстремумов

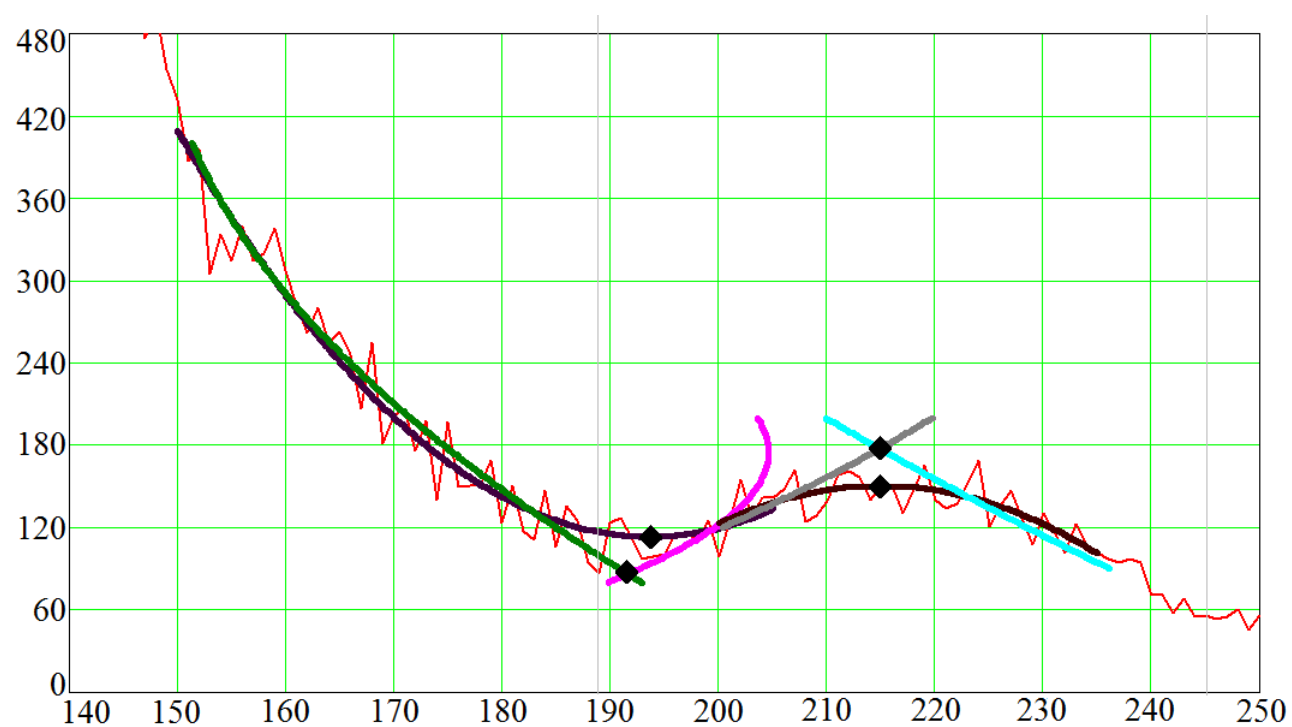


Рисунок 5 – Участок второго минимума и второго максимума с аппроксимирующими параболой, полученными прямой и обратной регрессиями, и точками экстремумов

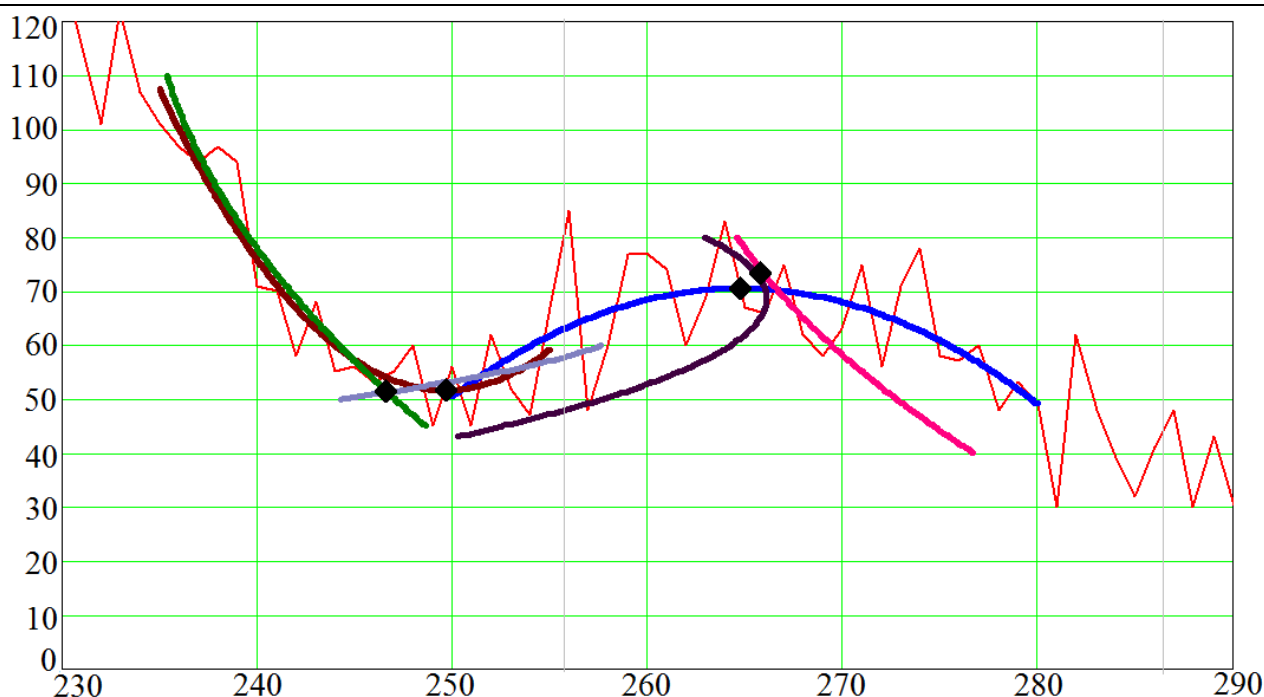


Рисунок 6 – Участок третьего минимума и третьего максимума с аппроксимирующими параболой, полученными прямой и обратной регрессиями, и точками экстремумов

По полученным координатам экстремумов были вычислены относительные погрешности определения точек минимумов и максимумов двумя изложенными методами. Эти погрешности, а также промежуточные выкладки при их вычислении представлены в таблице 1. В ней  $x_{r.r.}$  и  $x_{i.r.}$  – абсциссы точек экстремума, полученных прямой и обратной регрессиями соответственно,  $y_{r.r.}$  и  $y_{i.r.}$  – ординаты точек экстремума, полученных прямой и обратной регрессиями соответственно,  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – абсолютные погрешности по  $x$  и  $y$ ,  $\Delta x \cdot x_{\min}^{-1}$  и  $\Delta y \cdot y_{\min}^{-1}$  – относительные погрешности по  $x$  и  $y$ .

Таблица 1 – К расчёту погрешностей координат экстремумов

	$x_{r.r.}$	$x_{i.r.}$	$y_{r.r.}$	$y_{i.r.}$	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x \cdot x_{\min}^{-1}, \%$	$\Delta y \cdot y_{\min}^{-1}, \%$
1-ый минимум	39,4	41,7	867,7	784,4	2,3	83,3	5,8	10,6
1-ый максимум	85,6	91,0	1070,5	1252,0	5,4	181,5	6,3	17,0
2-ой минимум	193,6	191,5	113,1	87,5	2,1	25,6	1,1	29,3
2-ой максимум	214,9	214,8	150,2	177,5	0,1	27,3	0,05	18,2
3-ий минимум	249,6	246,6	51,7	51,5	3,0	0,2	1,2	0,4
3-ий максимум	264,8	265,8	70,5	73,4	1,0	2,9	0,4	4,1

### **Выводы**

Представленный метод принятия решений в отношении астрометрии квазаров позволяет сделать вывод о наличии локальных особенностей во Вселенной в окрестностях точек, координаты которых указаны в таблице 1, в условиях, когда погрешности по оси  $x$  находятся в пределах 0,05...6,3 % и не превышают 10 %, а погрешности по оси  $y$  в основном находятся в пределах 0,4...20 % и не превышают 30 %. Эти локальные особенности можно объяснить наличием крупномасштабных неоднородностей Вселенной.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория. М.: Красанд, 2010. 564 с.
2. Veron-Cetty, M.-P. and Veron, P. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 13-th Edition // Astronomy & Astrophysics manuscript. – March 30, 2010.

## **ВИРТУАЛЬНЫЕ ЗАЩИЩЕННЫЕ СЕТИ VPN**

Масалыгин К.К., студент  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

На данный момент создание защищенной информационной среды для корпораций является особо важной задачей. Решение этого вопроса усложняется тем, что инфраструктура таких корпораций состоит из удаленных друг от друга подразделений, поставщиков и клиентов.

Для создания эффективной и защищенной информационной сети применяется технология виртуальной защищенной сети – VPN.

Данная технология заключается в создании защищенного тоннеля в глобальной сети для обмена информацией между двумя сторонами. Доступ к этому тоннелю должен быть максимально затруднен третьим лицам.

Плюсом VPN-технологии стоит выделить экономию для предприятия, по сравнению с созданием собственной интранет-сети и использованием выделенной линии. Это преимущество стимулирует внедрение данной технологии в различные предприятия.

### **Понятия и функции сетей VPN**

Для решения проблем, связанных с угрозами сети, используются межсетевые экраны. Они располагаются на стыке локальной и открытой сети, а также представляют собой специальное ПО, которое устанавливается на компьютере.

Виртуальная защищенная сеть VPN представляет собой компьютеры и локальную сеть, соединенную между собой через открытую внешнюю среду передачи данных. Она реализует защищенную передачу информации путем создания защищенных каналов (туннели VPN) связи на основе открытых каналов Интернет.

По туннелю VPN передается криптографически защищенные пакеты данных. Для защиты пакетов должны выполняться следующие условия:

1. Проведена аутентификация сторон.
2. Передаваемые данные криптографически зашифрованы.
3. Проведена проверка целостности и подлинности пакетов данных.

Устройства VPN выступают в роли VPN-клиента, шлюза безопасности VPN или VPN сервера.

VPN-клиент – это программно-аппаратный комплекс, выполняемый на базе ПК, обеспечивающий шифрование и аутентификацию трафика.

VPN-сервер так же является аппаратно-техническим средством и представляет собой сервер, который отвечает за защиту серверов от несанкционированного доступа, а так же создание безопасной связи между компьютерами.

Шлюз безопасности VPN является сетевым устройством, подключаемым к двум сетям, которое выполняет шифрование и аутентификацию хостов, расположенных за ним. Весь трафик для внутренней сети проходит через шлюз. Такой шлюз может быть как программным решением, так и техническим.

Для повышения защиты передаваемых данных используется инкапсуляция и тунелирование. При данных методах данные передаются по общедоступным сетям, при этом между отправителем и получателем образуется некое логическое соединение – туннель, который позволяет инкапсулировать, т.е. упаковать данные в другой пакет данных, при том, что этот пакет должен быть уровнем выше или таким же. Тунелирование не защищает данные от несанкционированного доступа и изменения, но достигается полная криптографическая защита. Отправитель шифрует данные и упаковывает их в внешний пакет с новым IP.

Благодаря технологии инкапсуляции и тунелирования пакет данных шифруется полностью вместе с заголовком и полем данных. Это важно, т.к. из заголовка злоумышленник может получить сведения о сети и использовать их для атаки корпоративной сети. Т.о. происходит шифрование пакета данных и зашифровывание заголовка и помещение их в пакет с открытым заголовком, который не позволит злоумышленнику получить сведения.

После получения внешнего пакета, из него извлекается исходный пакет и расшифровывается его заголовок для дальнейшей передачи по внутренней сети.

Тунелирование так же решает еще одну серьезную проблему – конфликт IP адресов.

Реализация механизма тунелирования представляет собой совместную работу трех протоколов: протокол-пассажир, несущий протокол и протокол тунелирования. Так, в качестве протокола-пассажира может выступать транспортный протокол IPX, который переносит данные по локальной сети.

#### **Варианты построения виртуальных защищенных каналов.**

Безопасность VPN-сетей необходимо обеспечить не только для объединения локальных сетей, но и удаленных пользователей. Для этого применяют две основные схемы:

1. Виртуальный защищенный канал между локальными сетями (канал ЛВС-ЛВС).

2. Виртуальный защищенный канал между узлом и локальной сетью (канал клиент-ЛВС).

Первая схема позволяет сэкономить на дорогостоящих выделенных линиях и создать постоянную защищенную линию между офисами. Шлюз безопасности является интерфейсом между туннелем и локальной сетью, а пользователи используют туннель для связи.

Вторая схема используется для установления соединения между удаленными пользователями. Создание туннеля инициируется удаленным пользователем. Пользователь запускает на ПК специальное ПО, т.о. происходит связь со шлюзом, который защищает удаленную сеть.

Любой из двух узлов виртуальной корпоративной сети, между которыми формируется канал, может принадлежать конечной или промежуточной точки защищаемого потока сообщений.

Для информационной безопасности наилучшим вариантом будет тот, при котором конечные точки защищенного туннеля совпадают с конечными точками защищаемого потока сообщений. Однако это приводит к децентрализации управления и повышает затраты.

Если внутри локальной сети не требуется защита данных, то в качестве конечной точки следует выбрать межсетевой экран или пограничный маршрутизатор. В обратном случае конечной точкой выступает сам ПК, участвующий в защищенной передаче. Если у удаленного пользователя есть доступ к локальной сети, то его ПК является конечной точкой виртуального защищенного канала.

Большое распространение имеет вариант, при котором защищенный туннель прокладывается только внутри открытой сети с коммутацией пакетов. Такой вариант удобен, но дает низкий уровень защиты.

При объединении локальных сетей туннель формируется между пограничными маршрутизаторами. В случае удаленного доступа к локальной сети туннель формируется между сервером удаленного доступа провайдера и пограничным маршрутизатором.

Если корпоративная сеть построена по данному типу, то она хорошо масштабируема и управляема. Однако этот вариант так же не позволяет получить хороший уровень безопасности.

Защищенный туннель создается компонентами виртуальной сети. Эти компоненты называют инициатором туннеля и терминатором туннеля.

Инициатор туннеля инкапсулирует пакеты, которые могут принадлежать любому протоколу. Маршрут между инициатором и терминатором определяет маршрутизируемая сеть IP.

Терминатор туннеля выполняет обратный инкапсуляции процесс. Он удаляет новые заголовки, а так же направляет пакеты адресату.

Целостность и подлинность пакетов обеспечивает цифровая подпись, а за конфиденциальность отвечает шифрование пакетов

### **Средства обеспечения безопасности VPN.**

При построении VPN сетей важно помнить о безопасности данных, которые выражаются следующими параметрами:

- Конфиденциальность, т.е. данные известны лишь легальным пользователям.
- Целостность – это гарантия неизменности и сохранности передаваемой информации.
- Доступность, т.е. все средства, выполняющие функции VPN, должны быть доступны легальным пользователям.

Аутентификация абонентов происходит с помощью паролей, смарт-карт и иных технических и программных средств. Авторизация призвана предоставлять обслуживание абонентам, которые прошли процедуру аутентификации.

Что бы обеспечить безопасность на предприятии требуется решить ряд задач, таких как:

- Взаимная аутентификация во время установления соединения.
- Конфиденциальность, целостность и аутентичность информации.
- Авторизация и управление доступом.
- Безопасность сети и мониторинг вторжений.
- Мониторинг безопасности сети.

#### **Система аутентификации.**

Современные средства аутентификации должны удовлетворять следующие требования:

- Поддержание единого входа в сеть.
- Устойчивость к сетевым угрозам.

Суть первого требования заключается в том, что абонент единожды проходит процесс аутентификации и на все время работы получает некий набор возможностей по работе внутри сети.

Второе же требование выполняется с использованием криптографических методов, таких как система Kerberos и т.п.

#### **Авторизация и управление доступом.**

Главная цель авторизации заключается в том, что бы дать пользователю те права, которые были определены администрацией.

Процедура авторизации реализуется программно, а при их построении применяют следующие подходы:

- Централизованный.
- Децентрализованный.

Первый организует единый вход и реализуется в системах Kerberos и RADIUS.

Во втором же случае каждый терминал оснащается средствами защиты, а доступ к каждому приложению контролирует средство защиты среды с которой работает приложение.

#### **Безопасность периметра сети.**

Безопасность сети обеспечивают межсетевые экраны. Они производят мониторинг трафика, проходящего через границы сети и накладывают ограничения на основе политики безопасности.

Еще одним важным элементом выступает система предотвращений вторжений ISP. Она занимается мониторингом неавторизованной сетевой активности в режиме реального времени.

#### **Управление безопасностью сети.**

Система управления любой локальной сети должна включать в себя устройства и сервисы VPN для управления политикой безопасности. VPN позволяет руководству компании определить функции, которые останутся за администрацией сети, а какие можно передать сервис-провайдеру.

Очень важно понимать высокую роль системы управления безопасностью. Если компания хочет обеспечить высокий уровень безопасности, то необходимо создать централизованное управление всей сетью с скоординированными действиями.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. В. Ф. Шаньгин, Защита информации в компьютерных системах и сетях, 2012.
2. Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях, 2001.
3. Браун С. Виртуальные частные сети, 2001

### **ЗАДАЧА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

Лобанова Н.Г. аспирант  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орёл

*В данной статье автор поднимает проблему выживания и развития предприятия в изменяющихся условиях. Разработка и внедрение методов проектирования и адаптивных механизмов функционирования позволит предприятию адаптироваться к требованиям постоянно изменяющейся рыночной среды.*

*Ключевые слова: методы проектирования; адаптивный оценочный механизм; дальновидный элемент.*

Эффективность функционирования малого предприятия зависит от того, насколько хорошо оно способно адаптироваться к требованиям постоянно изменяющейся рыночной среды, учитывать факторы внешнего окружения и рационально использовать свои потенциальные возможности.

Механизм адаптации организации (адаптивный механизм) формирует ее управляющий орган (Центр). В теоретических исследованиях обычно рассматривается двухуровневая модель организации, на верхнем уровне которой находится Центр, а на нижнем дальновидный элемент [1],[2].

Малое предприятие вынуждено функционировать в тесном взаимодействии с внешней средой, которая характеризуется высокой степенью неопределенности. Внешние факторы, оказывающие непосредственное влияние на эффективность деятельности предприятия (изменение спроса на реализуемые то-



вары в количественном отношении и в отношении ассортимента, изменение уровня рыночных цен на приобретаемые фирмой товары, отклонения по срокам, объему и качеству выполнения договорных обязательств по поставкам, дебиторская задолженность, уровень инфляции, изменение валютного курса, налоговая политика государства и т.д.), связаны с конкретными объектами внешней среды: с клиентами, поставщиками, партнерами, конкурентами, банком, государственными организациями.

Адаптивность заложена в самой природе малого бизнеса.

Основой выживания и развития предприятия в изменяющихся условиях является приспособление, адаптация механизма функционирования, осуществляемого в его рамках процесса выполнения заказов по схеме «разработка-снабжение-производство-сбыт» к потребностям рынка. Процесс приспособления ведет за собой такую адаптацию предприятия в целом, что становится возможным выполнение самых разнообразных требований заказчиков и потребителей наукоемкой продукции, повышение рентабельности и ликвидности предприятия. Для этого разрабатываются методы проектирования и внедрения типовых адаптивных механизмов функционирования предприятия в условиях рынка.

Задача синтеза адаптивных механизмов функционирования иерархической активной системы, на верхнем уровне которой находится Центр, а на нижнем — дальновидный элемент (ДЭ), в условиях неопределенности может быть сформулирована следующим образом (рис.1).

Обозначим выход ДЭ в периоде  $t$  через  $y_t$ , причем  $y_t < p_t$ ,  $1=1, T$ , где  $T$  — число периодов, учитываемых ДЭ (дальновидность). Предполагается, что предельные возможности ДЭ в периоде  $t$  определяет случайный параметр  $p_t$  (рыночный потенциал ДЭ).  $t=1, T$ ,  $T$  - число рассматриваемых периодов (дальновидность). Величина рыночного потенциала  $p_t$ , известна ДЭ, но не известна Центру:  $p_t \in P$ ,  $j=1, T$ . [1],[2].

Адаптивные оценочные механизмы (АОМ) функционирования двухуровневой активной системы включают Центр и ДЭ. В АОМ Центр, действующий в условиях неопределенности, использует процедуры получения адаптивных оценок желательных (нормативных или плановых) значений выходов ДЭ и стимулирования за их выполнение. Именно, Центр использует АОМ с настраиваемыми (адаптивными) нормативами (планами), зависящими от выборов ДЭ. В АОМ  $\Sigma a = (X, E)$  адаптивный план (норматив)  $x_{t+1}$  на период  $t+1$  определяется как  $x_{t+1} = X(x_t, y_t)$ , где  $X(x_t, y_t)$  - процедура адаптивного планирования (формирования нормативов),  $t=1, T$ ,  $x_1 = x^1$ .

Стимул ДЭ в периоде  $t$  равен  $e_t = E(x_t, y_t)$ , где  $E$  процедура оценивания (стимулирования). Стратегия ДЭ, как совокупность выходов имеет вид  $\bar{y} = (y_1, \dots, y_T)$ ,  $y_t \leq p_t$ ,  $t=1, T$ . Целевая функция ДЭ зависит от этой стратегии и имеет вид

$$V(\bar{y}) = \sum_{t=1}^T k^{t-1} E(x_t, y_t), \quad (1)$$

где  $k$  - коэффициент дисконтирования, используемый для приведения будущих стимулов к текущему моменту времени.

После того, как Центр задает АОМ, ДЭ выбирает оптимальную стратегию  $\bar{y}^* = (y_1^* \dots y_T^*)$  так, чтобы максимизировать свою целевую функцию:  $V(\bar{y}^*) = \max V(\bar{y})$ .

ЦЕНТР

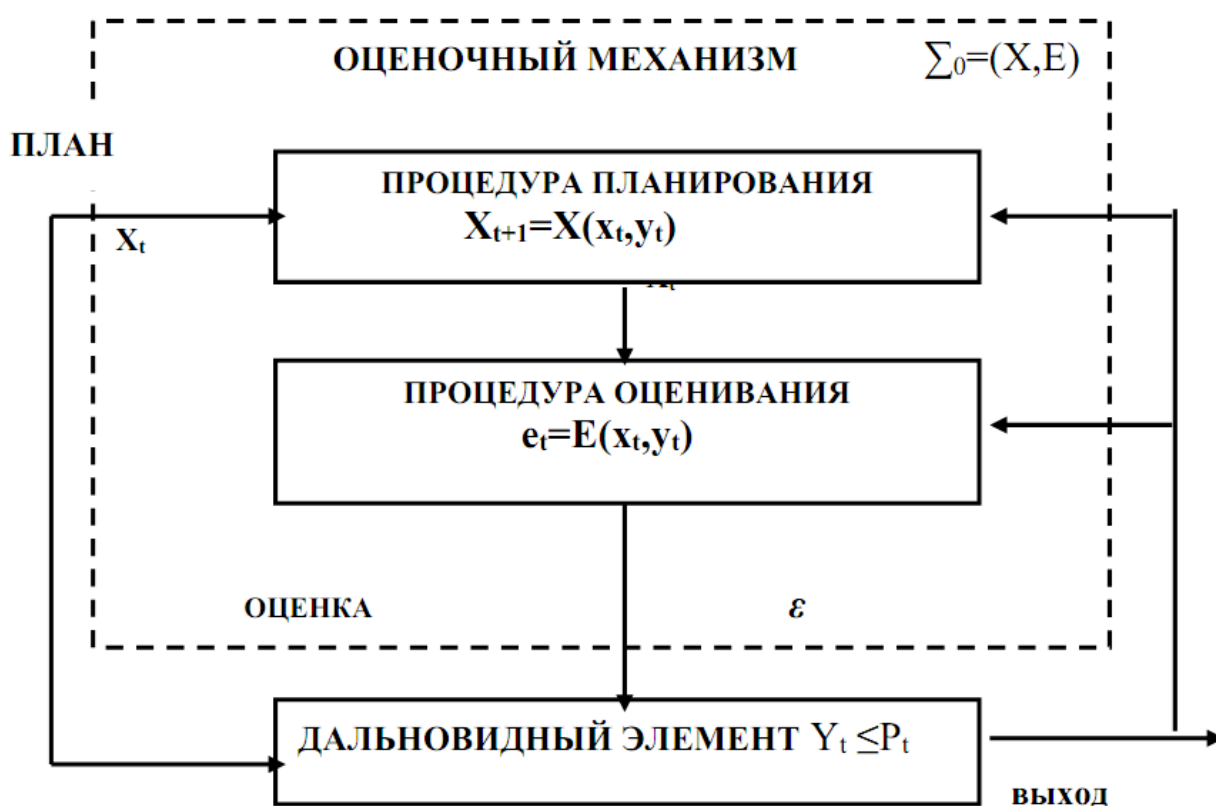


Рисунок 1 - Адаптивный оценочный механизм

Тем самым реализуется игра ДЭ с Центром. Множество решений этой игры  $G(\Sigma_0, p) = \text{Arg} = \max_y V(\bar{y})$  - это совокупность оптимальных стратегий ДЭ.

Математическая модель ДЭ, увязывающая рыночные потенциалы, выходы, планы, стимулы и целевую функцию ДЭ, позволяет проводить анализ того или иного АОМ. На её основе можно также ставить и решать задачи оптимального синтеза АОМ, как совокупности процедур, обеспечивающих выходы ДЭ, предпочтительные для Центра.

Обозначим совокупность адаптивных планов (нормативов) на весь срок дальновидности через  $x = (x_j \dots X_j)$ . Задача оптимального синтеза адаптивного

оценочного механизма функционирования рассматриваемой активной системы в условиях неопределенности относительно потенциала ДЭ имеет вид:

$$p_t \in P, t = \overline{1, T} \quad \bar{y} \in G(\Sigma_0) \quad \Phi(\bar{x}, \bar{y}) \xrightarrow{\Sigma_0} \max \quad (2)$$

Предполагается, что целевая функция Центра монотонно возрастает с увеличением выхода ДЭ  $y_t$ :

$$\Phi(\dots, y_{1t}, \dots) \leq \Phi(\dots, y_{2t}, \dots), y_{1t} \leq y_{2t}, t = 1, T. \quad (3)$$

Прогрессивным называется АОМ  $\Sigma_0 = (X, E)$  такой, что  $y_t^* = p_t, t = \overline{1, T}$ .

Для моделирования процесса адаптации Центра использовано понятие потенциала ДЭ. Например, потенциал промышленного предприятия, как экономического объекта, может характеризоваться максимальными производственными возможностями, основными производственными фондами и т.д.. Задача адаптации Центра - это задача роста целевой функции Центра, за счет использования потенциала предприятия.

Огромное значение для выживания и развития предприятия в рыночных условиях имеет его способность приспосабливаться к задачам потребителей, гибкость. Изучение проблем гибкости и адаптивности производственных систем и влияния на них производственного и финансового менеджмента посвящено значительное число монографий, исследований и разработок как отечественных, так и зарубежных ученых: Р. Акоффа, И. Ансоффа, П.Н. Белянина, В.Н. Буркова, В.Н. Васильева, Е.П. Голубкова и др.

Основная особенность адаптивного управления в активных системах связана с одним из проявлений активности - дальновидностью элементов системы (заказчика и исполнителей заказа). Информированность дальновидного элемента (ДЭ) о процедурах адаптивного управления, применяемых дирекцией, позволяет ему предсказывать в той или иной степени будущие управляющие решения дирекции (планы, ресурсы, стимулы) в зависимости от состояния, которое элемент выбирает «сегодня». Поэтому дальновидному элементу может оказаться выгодным ограничивать возможные показатели.

Принципиальными особенностями процесса «разработка-производство» является динамика и неопределенность затрат, сроков, результатов и других параметров. Отсюда вытекает необходимость обеспечения гибкости и адаптивности предприятия. С другой стороны, основным принципом построения эффективной системы управления является адекватность последней объекту управления.

Отсюда следует, что никакая другая система, кроме *адаптивной* по своей сути, не может обеспечить выживание и развитие предприятия в условиях рыночной экономики. Опыт освоения новой техники, адаптации к требованиям заказчиков, технической и технологической переориентации наиболее востребованы в условиях рынка.

Базовая модель адаптивных механизмов мониторинга предприятия представлена на рис.2.

Для общей характеристики состояния, динамики, гибкости предприятия многие исследователи предлагают использовать сотни оценочных показателей и критериев. В недалеком прошлом в Институте экономики Академии наук была разработана картотека, которая включала более двух тысяч показателей, характеризующих технико-экономический уровень производства. Как следствие, инструментарий управления предприятием с использованием разработанных в этом ключе методов недоступен широким кругам не только практических работников, но и самих исследователей. [1],[2].

Гибкость — возможность переориентации производственной системы без коренного изменения материально-технической базы. Гибкость объекта – это внутренне присущее ему свойство реагировать на внешние воздействия (среду)

без коренных структурных изменений. Гибкость потенциала предприятия - свойство предприятия переходить из одного работоспособного

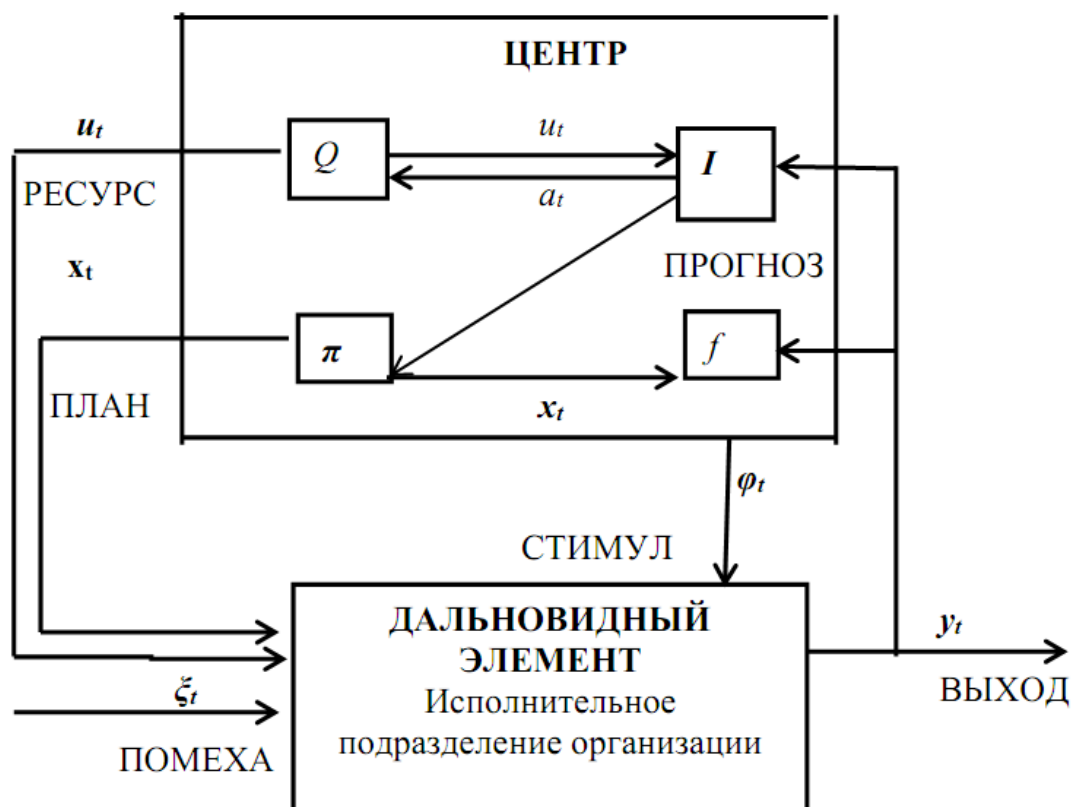


Рисунок 2 - Базовая модель адаптивных механизмов мониторинга предприятия (архетип)

функционального состояния в другое с минимальными потерями и затратами при выполнении очередного задания или новой функции. Эти и целый ряд других определений понятия «гибкость» свидетельствуют о том, что под ней чаще всего понимается свойство, характеризующее возможность переориентации системы, т.е. приспособление ее к окружающей среде.

Под адаптивностью понимается процесс целенаправленного изменения параметров, структуры и свойств объекта в ответ на происходящие изменения, а под адаптацией - процесс приспособления строения и функций системы к условиям внешней среды. Анализ и синтез адаптивных механизмов функционирования является одним из направлений теории активных систем и её применений в задачах управления предприятием.

**Предмет исследования:** адаптивные механизмы функционирования и управления развитием дальновидных эволюционных систем.

Гипотеза исследования состоит в том, что система управления мини-НПЗ будет способствовать эффективному управлению, если:

1. Весь процесс управления мини-НПЗ, мониторинг техпроцесса, его обеспечение, будет описан как дальновидная эволюционная система, исходя из того, что исследуемый объект относится к одной из самых сложных сфер человеческой деятельности, связанной с неопределенностью, динамикой и столкновением интересов.

2. Адаптивные механизмы управления мини-НПЗ и мониторинга технологического процесса ректификации нефти на мини-НПЗ будут разработаны на основе адаптации существующих в теории эволюционных систем моделей функционирования и управления развитием социально-экономических систем и их подсистем.

Предлагаются базовые модели (адаптивные информационные модели) и математический аппарат, позволяющие исследовать механизмы функционирования и управления развитием мини-НПЗ как дальновидной эволюционной системы.

Из адаптивных информационных моделей и их комбинаций «собирается» комплексный механизм управления мини-НПЗ и мониторинга технологического процесса ректификации нефти с целью адекватного представления системы и процесса мониторинга и управления этим процессом в условиях быстрых изменений.

Базовая модель обучающейся адаптивной организации (архетип «Локальный уровень»), описывающая локальные механизмы при взаимодействии подсистем АСУТП (рис.3); механизмы а) и б) выделены исходя из задач, решаемых при наблюдениях за состоянием и использованием технологического регламента.

Базовая модель самообучающейся организации (архетип «Исследования»), описывающая локальные механизмы при взаимодействии подсистем АСУТП наблюдений за состоянием и использованием оборудования (рис.4); выделено четыре сходных механизма в комбинациях, исходя из задач, решаемых при мониторинге техпроцесса [2].

Максимально возможный выход потенциал ДЭ в период времени  $t$  есть случайная величина  $\xi t$ .

Центр заинтересовывает агентов в эффективной работе. И наоборот, манипулируя эмоциями, данными, виртуальными ценностями и помехами, Центр может заинтересовать агентов в уменьшении того или иного показателя эффективности.

Таким образом, за счет подходящего выбора процедур оценки и классификации Центр может обеспечить эволюцию агентурной сети в заданном направлении: развитие по одним показателям и упадок по другим, «разворот» агентов в пространстве состояний, характеризующих теми или иными показателями, и т.д.

Манипулирование приводит к неустойчивости организации при смене эксперта – учителя. В то же время существуют объективные предпосылки к усилению роли эксперта.

Базовая модель обучаемой организации (архетип «Экспертиза»), описывающая локальные механизмы при взаимодействии подсистемы мониторинга ректификации (локальный уровень) и подсистемы оборудования (рис. 3); механизмы а) и б) выделены исходя из задач, решаемых при оптимизации в разных подсистемах [1].

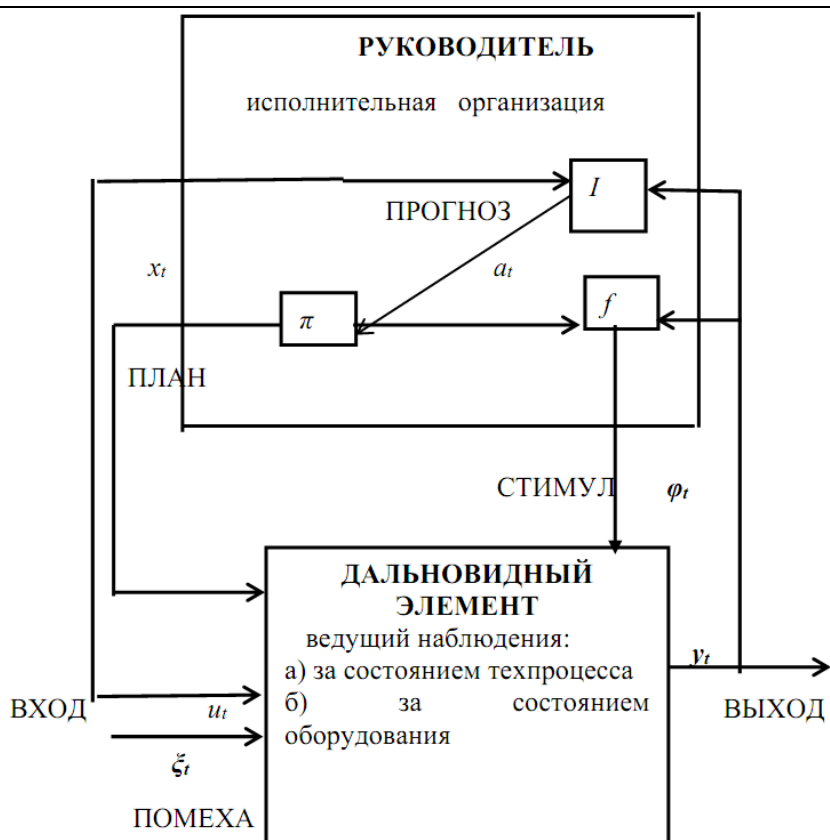


Рисунок 3 - Архетип «Локальный уровень»

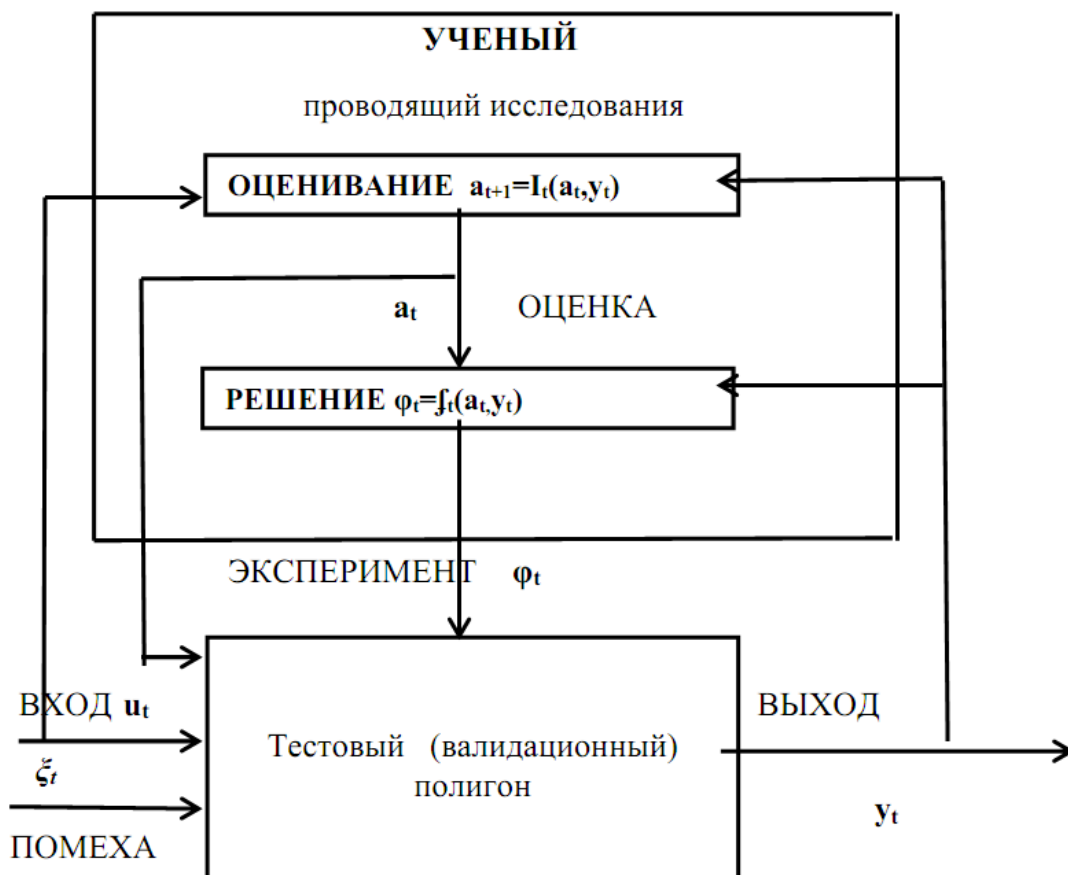


Рисунок 4 - Архетип «Исследования»

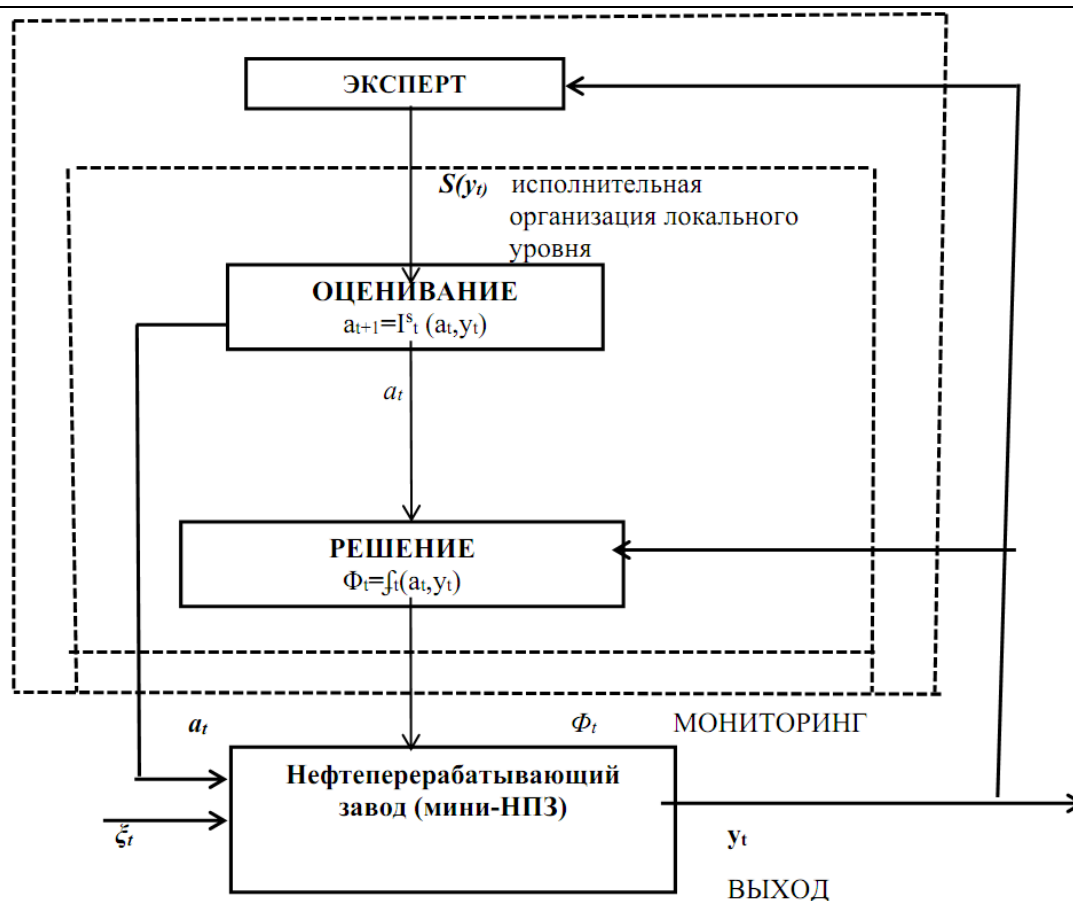


Рисунок 5 - Архетип «Экспертиза»

Особое значение имеет сравнение плановых и ожидаемых показателей. Информация раннего предупреждения позволяет при выявлении опасных отклонений своевременно реагировать на них, планировать и проводить упреждающие мероприятия или корректировать цели.

Базовые модели нужны для построения модели комплексного механизма управления. Комбинации разработанных базовых моделей позволяют строить более адекватные модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении. - М.: Наука, 1991.
2. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы функционирования промышленных объединений. — М.: ИПУ, 2000.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО АУДИТА ОРГАНИЗАЦИИ**

Ковалев П. А., аспирант.

Рук. Рытов М.Ю., к.т.н., доцент.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Исторической точкой отсчета появления корпоративного портала (далее КП, портал) в постоянном пользовании стал 1998 год, когда К. Шайлакс и Д. Тилман из инвестиционного банка MerrillLynch сформулировали первое определение корпоративного портала, а именно: «Корпоративные информационные порталы (EnterpriseInformationPortal – EIP) – это приложения, которые позволяют компаниям раскрывать информацию, хранящуюся внутри и вне организации, и предоставлять каждому пользователю единую точку доступа к предназначенной для него информации, необходимой для принятия обоснованных управленческих решений»[2].

Для маленькой компании, где отсутствует территориальное деление и большой объем персонала, создание КП не имеет смысла, т.к. все взаимодействие между сотрудниками чаще всего ведется лично или через локальную сеть предприятия. Но в случае с крупными компаниями, где выделяется центральный офис, а филиалы или представительства могут быть разбросаны по городу, стране или миру, КП является незаменимым решением.

Из этого следует, что корпоративный портал с непрерывным технологическим циклом – это корпоративный портал, чей производственный процесс нельзя прерывать по ряду причин.

Однако корпоративный портал не появляется из ничего. Перед реализацией, т.е. разработкой корпоративного портала производятся длительные и масштабные работы по сбору первичных требований, их анализу и проектированию будущего программного решения. В целом весь этот длительный процесс называется аудитом ИТ. Рассматривая процесс ИТ-аудита организации, остановимся на первом уровне.

На первом уровне происходит осознание в потребности корпоративного портала, поиск первичной информации по запрашиваемой тематике. Формируются первичные требования к корпоративному portalу, а также перечень целей и задач, которые он должен будет выполнять.

Затем на основе первичных требований необходимо проводить Аудит информационных технологий (далее ИТ-аудит). ИТ-аудит определен как аудит, который охватывает изучение и оценку по всем аспектам (или одной части из них) систем автоматизированной обработки информации, в том числе связанных неавтоматизированных процессов и интерфейса, который их собирает.

В настоящее время достаточно сложно представить аудиторское исследование без использования информационных технологий. С одной точки зрения, компьютер – это универсальное средство, которое призвано помогать аудито-



рам решать различный круг повседневных задач. В круг этих задач входит: в информационном обслуживании - ускорение процессов получения и обработки информации из баз данных клиента, документальная обработка информации, полученной аудиторами в ходе проверки; в методическом обслуживании - разработка аналитических электронных таблиц, создание прикладных аудиторских программ, ускорение применения аудиторских процедур. При решении иных задач: использование возможностей редактирования текстов и электронных таблиц, создание баз данных и прочее.

На современном этапе организациям необходим структурированный подход в области аудита и управления информационными технологиями, который позволит гарантировать согласованность целей стратегического развития организации и целей ИТ-департамента. Анализ показывает, что существующие подходы к проведению ИТ-аудита не учитывают взаимное влияние ИТ-процессов друг на друга, которое объясняется наличием ограничений на общий потребляемый ресурс.

Система управления ИТ-процессами организации является сложным организационно-техническим объединением, именно поэтому механизм управления ее элементами, как и большинство систем в менеджменте, является слабо структурированным, допускающим формализацию в основном на качественном уровне, где изменение параметров системы может приводить к трудно предсказуемым изменениям в ее структуре [3, 4].

Поэтому для решения задач анализа информации, имеющей такого рода нечеткости, особую актуальность приобрели нечеткие модели, то есть модели, опирающиеся на теорию нечетких множеств, представляющую собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики. Для формализации подобных сложных систем чаще всего используется метод нечеткого моделирования, а именно для слабо структурированных систем. Метод нечеткого моделирования базируется на понятии нечетких множеств.

В основе метода нечеткого моделирования заложено понятие нечеткой когнитивной карты (НКК), впервые предложенное Б. Коско, в рамках которой информация о системе или процессе представляется в виде набора значимых факторов (концептов) и связывающих их причинно-следственных связей, при этом узлы получаемого нечеткого ориентированного графа представляют собой нечеткие множества, а направленные ребра определяют степень влияния (вес) связываемых концептов, что по сравнению с другими методами дает возможность формализации численно неизмеримых факторов, использования неполной, нечеткой информации [4].

Применение методов НКМ позволит на основании статистического анализа НКК решить задачу оценки устойчивости процесса обеспечения требуемого уровня реализации ИТ-стратегии, за счет исследования согласованности влияний различных ИТ-процессов организации и выявления наиболее устойчивых контуров достижения бизнес-целей. Пример подобного использования описан в статье «Оценка обеспеченности ИТ-стратегии организации с применением НКМ» [5].

Общая процедура применения аппарата НКК к решению задачи оценки обеспеченности ИТ-стратегии на заданном интервале планирования предусматривает реализацию следующего конечного множества этапов, которые задаются стандартным способом построения НКК [6].

### Этап 1. Ввод множеств концептов

**Шаг 1-4.** Формирование множеств концептов, которые характеризуют различные параметры.

В данном случае берутся множества уровней достижения БЦ, ИТ-целей, уровни возможностей ИТ-процессов, а также ключевые показатели эффективности ИТ-процессов [5].

Каждое множество концептов имеет следующий вид:

$$K^{БЦ} = (K_1^{БЦ}, K_2^{БЦ}, \dots, K_I^{БЦ}), \quad (1)$$

где  $K_i^{БЦ}$  - концепт, характеризующий уровень достижения  $i$ -той бизнес-цели ( $i=1, \dots, I$ ).

Таким способом задаются все остальные множества концептов.

**Шаг 5.** Формирование когнитивной модели исследуемого процесса.

Результатом выполнения шагов 1–4 первого этапа является структура нечеткой когнитивной модели.

$$K = (\alpha_1 \times K^{БЦ}, \alpha_2 \times K^a, \alpha_3 \times K^b, K^{КРП}), \quad (2)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  - бинарные функции, определяющие перечень критичных бизнес-целей, ИТ-целей и ИТ-процессов для конкретного профиля организации;  $K^a, K^b, K^{КРП}$  – множества концептов, которые были заданы в шагах 2-4.

**Этап 2. Формирование отношений влияний между множествами**

**Шаг 1-4.** Формирование отношений влияния между концептами из всех введенных множеств на 1 этапе.

В качестве примера рассмотрим множество  $K^{БЦ}$ . Отношения влияния между концептами из множества  $K^{БЦ}$  представляются в виде весов  $w_{ij}^{БЦ} \in [-1; 1]$  и рассматриваются как элементы нечеткой матрицы смежности  $W^{БЦ}$ .

$$W^{БЦ} = \begin{bmatrix} w_{11}^{БЦ} & w_{12}^{БЦ} & \dots & w_{1I}^{БЦ} \\ w_{21}^{БЦ} & w_{22}^{БЦ} & \dots & w_{2I}^{БЦ} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{j1}^{БЦ} & w_{jI}^{БЦ} & \dots & w_{ji}^{БЦ} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Эти отношения, отображаемые в виде дуг ориентированного графа, описывающего нечеткие причинно-следственные связи между концептами, могут быть положительными, отрицательными или нейтральными, характеризующими соответствующее влияние концептов друг на друга.

**Шаг 5.** Для определения взаимовлияния концептов от исходной нечеткой матрицы смежности  $W$  с положительно-отрицательными нечеткими связями нужно перейти к нечеткой матрице положительных связей  $V$  размером  $2I \times 2I$ , элементы которой определяются из матрицы  $W$  размером  $I \times I$ , используя способ следующей замены:

$$\begin{aligned} \text{если } w_{ij} > 0, \text{ то } v_{2i-1,2j-1} &= w_{ij}, v_{2i,2j} = w_{ij} \\ \text{если } w_{ij} < 0, \text{ то } v_{2i-1,2j-1} &= -w_{ij}, v_{2i,2j} = -w_{ij}, \end{aligned} \quad (4)$$

Остальные элементы принимают нулевые значения.

**Шаг 6.** Согласованные отношения взаимовлияния концептов определяются в результате транзитивного замыкания  $V$ :

$$V = V \vee V^2 \vee \dots \vee V^n, \quad (5)$$

где степени нечетких матриц вычисляются на основе операции  $\max$ -Т-композиции.

После этого результат представляется в виде матрицы модифицированной матрицы, состоящей из положительно-отрицательных пар весов  $W = \langle w_{ij}, \bar{w}_{ij} \rangle$ , полученных по следующему правилу:

$$\begin{cases} w_{ij} = \max(v_{2i-1,2j-1}, v_{2i,2j}) \\ \bar{w}_{ij} = -\max(v_{2i-1,2j-1}, v_{2i,2j}) \end{cases} \quad (6)$$

В результате **этапа 2** формируется нечеткая когнитивная карта, отображающая системные факторы анализируемой системы (процесса, проблемы).

### Этап 3. Формирование нечетких моделей

Модели формируются исходя из влияния одного концепта на другой, например, в случае ИТ-аудита можно построить НКМ влияния ИТ-процессов на БЦ организации.

В итоге получают нечеткие когнитивные модели, на которых отражены все ключевые параметры, а также влияние каждого параметра на остальные. Таким образом, можно получить полную картину и взвесить все плюсы и минусы при планировании разработки программного решения.

В данной работе предложен метод проведения ИТ-аудита организации на основе метода нечеткого моделирования и построений нечетки когнитивных карт. Данный метод позволяет ввести модель неограниченное количество множеств концептов, а затем смоделировать влияние данных концептов друг на друга под воздействием различных факторов.

Таким образом, для организации, куда планируется внедрение корпоративного портала – такой метод проведения ИТ-аудита может сыграть немаловажную роль, т.к. можно провести зависимость между бизнес-целями предприятия и ИТ-возможностями корпоративного портала, а именно – какую эффективность повлечет за собой использование такого мобильного и централизованного инструмента управления практически всеми организационными и информационно-технологическими процессами предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еременко, С.В. Теоретические основы управления обменом данными в средекорпоративного портала промышленного предприятия. / Еременко, С.В., М.Ю. Рытов, К.В. Мегаев // Брянск: БГТУ, 2014.
2. Беллман, Р. Введение в теорию матриц. М.: Мир, 1969.

3. «Обзор стандарта COBIT (Control Objectives for Information and related Technology) v. 4.1. Методология, процессы, критерии, внедрение Cobit».[Электронный ресурс] / Электронный журнал IT-Expert – 2012 – Режим доступа: <http://www.itexpert.ru/rus/biblio/cobit/>

4. Максимов, В. И. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач./Максимов В.И., Корноушенко Е.К. //М.: Труды ИПУ РАН, 1999.

5. Кузькин А.А. Оценка обеспеченности ИТ-стратегии организации с применением метода нечёткого когнитивного моделирования./Кузькин А.А., Смирнов С.В., Сёмкин С.Н. // Орел: Интернет-журнал «Науковедение» - 2014 - №2.

## **МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ АНИЗОТРОПНОСТИ КОСМОЛОГИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АСТРО- И ФОТОМЕТРИИ КВАЗАРОВ**

Скукина А.В. студентка 11-ИК

Рук. Варгашкин В.Я., доцент, кафедра «ЭВТИБ»

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

В настоящее время стандартной космологической моделью является концепция горячего Большого взрыва Вселенной. В современную эпоху расширение продолжается с удельной скоростью около  $71 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  [1].

С увеличением объёма Вселенной её температура падала. В эпоху последнего рассеяния электромагнитное излучение отделилось от вещества, и его температура стала понижаться вместе с понижением температуры вещества до современных 2,7 К. На фоне этого значения обнаружены незначительные флуктуации, в максимуме и минимуме не превышающие 25 мкК. Малость этих флуктуаций позволяет предположить, что скорость расширения Вселенной также может обладать отклонениями, зависящими от направления на небесной сфере и также достаточно малыми.

Настоящее исследование содержит элементы теории принятия решений и результаты её использования для поиска подобных флуктуаций относительной скорости расширения Вселенной.

Методика принятия решения основывается на линейном законе Хаббла нелинейный закон Хаббла:

$$M_B = B + 5 - 5 \lg R - k + \Delta m(z), \quad (1)$$

где  $z$  – красное смещение;  $M_B$  – абсолютная светимость квазара; относительная светимость по шкале Джонсона;  $k$  – коэффициент;  $\Delta m(z)$  – поправка к коэффициенту  $k$ , обусловленная особенностями спектров квазаров [1]. При этом космологическое расстояние рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{c}{H} (1+z) \int_0^z \frac{dz}{\sqrt{(1+z)^3 \Omega_M + \Omega_\Lambda}}, \quad (2)$$

где  $\Omega_M = 0,29$ ,  $\Omega_\Lambda = 0,71$  – плотности соответственно барионной и темной материи;  $c$  – скорость света в вакууме;  $H$  – постоянная Хаббла.

Формулы (2–3) показывают, что если постоянная Хаббла в каком-либо направлении на небесной сфере отличается от справочного значения, например, в большую сторону, то оценка величины  $R$  оказывается заниженной, а оценка величины  $M_B$  – завышенной.

Таким образом, если в каком-либо направлении на небесной сфере средняя абсолютная светимость квазаров оказывается повышенной в сравнении с соседними участками небесной сферы на значение, превосходящее стандартное отклонение среднего, можно сделать вывод о том, что в данном направлении реализуется повышенная удельная скорость расширения Вселенной.

На рисунке 1 на основании данных каталога [1] построено распределение абсолютной светимости квазаров в северном полушарии небесной сферы, изображённой в галактических координатах. Согласно рисунку абсолютная светимость квазаров оказалась распределенной в диапазоне от -24,3 до -23,3.

На рисунке 2 представлена плотность размещения квазаров по северному полушарию небесной сферы. Рисунок 3 содержит распределение среднего квадратического отклонения светимости квазаров по небесной сфере. Рисунок 4 содержит распределение среднего квадратического отклонения средней светимости квазаров, изображенной на рисунке 1.

Обработка рисунков 1-4 позволяет сделать вывод о том, что реализации распределения светимости квазаров по участкам небесной сферы являются распределениями с одинаковыми дисперсиями, но со статистически различающимися математическими ожиданиями. Данный факт служит принятию гипотезы о том, что Вселенная имеет различную скорость расширения в различных направлениях на небесной сфере.

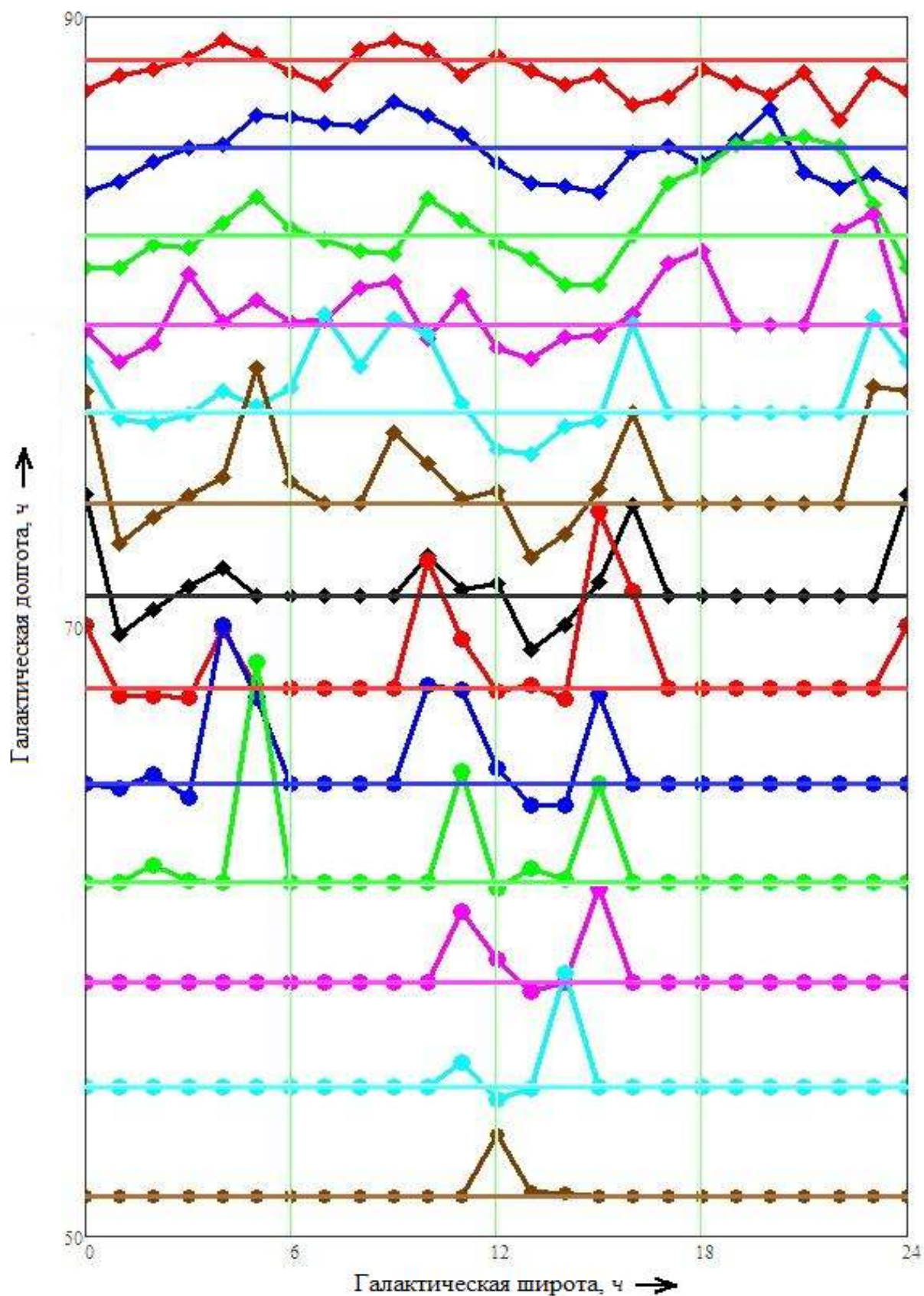


Рисунок 1 – Распределение абсолютной светимости квазаров по северному полушарию небесной сферы в галактических координатах



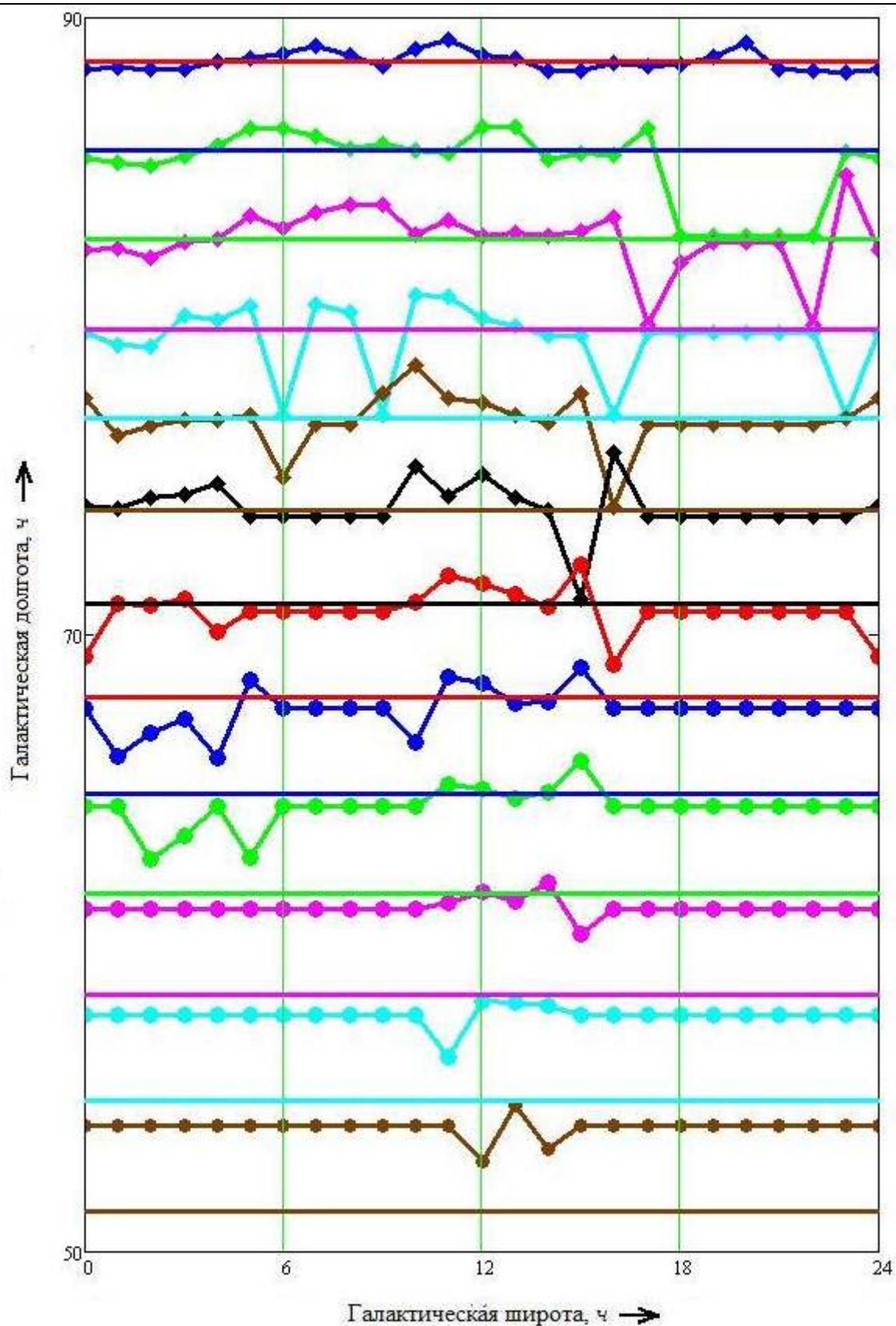


Рисунок 2 – Распределение числа квазаров по северному полушарию небесной сферы в галактических координатах

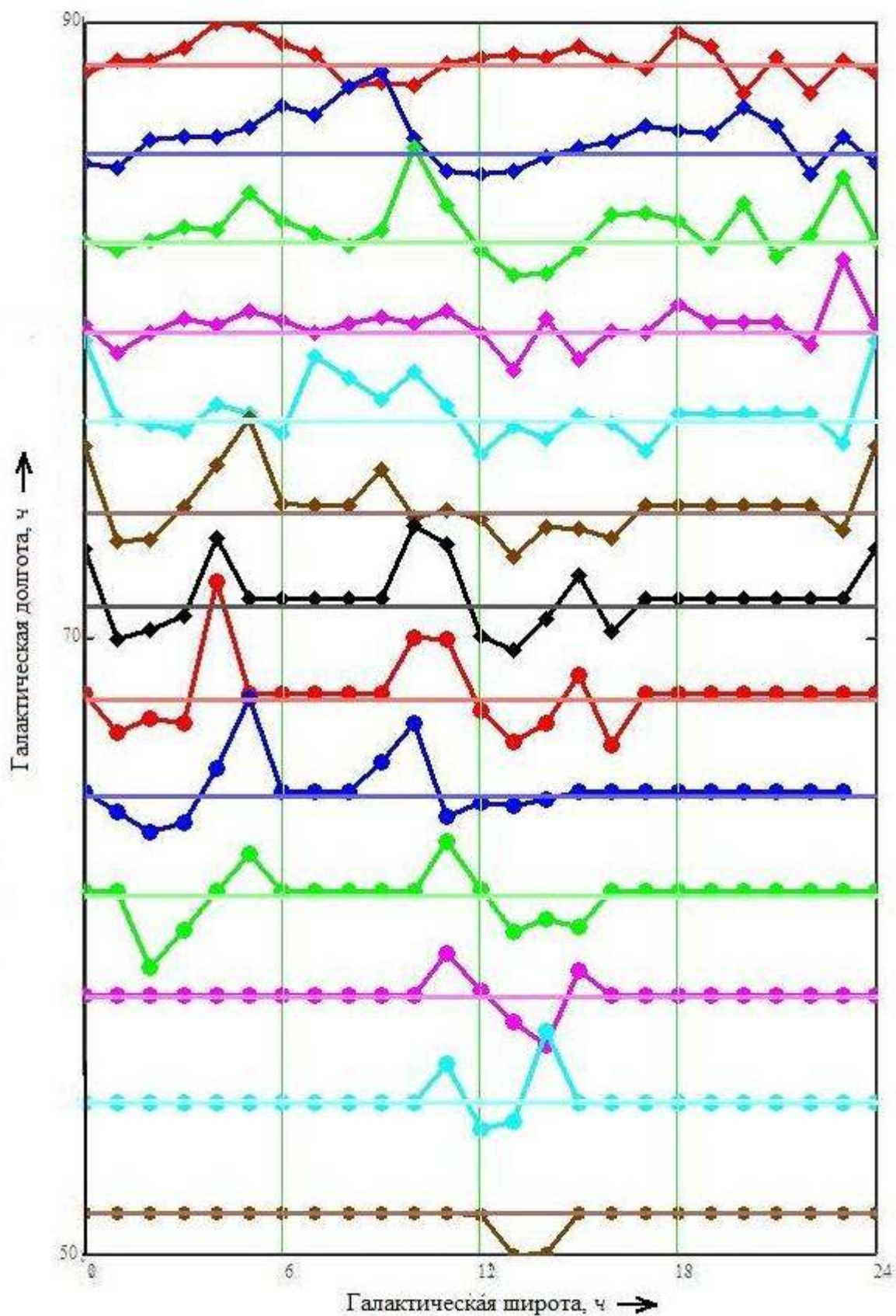


Рисунок 3 – Распределение среднего квадратического отклонения абсолютной светимости квазаров по северному полушарию небесной сферы



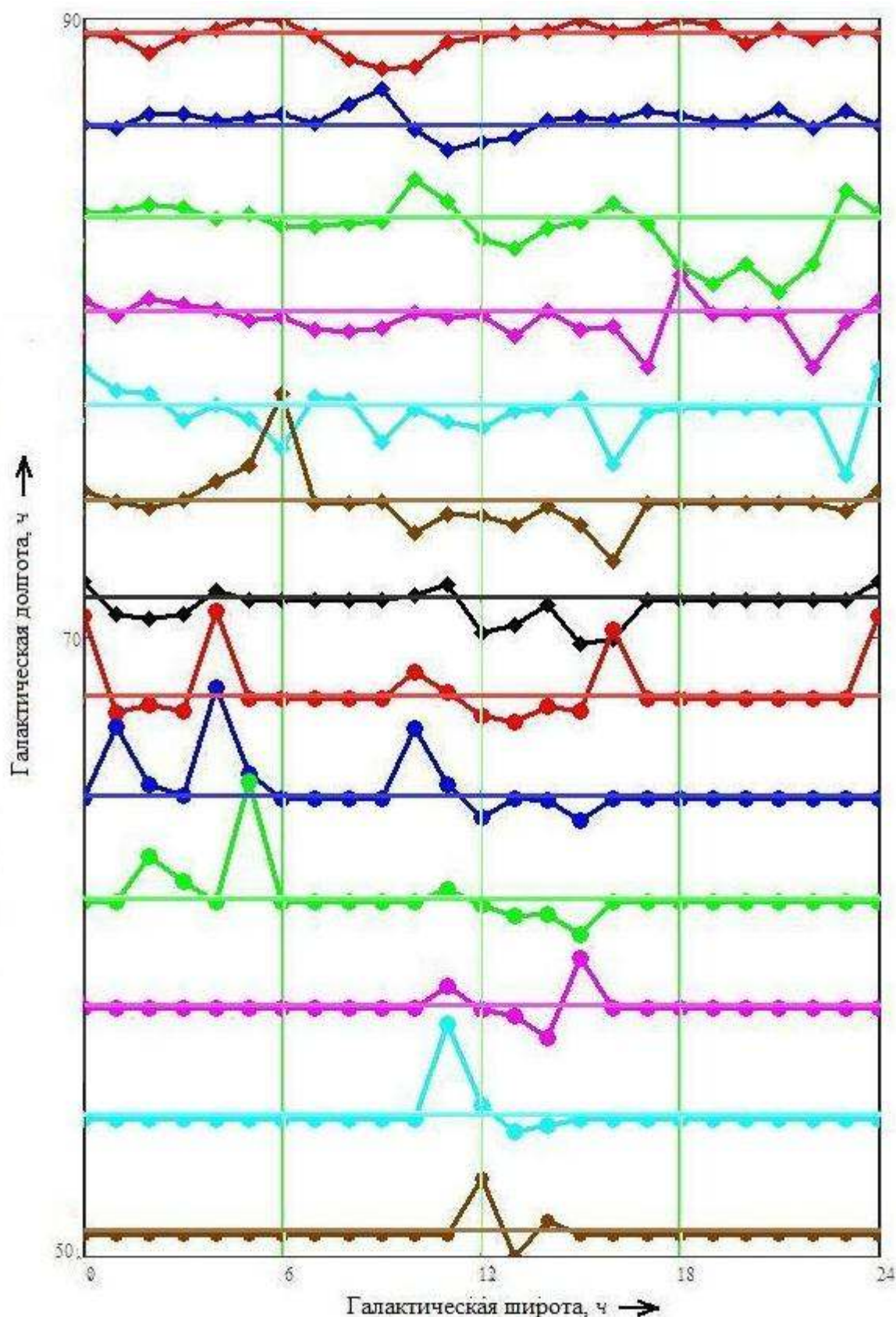


Рисунок 4 – Распределение среднего квадратического отклонения средней абсолютной светимости квазаров по северному полушарию небесной сферы

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Veron-Cetty, M.-P. and Veron, P. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 13-th Edition // Astronomy & Astrophysics manuscript.-March 30, 2010.

## МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПРИСУТСТВИИ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ТРЕНДА У ХАББЛОВСКОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рук. Варгашкин В.Я., доцент, кафедра «ЭВТИБ»  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

Известен (рисунок 1) ряд результатов экспериментальной оценки анизотропии распределения Хаббловского потока по небесной сфере [1, 2]. Процедура оценивания основана, в частности, на разделении составляющих движения галактик местной группы на собственное и космологическое. Разброс оценок числовых значений параметра Хаббла при этом составил около  $55 \dots 85 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ .

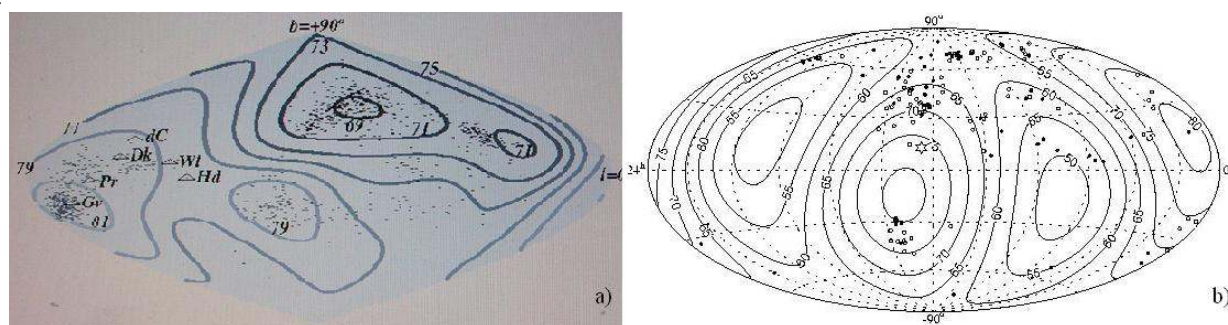


Рисунок 1. – Анизотропия распределения значений параметра Хаббла по небесной сфере согласно данным [1] (a) и [2] (b)

Настоящее исследование содержит оценки распределения значений параметра Хаббла по направлениям небесной сферы, полученные косвенным методом путем анализа распределений квазаров по их светимости в различных направлениях.

Учитывая требования к среднему квадратическому отклонению средней светимости квазаров, а также ряд других особенностей, для формирования окон выборки галактическая небесная сфера была разделена по координате прямого восхождения на 48 равных отрезков с шагом в  $7,5$  угловых градусов, а также на 48 отрезков по координате склонения, длина которых обеспечивала равновеликость окон выборки (рисунок 1).

Процедура получения распределения оценок параметра Хаббла по небесной сфере проиллюстрирована рисунком 2. Из выбранных для дальнейшего анализа секторов северного галактического полушария небесной сферы были сформированы кольцевые пояса, вдоль которых были оценены средние значения светимости для каждого из секторов. Типовое распределение оценок по одному из кольцевому поясков изображено на рисунке 2 (a). Рисунок содержит оценку математического ожидания (линия 1), границы доверительного интервала в одно стандартное отклонение (линии 2, 3), а также прямую (линия 4) светимости квазаров, соответствующую средней ее оценке по всей генеральной совокупности в  $-23,73$  звездной величины.



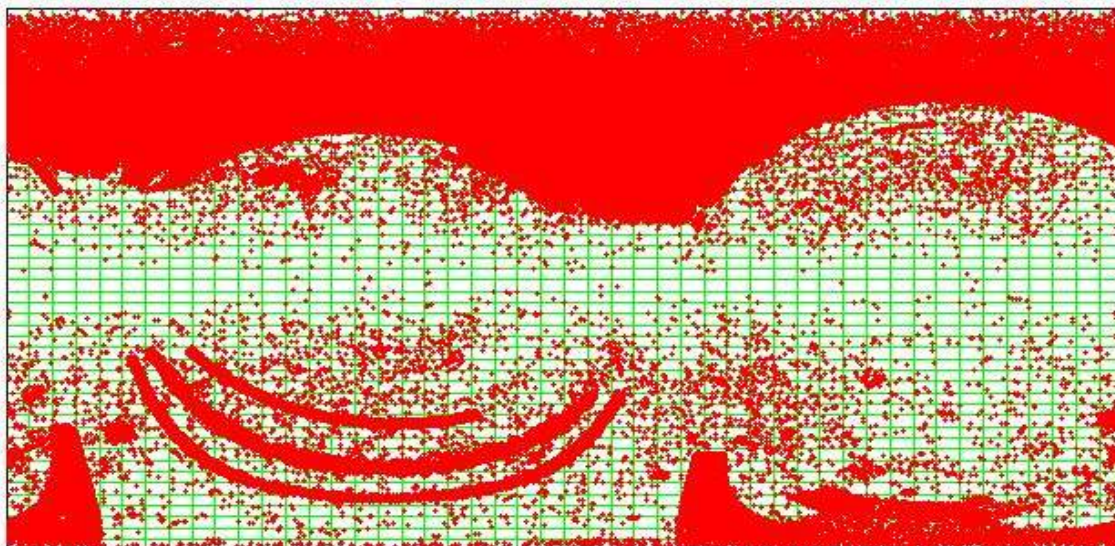


Рисунок 1.- Плотность размещения кваизвездных объектов по секторам небесной сферы до усечения выборки и после нее

Далее на основании полученных оценок светимости по формуле для нелинейного закона Хаббла были рассчитаны оценки параметра Хаббла, которые в пределах каждого из поясков были также разложены в ряд Фурье с сохранением постоянной и двух гармонических составляющих:

$$H = H_0 + H_{1,1} \cos(\varphi) + H_{1,2} \sin(\varphi) + H_{2,1} \cos(2\varphi) + H_{2,2} \sin(2\varphi). \quad (1)$$

На рисунке 3 (б) представлены прямая (линия 5), соответствующая постоянной Хаббла  $H_0 = 71 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ , постоянная составляющая разложения (линия 6), первая (кривая 7) и вторая (кривая 8) гармоники, а также результирующая разложения (кривая 9) параметра Хаббла в пределах пояска, изображенного на рисунке 2 (а).

Рисунок 3 (в) иллюстрирует погрешность оценивания параметра Хаббла. Помимо прямой 5 и кривой 9 на него нанесены оценки параметра Хаббла по секторам кольцевого пояска (линия 10), а также верхняя и нижняя границы доверительных интервалов (линии 11, 12) шириной в одно стандартное отклонение.

Рисунок 4 содержит распределение результирующих разложения в ряд Фурье (1) вдоль семейства кольцевых поясков северного галактического полушария, для которых были получены статистически значимые оценки средней светимости.

### Выводы.

Установлено, что параметр Хаббла может колебаться по направлениям небесной сферы с амплитудой, составляющей  $5...4 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  (в отдельных секторах достигающим  $8 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ ). Изменение количества секторов площади небесной сферы за счет разбиения либо объединения окон выборки в два раза по координатам галактического прямого восхождения и склонения, а также в четыре раза по совокупности небесных координат при этом не повлияло существенным образом на основные полученные выводы.

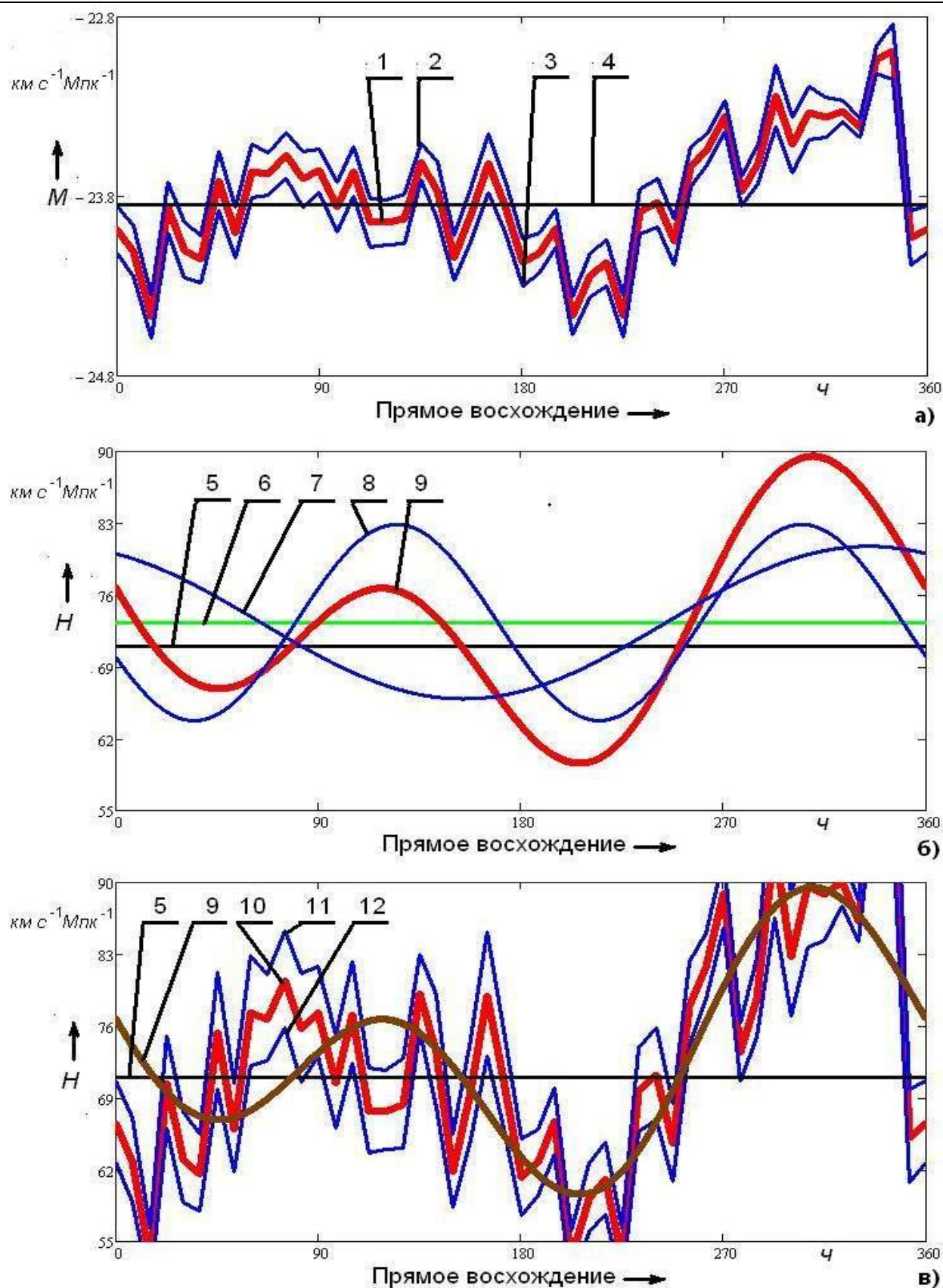


Рисунок 2.—Последовательность получения распределения оценок параметра Хаббла вдоль галактического прямого восхождения для диапазона склонений 66,4...61,0°.



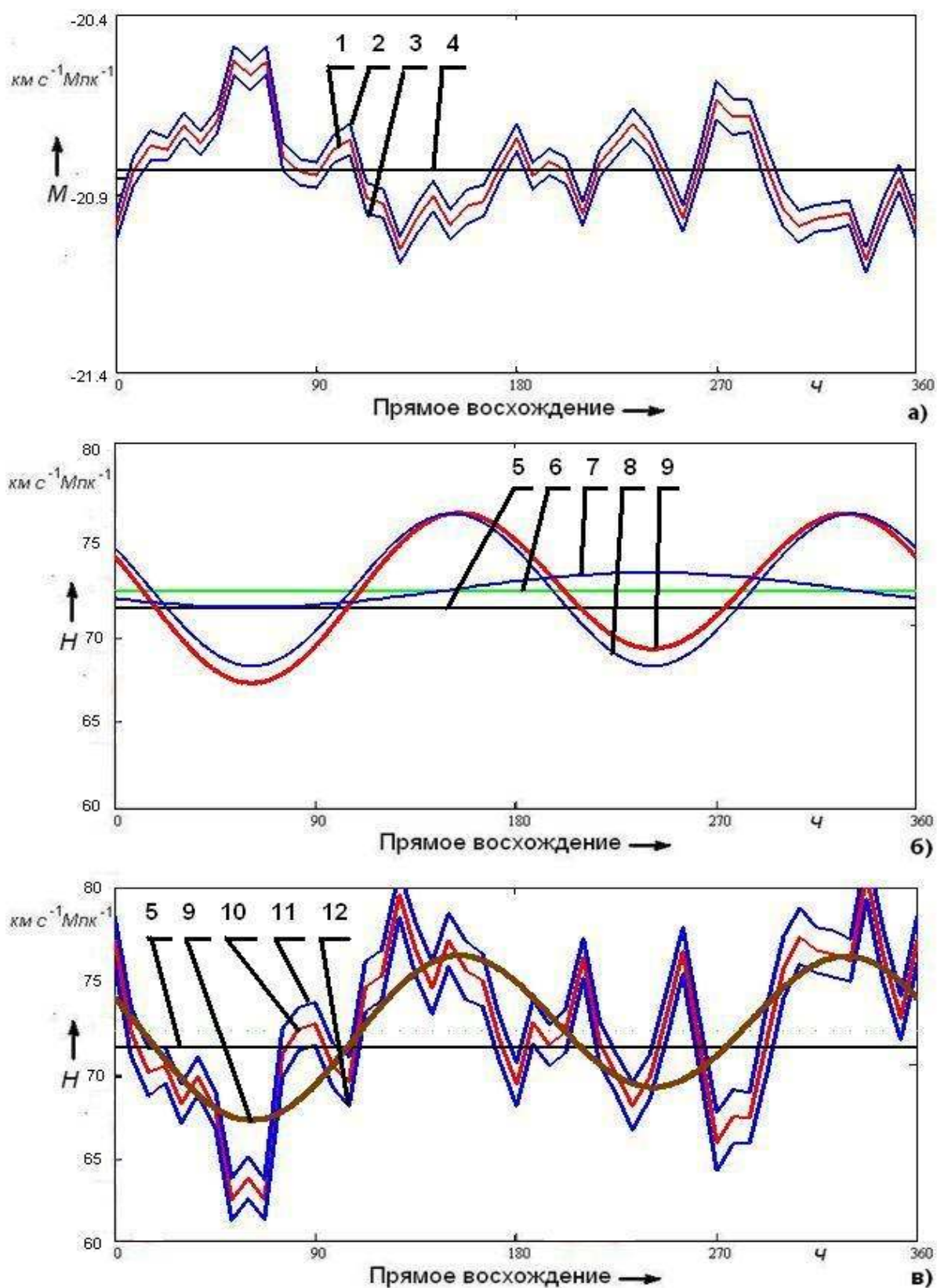


Рисунок 3.—Последовательность получения распределения оценок параметра Хаббла вдоль галактического прямого восхождения для диапазона склонений  $73,4...90^{\circ}$ .

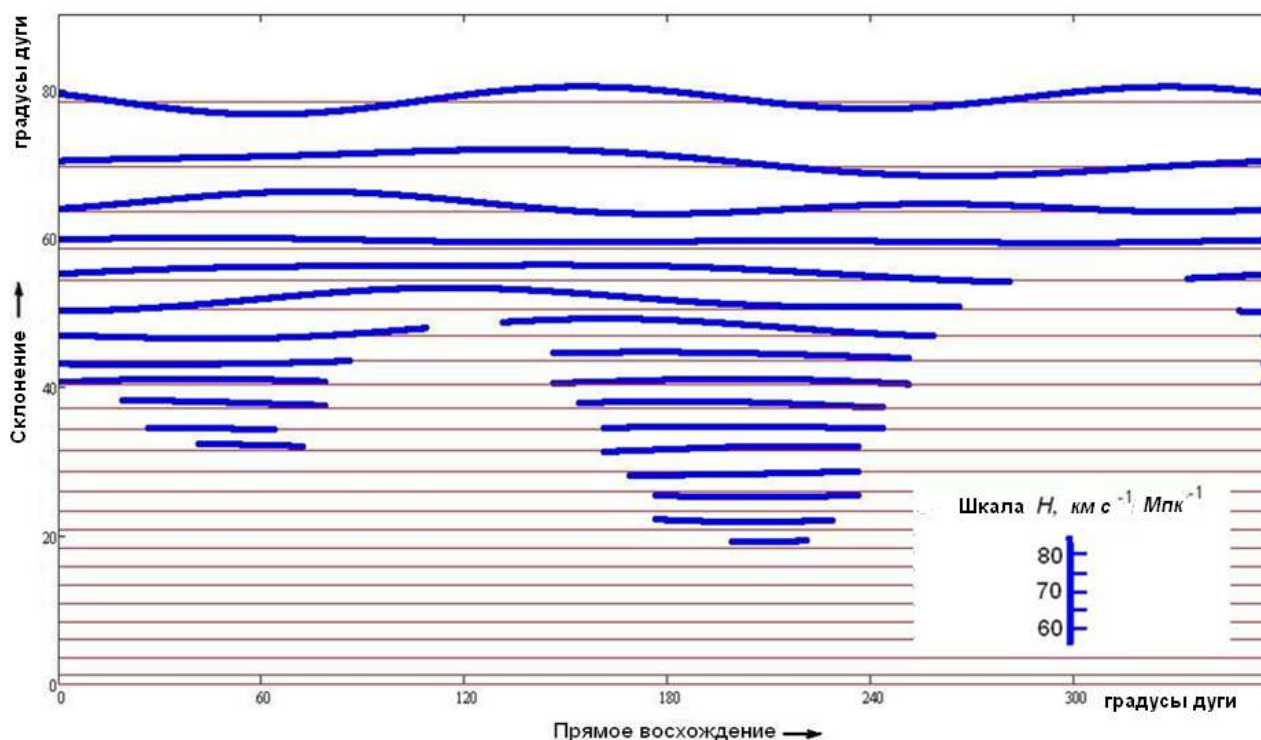


Рисунок 4.—Распределение оценок параметра Хаббла по северному полушарию небесной сферы в галактических координатах с использованием базы данных квазаров

## ЛИТЕРАТУРА

1 M.L.McClure, C.C.Dyer, Anysotropy of the Hubble constant as observed in the HST Extragalactic Distance Scale Key Project results.—arXiv:astro-ph/0703556v1, Mar. 21, 2007.

2 Local field of speeds and anisotropy of a Hubble's stream (In Russian): [the electronic resource]: <http://w0.sao.ru/hq/dim/PhD/full/node36.html>

3 Veron-Cetty, M.-P. and Veron, P. A Catalogue of Quasars and Active Nuclei: 13-th Edition // Astronomy & Astrophysics manuscript.—March 30, 2010.

## О КОРРЕКТИРУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ НЕРЕКУРСИВНОГО СВЕРТОЧНОГО КОДА ПРИ «ЖЕСТКОМ» И «МЯГКОМ» ДЕКОДИРОВАНИИ

Родкина И.Г., студент

Рук. Тютякин А.В., доцент

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл

Сверточные помехоустойчивые коды (СПК) широко распространены в разнообразных информационных, в первую очередь инфокоммуникационных системах для исправления ошибок передачи данных в реальном масштабе времени [1].

В то время как для распространенных разновидностей блочных помехоустойчивых кодов существуют строгие математические выражения, связывающие параметры кода с максимальным числом обнаруживаемых и исправляемых ошибок [1], для СПК существуют лишь выражения, позволяющие приближенно оценить корректирующие способности кода [1,2].

С другой стороны, представляется интересным более детальное исследование корректирующих способностей СПК в зависимости от количества ошибок в некотором фрагменте кода и характера распределения данных ошибок по данному фрагменту.

Решение некоторых аспектов данной задачи посвящена настоящая статья.

В качестве исследуемого кода использовался нерекурсивный СПК(2,1,3), описываемый следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} y_0[j] &= x_0[j] \oplus x_0[j-1] \oplus x_0[j-2]; \\ y_1[j] &= x_0[j] \oplus x_0[j-2]; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Минимальное свободное кодовое расстояние [1] данного СПК равно 5-и. Следовательно, в соответствии с представленным в [2] выражением:

$$e_{\max \text{ corr}} = \lfloor (d_{f \min} - 1) / 2 \rfloor. \quad (2)$$

Максимальное количество корректируемых ошибок в фрагменте разрядностью  $(3 \times 2) / 1 = 6$  бит, обеспечиваемое данным СПК равно 2-м. Однако данное значение является оценочным, и справедливо не для всех вариантов распределения ошибок по фрагменту.

Было проведено исследование корректирующих способностей данного кода при количестве ошибочных битов, равном 1 и 2 (см. выражение (2) и пояснения к нему) во всех возможных вариантах 6-битового фрагмента и при всех возможных вариантах распределения ошибок по нему. Декодирование производилось «жестким» методом максимального правдоподобия [1], а также, при наличии нескольких предполагаемых комбинаций декодируемого кода с одинаковыми минимальными метриками - методами «мягкого» декодирования [2]. Предполагалось, что корректное декодирование возможно, если одна из этих комбинаций соответствует реальному выходной битовой комбинации кодера.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследований корректирующих возможностей СПК, описываемого выражениями (1)

Число искаженных битов	Число неискаженных битов между искаженными	Процент ошибок, исправляемых корректно		Процент ошибок, исправляемых некорректно
		Методом максимального правдоподобия	Методами «мягкого» декодирования	
1	-	0,875	0,125	0
2	0	0,400	0,267	0,333
	1	0,500	0,286	0,214
	2	0,692	0,231	0,077
	3	0,667	0,333	0
	4	0,636	0,364	0

На основании данных, представленных в таблице 1, можно сделать следующие выводы.

1. Декодирование методом максимального правдоподобия не обеспечивает 100%-го восстановления исходного кода для всех возможных сочетаний неискаженных и ошибочных битов, причем как при одном, так и при 2-х искаженных битах.

2. При количестве неискаженных битов между искаженными, меньшем длины кодового ограничения СПК [1], в рассматриваемом примере равного 3-м, корректное исправление ошибок, в общем случае, не обеспечивается.

3. «Мягкое» декодирование в сочетании с методом максимального правдоподобия обеспечивает корректное исправление всех ошибок при условиях, что их количество в 6-битовом фрагменте не превышает 2-х (см. выражение (2)), а количество неискаженных битов между ошибочными равно или больше длины кодового ограничения.

4. С учетом высокой вероятности появления в реальных системах обмена данными последовательностей ошибочных битов, не разделенных неискаженными, рациональным подходом к декодированию СПК является сочетание «жесткого» и «мягкого» декодирования, с использованием перемежения (interleaving) при кодировании. При этом глубина перемежения, т. е. максимальное расстояние, на которое разносятся соседние символы входной последовательности, должна быть равна или больше длины кодового ограничения СПК.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: [пер. с англ.] / Б. Скляр. – Изд. 2-е, испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

2. Золотарев, В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / В.В. Золотарев, Г.В. Овечкин; под ред. чл. - корр. РАН Ю.Б. Зубарева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 126 с.

## **О РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СВЯЗИ УЧАСТКА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Сконодобов Г.В., студент

Рук. Тютякин А.В., доцент

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орёл

Технологические сети связи (в дальнейшем – ТСС), обеспечивающие производственную деятельность организаций и управление технологическими процессами в производстве, нашли широкое применение во всех отраслях экономики. До недавнего времени ТСС реализовывались в основном с использованием проводных технологий связи. Однако беспроводные технологии обеспечивают ряд существенных преимуществ при реализации ТСС. Основными из них являются: отсутствие затрат на приобретение, прокладку, монтаж и обслу-



живание кабельных линий связи, а также отсутствие необходимости в жесткой привязке абонентов ТСС к определенному месту.

Настоящая статья посвящена разработке беспроводной ТСС участка измерений и лазерной маркировки ОАО Протон на базе наиболее распространенной из беспроводных технологий ТСС – ZigBee [1, 2]. Типовая структурная схема ZigBee-системы представлена на рис. 1.

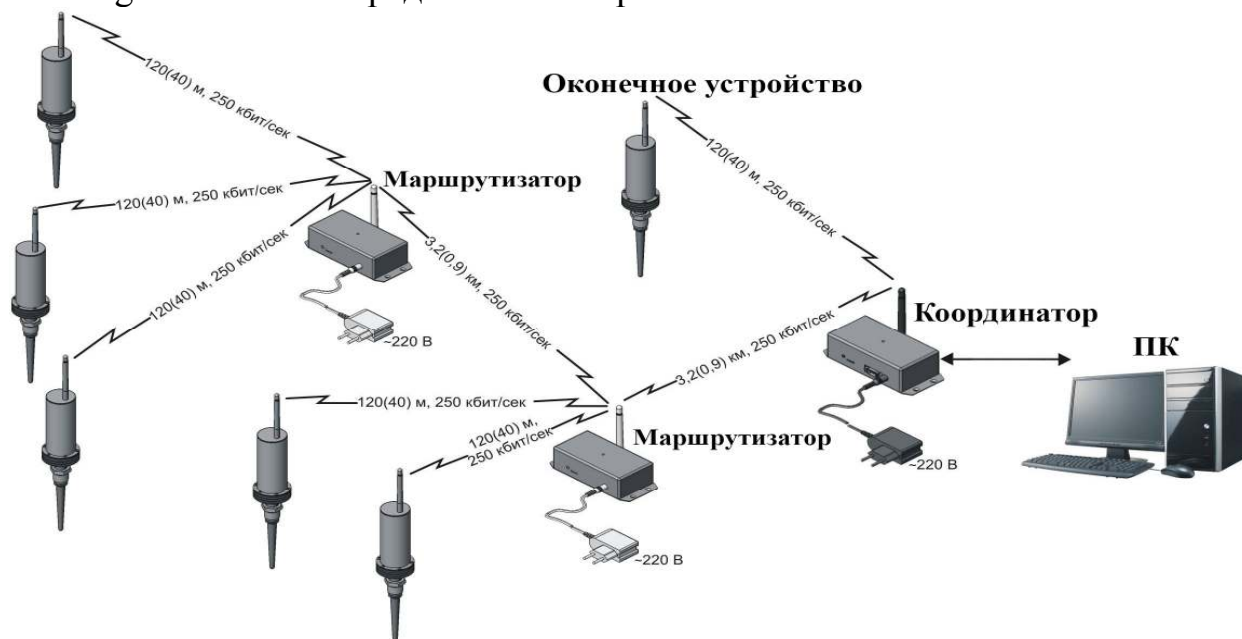


Рисунок 1- типовая структурная схема ZigBee-системы.

Обобщенная структура сети ZigBee: ПК – персональный компьютер, маршрутизатор сети, оконечные устройства, координатор сети [3].

Краткая характеристика ZigBee в целом. ZigBee® – это открытый стандарт беспроводной связи для систем сбора данных и управления. Технология ZigBee позволяет создавать самоорганизующиеся и самовосстанавливающиеся беспроводные сети с автоматической ретрансляцией сообщений, с поддержкой батарейных и мобильных узлов. Стандарт ZigBee предусматривает частотные каналы в диапазонах 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц. Наибольшие скорости передачи данных и наивысшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне 2,4 ГГц. Поэтому большинство производителей микросхем выпускают приемопередатчики именно для этого диапазона, в котором предусмотрено 16 частотных каналов с шагом 5 МГц. Скорость передачи данных вместе со служебной информацией в эфире составляет 250 кбит/с. При этом средняя пропускная способность узла для полезных данных в зависимости от загруженности сети и количества ретрансляций может лежать в пределах 5 ... 40 кбит/с. Расстояния между узлами сети составляют десятки метров при работе внутри помещения и сотни метров на открытом пространстве. За счет ретрансляций зона покрытия сети может значительно увеличиваться.

Протоколы ZigBee могут быть использованы как для реализации простых соединений "точка-точка" и "звезда", так и для образования сложных сетей с топологиями "дерево" и "ячеистая сеть".

Сети ZigBee строятся из базовых станций трех основных типов: координаторов, маршрутизаторов и оконечных устройств (Рисунок 1).

Координатор запускает сеть и управляет ею. Он формирует сеть, выполняет функции центра управления сетью и доверительного центра (trust-центра) – устанавливает политику безопасности, задает настройки в процессе присоединения устройств к сети, ведает ключами безопасности.

Маршрутизатор транслирует пакеты, осуществляет динамическую маршрутизацию, восстанавливает маршруты при перегрузках в сети или отказе какого-либо устройства. При формировании сети маршрутизаторы присоединяются к координатору или другим маршрутизаторам, и могут присоединять дочерние устройства – маршрутизаторы и оконечные устройства. Маршрутизаторы работают в непрерывном режиме, могут иметь стационарное питание и могут обслуживать «спящие» устройства.

Оконечное устройство может принимать и отправлять пакеты, но не занимается их трансляцией и маршрутизацией. Оконечные устройства могут подключаться к координатору или маршрутизатору, но не могут иметь дочерних устройств. Оконечные устройства могут переводиться в спящий режим для экономии заряда аккумуляторов. Именно конечные устройства связаны с датчиками, локальными контроллерами и исполнительными механизмами.

Настоящая статья посвящена разработке ТСС участка измерений и лазерной маркировки ОАО Протон.

Для построения ТСС выбрана топология «звезда», как наиболее рациональная для ТСС масштаба участка или небольшого цеха, что обусловлено:

- относительно небольшой интенсивностью трафика;
- жесткими требованиями к надежности и бесперебойности процессов обмена информацией, крайней нежелательностью конфликтов при доступе к передающей среде.

Структурная схема ТСС представлена на рис. 2. Она включает в себя:

- координатор, осуществляющий управление, формирование сети, устанавливающий политику безопасности и задающий настройки в процессе присоединения устройств к сети, подключенный к ПК – тестеру;
- оконечные устройства с датчиками температуры, установленные на сортировщиках;
- оконечные устройства с датчиками температуры и влажности, установленные на проходных камерах;
- оконечные устройства с датчиками температуры, влажности и освещенности, установленные на тестерах и лазерном маркировщике.

Основные технические характеристики узлов и блоков ТСС представлены в таблице 1 [4, 5].

В настоящее время разрабатываемая ТСС находится в стадии проектирования.

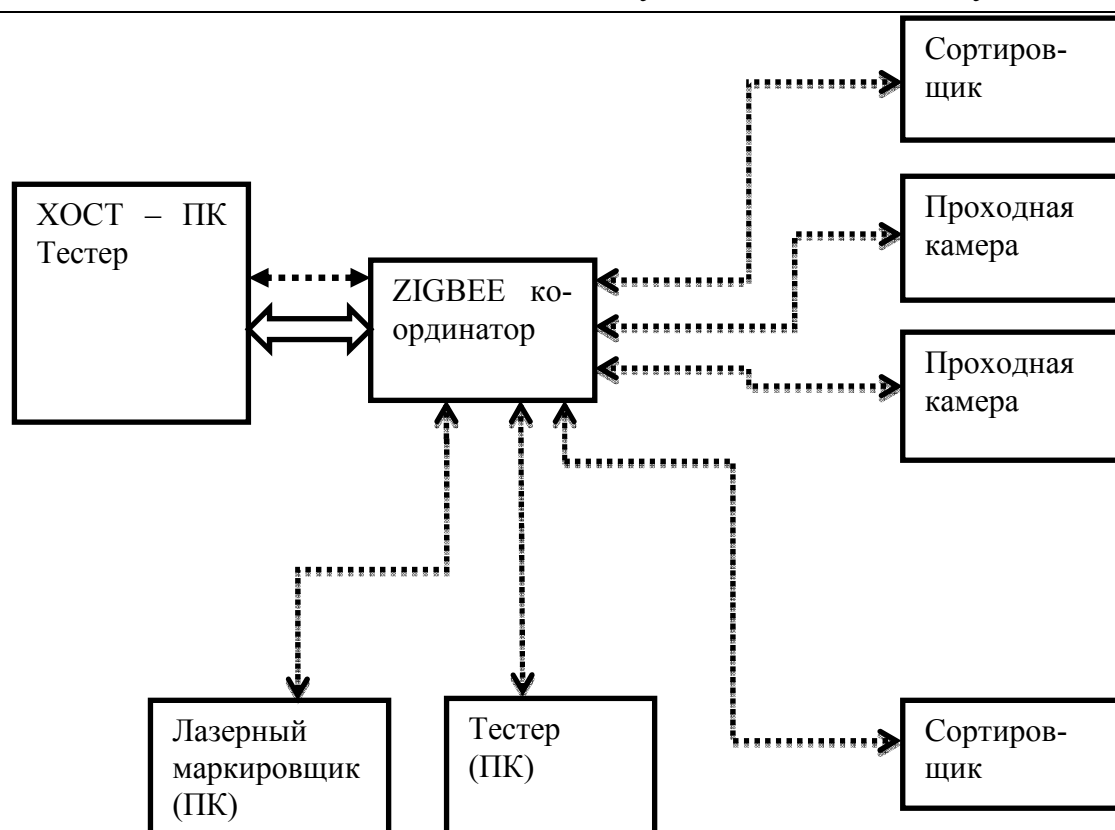


Рисунок 2 - Структурная схема ТСС участка измерений и лазерной маркировки.

Таблица 1 - основные технические характеристики узлов и блоков ТСС.

Блок	Модель	Основные технические характеристики
Координатор сети	XBee 2 мВт - Series 2	Рабочее напряжение - 3.3 В; рабочий ток – 40 мА; выходная мощность – 2 мВт (+3 дБм); дальность связи – 120 м.
Оконечное устройство	Olimex ZigBee Transceiver Module	Рабочее напряжение - 3.6 В, энергоемкая литиевая батарея; установленная антенна; установленный датчик температуры; пользовательские кнопки и индикаторы.
Оконечное устройство	Delta Controls WNS	Рабочее напряжение - 3.6 В, энергоемкая литиевая батарея; связь на расстоянии до 30 м внутри; установленные датчики температуры и влажности; пользовательские кнопки и индикаторы.
Оконечное устройство	"СЕВЕКС" ECB ZigBee	Рабочее напряжение - 3.6 В, 3 литиевых батареи; установленные датчики температуры; влажности и освещенности; пользовательские индикаторы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
3. В. Варгаузин. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 // ТелеМультиМедиа №6, 2005.

4. ZigBee Products [Электронный ресурс] / Сайт компании Digi International® Inc., яз. англ. – Режим доступа: <http://www.digi.com/products/zigbee/> .

5. WNS (ZIGBEE WIRELESS SENSOR) [Электронный ресурс] / Сайт компании Delta Controls, яз. англ. – Режим доступа: <http://www.deltacontrols.com/products/hvac/network-sensors-io-expansion-modules/wns-zigbee-wireless-sensor> .

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ И ПРОФИЛЕЙ СЖАТИЯ СИГНАЛОВ В КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Веремчук В.А., Черепков В.В., студенты  
Рук. Тютякин А.В., доцент  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орёл

Одним из распространенных классов интеллектуальных систем и сетей являются компьютеризированные системы контроля и диагностики (КСКД) технических объектов. Контрольно-диагностические решения в них принимаются на основании анализа (во временной или в частотной области) выходных сигналов датчиков физических величин, характеризующих состояние объекта контроля. Для массивов отсчетов указанных сигналов как исходных данных КСКД характерны следующие основные особенности [1]:

- значительные объемы каждого из файлов отсчетов (порядка сотен килобайт – мегабайта) при количестве файлов, подлежащих хранению в архиве документации каждого из объектов контроля, от нескольких десятков до нескольких тысяч;
- обязательность протоколирования и хранения исходных файлов отсчетов в электронных архивах в течение длительного времени (не менее нескольких лет);
- недопустимость каких-либо потерь информации, содержащейся в файлах, при их хранении в архивах.

Вышеуказанные особенности в большинстве практических случаев обуславливают необходимость сжатия указанных файлов. Сжатие должно производиться без потерь информации. Поэтому его рационально осуществлять способами и алгоритмами, предназначенными для сжатия дискретных сообщений, алфавит которых представляет собой конечное множество символов (цифры, служебные символы и т. п.), т. к. сжатие без потерь массивов отсчетов сигналов способами и алгоритмами, ориентированными на компрессию мультимедийных данных, характеризуется заведомо меньшими коэффициентами сжатия [2, 3].

Известно достаточно много алгоритмов сжатия дискретных сообщений, наиболее распространенными из которых являются алгоритмы групп RPM, BZip, Deflate и LZ. Их краткие характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Распространенные алгоритмы сжатия дискретных сообщений

Алгоритм	Применяемые способы кодирования дискретных сообщений
PPMd	Статистические. Определение статистики сообщения – методом контекстного моделирования с предсказанием. Кодирование символов – арифметическое
LZMA	Словарное кодирование по модифицированному алгоритму LZ77
BZip2	Префиксное неравномерное кодирование Хаффмана с предварительными последовательными преобразованиями Барроуза – Уиллера и MTF
Deflate	Комбинация словарного кодирования по алгоритму LZ77 и префиксного неравномерного кодирования Хаффмана

Однако до настоящего времени в доступной литературе отсутствует систематизированный сравнительный анализ возможностей данных алгоритмов по сжатию массивов отсчетов сигналов. Целью настоящей статьи, является частичное восполнение данного пробела.

В качестве тестовых файлов были выбраны представленные в формате \*.csv следующие массивы экспериментальных данных.

1. Массивы отсчетов выходного сигнала резистивного датчика состояния опоры качения при значениях овальности 5, 10 и 50мкм (файлы ОКЧ\_5мкм.csv, ОКЧ\_10мкм.csv и ОКЧ\_50мкм.csv соответственно), использованные в как типовые примеры данных, анализируемых в частотной области.

2. Массивы отсчетов выходного сигнала фотометрического детектора жидкостного хроматографа при минимальных шуме и дрейфе, при повышенном дрейфе и при повышенных шуме и дрейфе (файлы ХрК.csv, ХрД.csv и ХрШД.csv соответственно). Использовались в качестве типового примера данных, анализируемых во временной области.

3. Объемы всех исследованных файлов – порядка нескольких сотен килобайт.

Были исследованы все алгоритмы сжатия дискретных сообщений, приведенные в таблице 1, и все профили данных алгоритмов, предоставляемые архиватором 7Zip.

Коэффициенты сжатия, обеспечиваемые различными профилями перечисленных в таблице 1 алгоритмов для тестовых файлов, представлены в таблице 2. Полужирным шрифтом выделены максимальные коэффициенты сжатия, полученные для каждого из файлов каждым из алгоритмов.

На основании данных, представленных в таблице 2, можно сделать следующие выводы.

1. Максимальные коэффициенты сжатия для всех типов данных, за исключением хроматограммы с минимальным уровнем шума и дрейфа, обеспечиваются алгоритмом PPMd.

2. Коэффициент сжатия, обеспечиваемый алгоритмом PPMd для файлов исследованных типов и объемов, не зависит от профиля алгоритма.

3. Максимальный коэффициент сжатия хроматограммы с минимальным уровнем шума и дрейфа обеспечивается алгоритмом LZMA (основанном на словарном методе сжатия). Это объясняется высокой повторяемостью и пред-

скажемостью данного массива отсчетов. Однако, при этом выигрыш алгоритма LZMA по сравнению с PPMd незначителен (порядка 14%).

Таблица 2 - Коэффициенты сжатия тестовых файлов, обеспечиваемые распространенными алгоритмами компрессии дискретных данных

Алгоритм	Профиль		Коэффициенты сжатия файлов					
	Размер словаря, Кбайт	Разрядность слова, бит	ОКЧ <sub>5мкм.с</sub> sv	ОКЧ <sub>10мкм.с</sub> csv	ОКЧ <sub>50мкм.с</sub> csv	ХрД.csv	ХрК.csv	ХрШД.csv
1	2	3	4	5	6	7	8	9
PPMd	Все профили, доступные в архиваторе 7zip		14,7	15,3	24,2	26,9	3,33	4,71
BZip2	100	Не является выбираемым элементом профиля	13,4	15,3	21,2	22,3	3,04	3,76
	200		13,8		22,1			
	300-900		14,3		22,8			
Deflate32	32	8	8,13	8,35	11,9	14	3,05	4,02
		12	9,23	9,52	13,4	14,7	3,05	4,04
		16	9,73	10,1	14,4	15,6	3,05	4,02
		24	10,2	10,6	15,7	16	3,05	4,02
		32	10,3	10,7	16,3	16,5	3,06	4,02
		48	10,3	10,8	16,8	17	3,06	4,02
		64-258	10,3	10,8	16,9	17,2	3,06	4,02
Deflate64	64	8	8,1	8,34	12	14	3,05	4,02
		12	9,2	9,5	13,4	14,7	3,05	4,04
		16	9,8	10,2	14,4	15,6	3,05	4,02
		24	10,4	10,7	15,9	16	3,05	4,02
		32	10,5	10,8	16,5	16,5	3,06	4,02
		48	10,5	10,9	16,8	17	3,06	4,02
		64-257	10,5	11	17,3	17,2	3,06	4,02
LZMA	64 КБ – 64 МБ	8	11,4	11,7	17,0	18,4	3,8	4,4
		16	12,4	12,8	19,0	19,3	3,8	4,4
		32	13,0	13,4	20,7	19,9	3,8	4,4
		64	13,0	13,6	21,6	20,2	3,8	4,4
		128	13,0	13,6	21,7	20,3	3,8	4,4
		256	13,0	13,5	21,8	20,4	3,8	4,4
		273	14,7	13,6	21,7	18,4	3,8	4,4

4. Коэффициенты сжатия, обеспечиваемые алгоритмом LZMA для файлов исследованных типов и объемов, практически не зависят от объема словаря, но наблюдается их зависимость от разрядности слова, имеющая, в общем случае, немонотонный характер (см. таблицу 2).

Таким образом, в целом, из распространенных алгоритмов сжатия дискретных данных (см. таблицу 1) алгоритм PPMd наиболее предпочтителен для сжатия массивов отсчетов сигналов независимо от области их представления (частотной или временной).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.
2. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2006. – 368 с.
3. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 384 с.

## **SMART GRID: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ**

Шанцев В.В.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Среди главных государственных стратегических ориентиров энергетической стратегии России на период до 2030 г. является создание устойчивой национальной инновационной системы в сфере энергетики для обеспечения российского топливно-энергетического комплекса высокоэффективными отечественными технологиями и оборудованием, научно-техническими и инновационными решениями в объемах, необходимых для поддержания энергетической безопасности страны. К числу основных проблем в сфере “Электроэнергетика” отнесена проблема создания высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети - Smart Grids).

Как, пожалуй, и во всякой другой инновационной области в вопросах, касающихся «умных сетей» пока нет терминологической стройности. В настоящее время существует несколько названий этого перспективного направления развития энергетики: умная сеть, сильная сеть, интеллектуальная сеть, активно-адаптивная сеть.

В целом, интеллектуальная сеть (Smart Grid, «умная», или активно-адаптивная сеть) представляет собой распределительную сеть, которая сочетает комплексные инструменты контроля и мониторинга, информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие значительно более высокую ее производительность и позволяющие генерирующим, сбытовым и коммунальным компаниям предоставлять населению энергию более высокого качества.

Электроавтомобили и дома с солнечными коллекторами на крышах, представляющие собой мини-генераторы, явились причиной появления «умных» сетей (Smart grids). Начиная с 70-х годов прошлого века, в Европе и США проводятся эксперименты с созданием «умных» распределительных электрических сетей. Они позволяют создать равновесие между многочисленными производителями и потребителями электроэнергии. В странах ЕС наряду с крупными

электростанциями существуют и многочисленные мелкие производители энергии вплоть до так называемых «активных» домов, которые не потребленную электроэнергию возвращают обратно в сеть.

Создание электрической сети нового поколения является стратегически важным направлением и для России. Интеллектуальная сеть качественно новое состояние единой национальной электрической сети (ЕНЭС), которое позволит вывести надежность электроснабжения на принципиально новый уровень, одновременно обеспечив высокую экономическую эффективность работы всей энергосистемы.

Причем для этого не надо менять сами сети, достаточно лишь установить дополнительное оборудование. Таким образом модернизировать отрасль можно за счет внедрения «умных» сетей.

По данным ФСК, построение энергосистемы с интеллектуальной сетью позволит уменьшить потери в российских электрических сетях всех классов напряжения на 25 %, что даст экономию порядка 34-35 млрд. кВт\*ч в год. Такой объем энергии в течение года вырабатывается несколькими электростанциями суммарной мощностью 7.5 ГВт. По ориентировочным оценкам академических институтов за счет модернизации сети можно уменьшить потребность в новых мощностях на 22 ГВт и приблизительно на 35 млрд. долларов снизить объем капиталовложений в развитие распределительных и магистральных сетей за счет увеличения пропускной способности сетей по новым технологиям.

В качестве примера успешного внедрения элементов интеллектуальной сети можно привести ввод в конце 2009 года батарей статических конденсаторов на подстанции 500 кВ «Означенное» (Республика Хакасия). В результате была значительно повышена надежность работы Хакасского энергоузла. В 2013 году для повышения надежности электроснабжения потребителей Хакасии на линии электропередачи 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС - Новокузнецкая было внедрено управляемое устройство продольной компенсации.

В России уже разработаны первые опытные образцы интеллектуального измерительного оборудования подстанций - измерительные высоковольтные трансформаторы с цифровым выходом (ОАО «Раменский электротехнический завод "Энергия"»), комплекс приборов учета электроэнергии и телемеханики работающих в единой системе цифрового обмена (ЗАО «ИТЦ "Континуум+"»).

По мнению специалистов, система интеллектуальных сетей способна снизить потери до 40%. Если исходить из ежегодных потерь в сетях ФСК на уровне 20 млрд кВт\*ч и среднем тарифе на покупку потерь в 0,45 руб. то потребители смогут сэкономить до 3,6 млрд руб. Но чтобы добиться реальной экономии систему надо распространить и на распределительные сети.

Классическая электроэнергетическая система представляет собой систему электрических генераторов, связанных линиями электропередачи, распределительными устройствами и трансформаторными подстанциями с потребителями электрической энергии (электроприемниками) и объединенных общим режимом. Концепция высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения должна эф-



фактивно удовлетворять динамично изменяющиеся потребности потребителей, без ущерба для экономики, надежности и качества предоставляемых услуг.

Выделяются несколько ключевых преимуществ интеллектуальных сетей перед традиционными:

1. Надежность электроснабжения. С помощью цифровой информации, автоматизированного управления и автономных систем, Smart Grid обеспечивает надежное электроснабжение с меньшим количеством коротких отключений.

2. Охрана и безопасность. Smart Grid постоянно контролирует себя, чтобы обнаружить или обезопасить себя от небезопасных ситуаций, которые могут снижать высокую надежность и безопасность эксплуатации. Функция защиты информации встроена во все системы. Кибербезопасность обеспечивается для всех операций, включая мониторинг физических объектов производства. Также предусматривается защита частной жизни для всех пользователей и клиентов интеллектуальной сети.

3. Энергоэффективность. Smart Grid является более эффективной, обеспечивая уменьшение общего потребления электроэнергии, снижение пикового спроса, снижение потерь электроэнергии. Система реализует способность автоматического снижения нагрузки конечных потребителей вместо ввода в работу новых генерирующих мощностей (конечно, при условии добровольного согласия потребителя участвовать в регулировании нагрузки за соответствующие экономические льготы).

4. Окружающая среда. Smart Grid является “зеленым” объектом. Это может сократить выбросы парниковых газов (ПГ) и других загрязняющих веществ за счет уменьшения выбросов от неэффективных источников энергии, поддерживает возобновляемые источники энергии. Кроме того, интегрирование в систему электрических транспортных средств (или иных устройств с емкими аккумуляторами) позволяет реализовать функцию «хранения» электрической энергии в сети для покрытия пиковых нагрузок.

5. Экономическая эффективность. Smart Grid предлагает прямые экономические выгоды. Клиенты, имея информацию о стоимости энергетических ресурсов, имеют ценовой выбор и, на основе полученной информации, способны принимать решения об уменьшении или исключении лишних расходов.

Таким образом, концепция интеллектуальных сетей (Smart Grids) должна быть реализована в разных частях электроэнергетической системы. Важной частью такого внедрения являются:

- автоматизация подстанций;
- изменение метрологической инфраструктуры и расширение метрологических функций;
- интеграция телекоммуникационных и электроэнергетических систем;
- автоматизация распределительной сети;
- энергоменеджмент.

Единая национальная электрическая сеть одна из самых крупных в мире и реализация концепции интеллектуальной или активно-адаптивной сети в ее масштабах потребует массового выпуска высокотехнологичной продукции. По-

требуется совсем новые технологии и материалы. Вместе с ЕНЭС на новый уровень будут вынуждены выйти отраслевая наука электротехническая промышленность и строительный комплекс. При создании интеллектуальной сети должны использоваться современные средства управления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Умные сети и интеллектуальные энергетические системы. Интернет источник: <http://venture-biz.ru/energetika-energoberezhenie/290-intellektualnye-seti>
2. Что такое интеллектуальная сеть? Интернет источник: <http://kunegin.com/ref2/in/intro.htm>
3. Интеллектуальная сеть. Интернет источник: <http://www.osp.ru/lan/1999/02/133989/>
4. Егоров В., Кужеков С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе. — «ЭнергоРынок», 2010, № 6.
5. Осика Л. Smart Grid: мнение экспертов. — «Энерго-Рынок», 2010, № 6.

---

## СЕКЦИЯ «НАУЧНАЯ РАБОТА ШКОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА КОГЕРЕРА. ДЕМОНСТРАЦИЯ ОПЫТА А.С. ПОПОВА

Шульгин Д.Ю. 2 курс СПО

Ливенский филиал ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Все живущие сегодня люди родились в эпоху радио, захватывающую всё новые и новые области человеческого бытия: мобильная связь, беспроводной Интернет, система глобального позиционирования. Заглянуть в истоки создания радио, почувствовать свою причастность, совершенствовать свои умения и навыки, выявлять творческие способности дает возможность, данная тема. Полагаю, что она современна и актуальна. **Цель работы:** 1). Ознакомиться с историей создания радио. 2). Изготовить когерер в домашних условиях. 3). Собрать цепь для демонстрации работы когерера.

Если научиться самому и научить других, активно использовать творческие способности, вы откроете новые грани своих талантов, откроются новые знания. **Задачи:** 1. Изучить литературные и электронные источники по данной теме. 2. Ознакомиться с биографией А. С. Попова. 3. Познакомиться с историей создания радио. 4. Изучить устройство и принцип действия когерера. 5. Сделать выводы.

**Александр Степанович Попов** родился 16 марта 1859 г. на Урале (поселок Туринский рудник) в семье священника. После окончания в 1877 г. Пермской духовной семинарии поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. В университете он увлекся электротехникой.

**7 мая 1895 г. (120 лет назад)** на заседании Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника, который имел очень простое устройство: батарея, электрический звонок, электромагнитное реле и когерер. Предложенный А. С. Поповым метод беспроводной передачи полезной информации путем модуляции (манипуляции) излучаемых электромагнитных волн получил в дальнейшем название радиопередачи (Radio — испускать лучи, лат.). Этот день вошел в историю мировой науки и техники как **день рождения радио**.

**Середина 1920-х:** применение усилителей на электронных лампах революционизировали радиоприемники и радиопередатчики; изобретение триодного усилителя, генератора и детектора позволило создать хорошо слышимое радио; применение амплитудно-модулированный радио (АМ радио) позволило нескольким станциям одновременно передавать сигналы; радио впервые было использовано для передачи изображений, т.е. зародилось телевидение (Изобретатель передающей телевизионной трубки В.Зворыкин).

**В 1954 г.** американская фирма Regency представила карманный транзисторный радиоприёмник TR-1. **В 1960 г.** «Sony» выпустила первый в мире телевизионный приемник на транзисторах – «TV8-301». **В 1991 г.** «Motorola» начала реализацию проекта спутниковой связи «Iridium». Система могла обеспечивать подвижных абонентов телефонной связью в любой точке земного шара с помощью терминала, размером с обычный сотовый телефон. Работу системы поддерживают 66 спутников с высотой орбиты 780 км. **В 1993 г.** сдана в эксплуатацию первая система цифровой связи «Tetrapol» на основе технологии FDMA (Frequency Division Multiple Access – множественный доступ с частотным разделением) для французской жандармерии. Система была разработана французской компанией «Matra Communications». **В 2003 году** цифровое радиовещание DRM (Digital Radio Mondiale) в AM диапазонах (до 30 МГц) переходит из области экспериментов к практическому применению. DRM-консорциум объединяет 89 членов из 29 стран.

*Перспективы развития науки и техники в области радио:* - Радиовещание станет полностью цифровым; - Радиоприемник станет частью сотового телефона (хотя он уже стал). Сам сотовый телефон уменьшится до размеров маленького наушника, воспринимающий звуковые команды владельца. Во время разговора или радиозэфира можно будет видеть собеседника с помощью специальных очков или контактных пленок; - Эфиры радио будут проходить «пользовательским участием». Любой слушатель anytime сможет стать ведущим, диджеем и даже продюсером канала

Попов А.С. и другие ученые стали пионерами в открытии и становлении радио. А на смену им придут другие, развивающие и продолжающие это великое дело. И хотя на первый взгляд основные открытия уже сделаны, наверняка будет еще не мало изобретений, о которых мы даже не подозреваем. Жизнь продолжается, а в месте с ней движется прогресс!

**Изготовление когерера.** Изготавливаем металлические опилки, используя железный гвоздь и напильник. Берём два одинаковых болта диаметром 7мм и гибкую силиконовую трубку длиной 50мм. Вкручиваем один из болтов внутрь трубки почти до середины. Засыпаем опилки в открытый конец трубки так, чтобы они заполнили около 1мм её длины. Вкручиваем второй болт так, чтобы сопротивление между болтами составляло 10-50 кОм. Когерер готов.

**Сборка цепи.** Последовательно подключая соединительные провода к элементам цепи. Сопротивление когерера сначала довольно большое, и светодиод не горит. Если искра зажималки возникает на расстоянии не больше 20 см, то сопротивление когерера падает, и светодиод загорается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний // Изобретение радио А.С Поповым. С.55-64.
2. Кудрявцев-Скайф С. А.С. Попов, изобретатель радио. Военмориздат, 1945, 259 с.
3. Головин Г.И. Изобретатель радио - А.С. Попов. Молотов: Молотовгиз, 1948. 312 с.

4. Урвалов В.А. А.С. Попов-изобретатель радио. // Физика - ПС. 2006. №7. Электронная версия газ «Физика». URL: <http://fiz.1september.ru/article.php?ID=200600701>

5. Интернет – ресурс: [birze@inbox.ru](mailto:birze@inbox.ru)

## **ВКЛАД ЖОРЕСА АЛФЁРОВА В ФИЗИКУ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

Егорова Юлия ученица 10 класса  
МБОУ «Знаменская СОШ»

### **Введение**

Кто такой Жорес Алфёров? Большинство школьников ответят, что не знают, некоторые скажут, что это физик. И это все, что можно сказать об этом человеке, который сделал огромный вклад в физику, в науку. Данная тема, по моему, достаточно актуальна, так как это весьма разносторонний человек, внёсший огромный вклад в развитие мировой науки.

Жорес Иванович Алфёров — советский и российский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (премия 2000 года за разработку полупроводниковых гетероструктур и создание быстрых опто- и микроэлектронных компонентов), лауреат Ленинской премии (1972), Государственной премии СССР (1984), Государственной премии РФ (2001). Организатор, председатель международного комитета и лауреат (2005) самой крупной в России денежной премии «Глобальная Энергия».

Вице-президент РАН с 1991 г., Академик Российской академии наук, с 1989 года — председатель Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН. Иностранный член Национальной академии наук США (1990), Национальной инженерной академии США (1990), иностранный член Академии наук ГДР (1987).

Иностранный член Национальной академии наук Беларуси (1995), почётный член Академии наук Молдавии (2000), почётный член Национальной Академии наук Азербайджана (2004), почётный член Национальной Академии наук Армении (2011).

Едва ли не каждый житель планеты ежедневно пользуется научными разработками Жореса Алфёрова. По одним только своим габаритам они не идут ни в какое сравнение с традиционными радиосхемами. Слои полупроводников, имеющие толщину в несколько атомов, представляют собой крохотные кристаллики, рядом с которыми резисторы, конденсаторы, лампы выглядят мастодонтами. Скажем, размеры активного элемента полупроводникового лазера колеблются в диапазоне от 50 мкм до 1 мм. Во всех мобильных телефонах есть гетероструктурные полупроводники, созданные им. Без «лазера Алфёрова» были бы невозможны проигрыватели компакт-дисков и дисководы современных компьютеров. Его открытия используются и в фарах автомобилей, и в светофорах, и в оборудовании супермаркетов - декодерах товарных ярлыков. В мире академик известен как российский учёный, тем не менее, он родом из Беларуси.

### **Биография**

Жорес Иванович Алфёров родился 15 марта 1930 г. в белорусско-еврейской семье Ивана Карповича Алфёрова и Анны Владимировны Розенблюм в Витебске. После 1935 года семья переехала на Урал в город Туринск (Свердловская область), где его отец работал директором целлюлозно-бумажного завода. В этом городе Алфёров учился в школе с пятого по восьмой классы. Старший брат — Маркс Иванович Алфёров (1924—1944) — погиб на фронте. 9 мая 1945 года его отец, Иван Карпович, получил назначение в Минск, где Жорес Иванович окончил мужскую среднюю школу №42 с золотой медалью. Несколько семестров отучился в Белорусском Политехническом Институте (ныне БНТУ) г. Минска на энергетическом факультете, после чего поехал поступать в Ленинград, в ЛЭТИ. Он стал студентом факультета электронной техники (ФЭТ) Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова по совету школьного учителя физики Якова Борисовича Мельцерсона. Окончил в 1952 году. С 1953 года работал в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе, где был младшим научным сотрудником в лаборатории В. М. Тучкевича и принимал участие в разработке первых отечественных транзисторов и силовых германиевых приборов. Кандидат физико-математических наук (1961). Будучи членом КПСС, Алфёров активно занимался партийной и хозяйственной деятельностью, был секретарём партийной организации физико-технического института, членом Ленинградского горкома КПСС. Руководил рядом работ команды физиков Дмитрия Третьякова и Рудольфа Казаринова в области физики полупроводников. В 1970 году Алфёров защитил диссертацию, обобщив новый этап исследований гетеропереходов в полупроводниках, и получил степень доктора физико-математических наук. В 1972 году Алфёров стал профессором, а через год — заведующим базовой кафедрой оптоэлектроники ЛЭТИ. С начала 1990-х годов Алфёров занимался исследованием свойств наноструктур пониженной размерности: квантовых проволок и квантовых точек. С 1987 по май 2003 года — директор ФТИ им. А. Ф. Иоффе. В 2003 году Алфёров оставил пост руководителя ФТИ им. А. Ф. Иоффе в связи с достижением предельного возраста (75 лет) и до 2006 года занимал пост председателя учёного совета института. Однако Алфёров сохранил влияние на ряд научных структур, среди которых: ФТИ им. А. Ф. Иоффе, НТЦ Центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур, научно-образовательный комплекс (НОК) Физико-технического института и физико-технический лицей. С 1988 г. (момента основания) декан физико-технического факультета СПбГПУ. В 1990—1991 годах — вице-президент АН СССР, председатель Президиума Ленинградского научного центра. С 2003 года — председатель Научно-образовательного комплекса «Санкт-Петербургский физико-технический научно-образовательный центр» РАН. Академик АН СССР (1979), затем РАН, почётный академик Российской академии образования. Вице-президент РАН, председатель президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН. Главный редактор «Писем в Журнал технической физики».

В 2008 году принял участие в подготовке издания второй книги из серии «Автограф века». Был главным редактором журнала «Физика и техника полу-

проводников», членом редакционной коллегии журнала «Поверхность: Физика, химия, механика», членом редакционной коллегии журнала «Наука и жизнь».

### **Что такое гетероструктуры и достижения Алфёрова**

Гетероструктурой в физике полупроводников называют выращенную на основном материале (подложке) слоистую структуру из различных полупроводников, отличающихся физико-энергетическими характеристиками материалов: шириной запрещённых зон, положением потолка валентной зоны и дна зоны проводимости. В месте контакта двух различных полупроводников формируется т. н. гетеропереход с повышенной концентрацией носителей, который, собственно, и используется затем в электронике.

На третьем курсе Алфёров пошёл работать в вакуумную лабораторию профессора Б.П. Козырева. Там он начал экспериментальную работу под руководством Наталии Николаевны Созиной. Со студенческих лет Жореса Ивановича участвовал в научных исследованиях других студентов. Так, в 1950 году полупроводники стали главным делом его жизни. После окончания университета Алфёров в начале 1950-х активно участвовал в исследовании полупроводниковых устройств – транзисторов, созданных в 1949 г. в США Дж. Бардиным, У. Браттейном и У. Б. Шокли. Одновременно проводились интенсивное изучение свойств полупроводников. Вот тут-то и встали проблемы очистки полупроводников и их легирования. При участии Алфёрова были разработаны первые отечественные транзисторы и силовые германиевые приборы. Кандидатская диссертация Жореса Алфёрова, защищённая в 1961 г., и была посвящена способам получения сверхчистых германиевых и кремниевых кристаллов.

Он начинает заниматься исследованием так называемых полупроводниковых гетероструктур, хотя на многочисленных конференциях говорилось о бесперспективности проведения работ в этом направлении. В основу технологических исследований им были положены эпитаксиальные методы, позволяющие управлять такими фундаментальными параметрами полупроводника, как ширина запрещённой зоны, величина электронного сродства, эффективная масса носителей тока, показатель преломления и т.д. внутри единого монокристалла.

Для идеального гетероперехода подходили GaAs и AlAs (арсенид алюминия и арсенид галлия), но последний почти мгновенно на воздухе окислялся. Значит, следовало подобрать другого партнёра. И он нашёлся тут же, в институте, в лаборатории, возглавляемой Н.А. Горюновой. Им оказалось тройное соединение AlGaAs. Так определилась широко известная теперь в мире микроэлектроники гетеропара GaAs/AlGaAs. Ж.И. Алфёров с сотрудниками не только создали в системе AlAs – GaAs гетероструктуры, близкие по своим свойствам к идеальной модели, но и первый в мире полупроводниковый гетеролазер, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Свой первый патент в области гетеропереходов (за разработку этой темы Алфёров и награждён Нобелевской премией) академик получил в марте 1963 года. Гетеропереходы он исследовал вместе с Рудольфом Казариновым. Учёные добились того, что заработал полупроводниковый лазер, который теперь применяется в оптико-волоконной связи и в проигрывателях компакт-дисков. То-

гда изобретение мало кто мог оценить: рассказывают, что для демонстрации работы лазера в патентной комиссии СССР учёным пришлось «окрасить» его в красный цвет. И тогда «пролетарский» лазер был утверждён. Открытие Ж.И. Алфёровым идеальных гетеропереходов и новых физических явлений – «суперинжекции», электронного и оптического ограничения в гетероструктурах – позволило также кардинально улучшить параметры большинства известных полупроводниковых приборов и создать принципиально новые, особенно перспективные для применения в оптической и квантовой электронике. Новый этап исследований гетеропереходов в полупроводниках Алфёров обобщил в докторской диссертации, которую защитил в 1979 году. Через год Франклиновский институт (США) присуждает ему престижную медаль Баллантайна, называемую «малой Нобелевской премией» в области физики. Затем следует самая высокая награда СССР - Ленинская премия.

С использованием разработанной Ж. Алфёровым технологии высокоэффективных, радиационностойких солнечных элементов на основе AlGaAs/GaAs гетероструктур было организовано крупномасштабное производство солнечных элементов для космических батарей, которые могут работать продолжительное время. Одна из них, установленная в 1986 году на космической станции «Мир», проработала на орбите весь срок эксплуатации без существенного снижения мощности. На основе предложенных в 1970 году Ж.И. Алфёровым и его сотрудниками идеальных переходов в многокомпонентных соединениях InGaAsP созданы полупроводниковые лазеры, работающие в существенно более широкой спектральной области, чем лазеры в системе AlGaAs. Они нашли широкое применение в качестве источников излучения в волоконно-оптических линиях связи повышенной дальности.

В начале 90-х годов одним из основных направлений работ, проводимых под руководством Ж.И. Алфёрова, становится получение и исследование свойств наноструктур пониженной размерности: квантовых проволок и квантовых точек.

В 1993-1994 годах впервые в мире реализуются гетеролазеры на основе структур с квантовыми точками – «искусственными атомами». В 1995 году Ж.И. Алфёров со своими сотрудниками впервые демонстрирует инжекционный гетеролазер на квантовых точках, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре. Принципиально важным стало расширение спектрального диапазона лазеров с использованием квантовых точек на подложках GaAs. Таким образом, исследования Ж.И. Алфёрова заложили основы принципиально новой электроники на основе гетероструктур с очень широким диапазоном применения, известной сегодня как «зонная инженерия».

Гетеролазеры, созданные Алфёровым, передают, а гетероприемники принимают информационные потоки по волоконно-оптическим линиям связи. Лазеры можно обнаружить также в проигрывателях CD-дисков, устройствах, декодирующих товарные ярлыки и во многих других приборах.

По мнению Жореса Алфёрова, при разработке высокоэффективных методов преобразования солнечной энергии Солнце может обеспечить бурно растущие потребности энергии в течение многих сотен лет. Вот что он говорит:



«Солнце – это термоядерный реактор, который работает миллионы лет надёжно и безопасно. И задача преобразования солнечной энергии в электрическую будет решена. Может быть, даже в нашем, XXI веке.

Мы получаем от солнца энергии на много порядков, в десятки тысяч раз больше, чем сегодня потребляем. И в этом отношении можем наращивать потребление энергии на Земле, ничего не меняя в тепловом балансе планеты, практически ничего не привнося, не ухудшая экологическую ситуацию. Раньше это не применялось, потому что был очень низок коэффициент полезного действия (КПД) солнечных преобразователей. Абрам Федорович Иоффе, великий советский физик, основатель всей физической школы СССР, мечтал в конце 1930-х о солнечной энергетике и ее широком применении, когда КПД равнялось 0,1 процента. Он предложил: давайте покрывать крыши зданий фотоэлементами и это будет основной источник энергии. Сегодня КПД достигает 35%. Да, это по-прежнему дороже, чем атомная энергетика. Пока она дороже в несколько раз - использовать ее экономически бессмысленно. Поэтому поиски новых материалов продолжаются. И хочется верить, что лет через 15-20 солнечная энергетика будет сравнима или даже обойдет другие виды.

Несколько лет назад Жорес Алфёров загорелся идеей создания в Петербурге лицея для школьников - научно-образовательного центра. По замыслу академика одарённые школьники поступают в восьмой класс лицея, получают знания от профессоров, потом учатся на факультетах электротехнического и политехнического университетов. В итоге институт, которым руководит Алфёров, получает первоклассных специалистов. Дело оставалось за малым: отыскать несколько миллионов долларов для строительства и оборудования нового учебного заведения. И такая сумма нашлась. Средства были выделены из правительственного фонда. Говорят, в благодарность за участие Алфёрова в движении «Наш дом - Россия». В новую партию академик попал благодаря будущему президенту России Владимиру Путину. В то время он был председателем питерского совета партии и составлял списки кандидатов в депутаты. Алфёрова вписали для солидности. Предприимчивый учёный добыл у партии 8 миллионов долларов на нужды науки. В то время в Петербурге строили всего две школы, и одна из них была лицеем Алфёрова. В сооружении учебного комплекса общей площадью 15 тысяч квадратных метров с конференц-залом, театром, компьютерными классами, гостиницей, бассейном и крытым теннисным кортом приняли участие все российские премьеры. Председатель Редакционной коллегии журнала «Нанотехнологии Экология Производство».

Учредил Фонд поддержки образования и науки для поддержки талантливой учащейся молодёжи, содействия её профессиональному росту, поощрения творческой активности в проведении научных исследований в приоритетных областях науки. Первый вклад в Фонд был сделан Жоресом Алфёровым из средств Нобелевской премии.

### **Выводы**

Подводя итог, можно сказать, что Жорес Алфёров – удивительный человек, внёсший огромный вклад в развитие такой отрасли физики, как полупроводники и гетероструктуры. Выйдя за пределы лаборатории, фундаментальные

исследования Жореса Ивановича легли в основу передовых научных и прикладных направлений: целый ряд приборов с гетеропереходами — лазеры, светодиоды, светофоры, преобразователи солнечной энергии — выпускаются сегодня промышленным способом. Изобретениями академика Жореса Ивановича Алфёрова ежедневно пользуется почти каждый житель планеты. Каждый мобильный телефон, каждый CD-проигрыватель, каждая касса супермаркета – всё это оснащено его изобретениями. Поэтому необходимо помнить и гордиться трудами своих соотечественников.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Международный Алфёровский фонд поддержки образования и науки // Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники. – URL: <http://www.bsuir.by/online/showpage.jsp?lang=ru&menuItemID=117893&PageID=90443&resID=100229>
2. Лауреаты Нобелевской премии: АЛФЁРОВ, Жорес Иванович // Электронная библиотека 'Наука и техника' – URL: <http://n-t.ru/nl/fz/alferov.htm>
3. «Алфёров, Жорес Иванович» // Википедия, свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%C0%EB%F4%B8%F0%EE%E2,\\_%C6%EE%F0%E5%F1\\_%C8%E2%E0%ED%EE%E2%E8%F7](https://ru.wikipedia.org/wiki/%C0%EB%F4%B8%F0%EE%E2,_%C6%EE%F0%E5%F1_%C8%E2%E0%ED%EE%E2%E8%F7)
4. «ЖОРЕС ИВАНОВИЧ АЛФЁРОВ» // Изобретения России. – URL: [http://www.inventor.perm.ru/persons/inventor\\_alferov.htm](http://www.inventor.perm.ru/persons/inventor_alferov.htm)