



АО «Саратовский радиозавод»

Вектор развития

Выпуск 8

*Сборник докладов
инженерных чтений 7 мая 2019 г.*

2019

Вектор развития. Выпуск 8. Сборник докладов специалистов АО «Сарапульский радиозавод», прозвучавших на инженерных чтениях 7 мая 2019 года. - типография АО «СРЗ», 2019, – 172 с. Тираж 40 экз.

Подписано в печать 30.04.2019. Формат 62x84 ¹/₁₆
Бумага офсетная, Тираж 50 экз.
Типография АО «СРЗ»
427960 г. Сарапул, ул.Гоголя, 40

СОДЕРЖАНИЕ

Инженерные чтения

| | |
|--|-----|
| Верба Б. П. Варианты развертывания антенн для повышения эффективности КВ-радиосвязи в ближней зоне..... | 3 |
| Волков М. А. Квантон. Сверхсильное электромагнитное взаимодействие..... | 15 |
| Глухов А. Б. Разработка и производство вендинговых аппаратов, для повышения доли продукции гражданского назначения на предприятии..... | 32 |
| Зорькина М. Г. Анализ стандартов сжатия видеoinформации..... | 38 |
| Зыкин А. А., Лихачев П. М. Разработка автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности | 47 |
| Калабина Н. А. Источники получения водорода | 55 |
| Клабуков И. П. Новейшие системы связи 21 века на использовании запутанных фотонов..... | 69 |
| Колотов А. С. Анализ влияния различных антенн на дальность связи устройств с дистанционным управлением в ISM диапазоне | 88 |
| Красноперов Е. Я. Перспективная технология изготовления деталей из алюминия для ОКР и единичного производства | 94 |
| Лабазанова А. В. Материалы для лазерной маркировки с изменением цвета | 106 |
| Маслова Т. А. Входной контроль. Подтверждение аутентичности | 116 |
| Мосунов Д. Г. Повышение чувствительности радиоприемных устройств методом кросскорреляционной обработки сигналов | 122 |
| Новиков Р.А. Анализ и мониторинг корпоративной информационной сети и устройств .. | 131 |

| | |
|--|-----|
| Носков А. Н. Изготовление крупногабаритных полых изделий из полимерных материалов | 136 |
| Солоткова А.А. Автоматизированное рабочее место сборки и монтажа («Умное рабочее место») Секция: «Конструкторско-технологическая»..... | 143 |
| Фомичева А. В. Критерии результативности процессов СМК | 149 |
| Четвериков А. А. Современные химические источники тока | 154 |
| Шадрин П. В. Расширение функционала текущего мониторинга состояния станков на АО «СРЗ» | 170 |

Верба Борис Павлович,
ведущий инженер-конструктор
КБ №62

Наставник
Вечтомов Олег Игоревич,
главный специалист-руководитель группы

«Варианты развертывания антенн для повышения эффективности КВ-радиосвязи в ближней зоне»

Введение

Радиосвязь является важнейшей, а во многих случаях и единственной связью, способной обеспечить управление органами, силами и средствами в самой сложной обстановке при действиях в зонах ЧС, а также во время военных действий.

КВ-диапазон – это спектр радиочастот, перекрывающий промежуток от 1.5 до 30 МГц. К преимуществам КВ радиосвязи следует отнести оперативность установления прямой связи на большие расстояния, простоту организации радиосвязи с подвижными объектами, возможность обеспечения связи через большие труднодоступные пространства (зоны повышенного заражения, труднопроходимые водные и горные районы, лесные завалы), высокую мобильность средств КВ радиосвязи, довольно простую восстанавливаемость связи в случае нарушения (в результате воздействия как случайных, так и преднамеренных помех) и низкую стоимость одного канала на километр дальности связи. Особое значение приобретает КВ радиосвязь в условиях ЧС - при организации и проведении аварийно-спасательных работ, координации действий, различных организаций и служб в районах стихийных бедствий (землетрясений, наводнений, крупных снежных и селевых лавин на промышленные и жилые районы). Так же КВ связь играет огромную роль в военных конфликтах, как локального, так и глобального характера и, порой, является единственным средством связи в критических ситуациях.

Особенности распространения радиоволн в КВ-диапазоне

Если приемопередающие средства, работающее в КВ-диапазоне находятся на земле, то радиоволны могут распространяться двумя путями:

- в тропосфере вдоль земной поверхности, как поверхностные или земные волны
- через отражение в ионосфере, как пространственные волны.



Рисунок 1 – особенности распространение радиосигнала КВ-диапазона

Поверхностная волна следует кривизне поверхности Земли и при этом поглощается поверхностью, над которой она распространяется. Поглощение волны усиливается с ростом частоты. На распространение поверхностной волны существенно влияет электропроводность почвы и структура земной поверхности (застройка, растительность и т.д.); дальность также зависит от мощности излучения.

Поверхностные волны КВ-диапазона имеют небольшую дальность действия. При мощности передатчика 10-20 Вт в нижней части КВ-диапазона при благоприятных внешних условиях можно рассчитывать на радиус действия поверхностной волны до 30 км.

Распространение коротких волн на большие расстояния происходит благодаря отражению пространственных волн в ионосфере. Ионосферные волны за счет однократного или многократного отражения от ионосферы при благоприятных условиях могут распространяться на сколь угодно большие расстояния. Их основное свойство состоит в том, что они слабо поглощаются нижними областями ионосферы и хорошо отражаются ее верхними областями. Это дает возможность использовать относительно маломощные радиостанции для ведения прямой связи в неограниченно широком диапазоне расстояний. Для ведения радиосвязи пространственной волной в КВ диапазоне большую роль играют рабочая частота, а так же тип антенны и способ её развертывания. На рисунке 2 показано влияние угла раскрыва передающей антенны на дальность связи. Волна 1, которую передающая антенна излучает под малым углом θ относительно поверхности Земли, входит в ионосферу под углом φ и отражается в ней таким образом, что достигает земной поверхности лишь на значительном удалении.

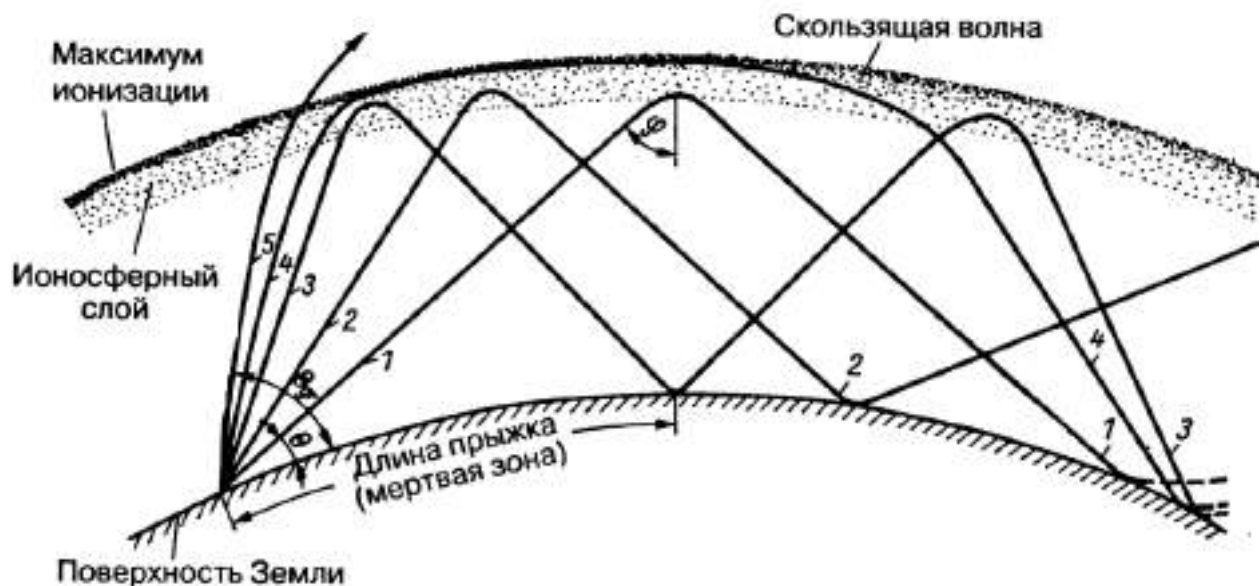


Рисунок 2 – особенности распространения пространственной волны

Многие считают, что результативное ведение радиосвязи в КВ диапазоне, с учетом особенностей распространения поверхностных и пространственных волн, осуществимо только на значительных удалениях (от 300 км) приемника и передатчика друг от друга. В то же время существует насущная необходимость установления связи в ближней зоне, с ближайшими населенными пунктами, экспедициями, поисковыми и разведывательными партиями и т. д. Местная связь особенно необходима во время стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций, военных действиях. Телефонная сотовая связь покрывает лишь небольшую часть территорий, а ее базовые станции, без которых она не может функционировать, выходят из строя при ЧС чуть ли ни первыми. Дальность действия УКВ-радиостанций ограничена дальностью прямой видимости, то есть 10-15 километров, и еще сильнее нарушается экранирующим действием хребтов в горных районах. Таким образом, диапазон дальностей порядка 25...300 км оказался практически недоступен для современных средств связи.

Обеспечение КВ радиосвязи в ближней зоне

Для обеспечения радиообмена в ближней зоне в КВ диапазоне применяют так называемые NVIS-антенны (*Near Vertical Incidence Skywave*), что дословно переводится как «волна, практически вертикального падения». Такой способ развертывания антенны предусматривает работу пространственной волной, падающей на ионосферный слой почти вертикально, и отражающейся тоже почти вертикально вниз, создавая значительную напряженность поля на небольших расстояниях (десятки – сотни километров) от передатчика. Диаграмма направленности по углу места идеальной NVIS-антенны представлена на рисунке 3.

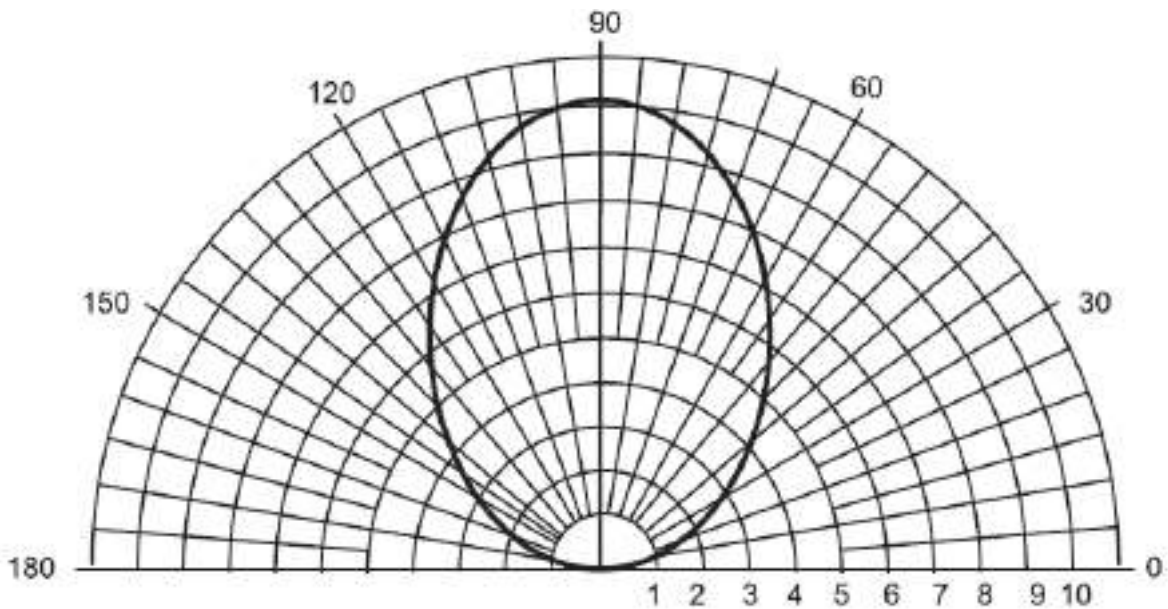


Рисунок 3 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости идеальной NVIS-антенны

На практике, чаще всего, в качестве NVIS-антенны применяется антенна типа «Inverted-V» или «V-обратная», внешний вид антенны такого типа представлен на рисунке 4.

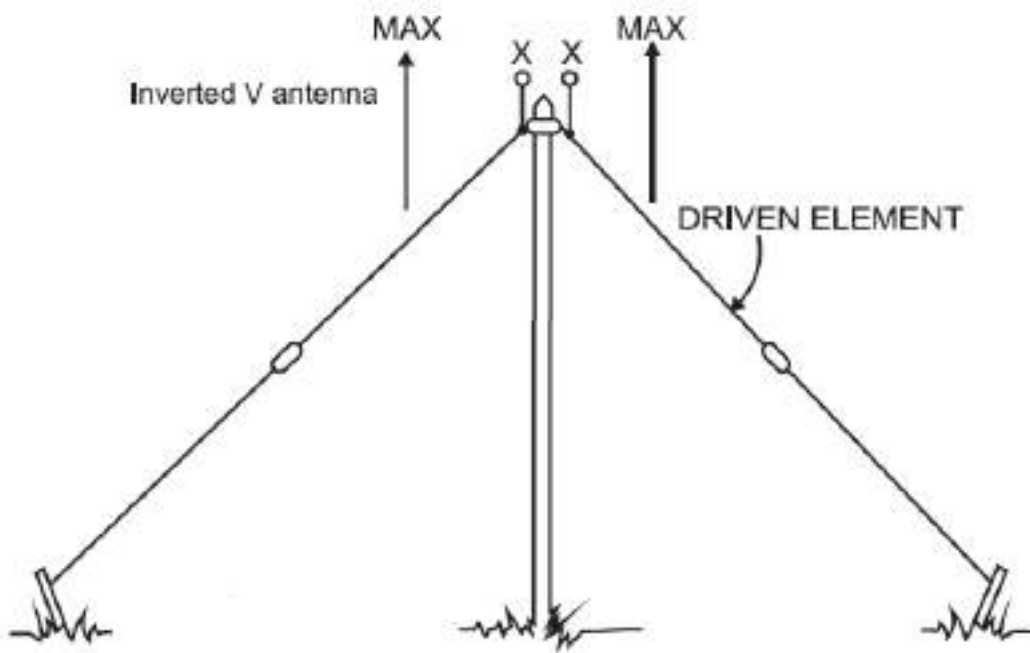


Рисунок 4 – внешний вид антенны типа «Inverted-V»

Исследование влияния развертывания антенн на качество КВ-радиосвязи в ближней зоне

Для исследования вариантов развертывания антенн, влияющих на качество связи в КВ диапазоне была выбрана радиотрасса п. Смолино – п. Ягул (дистанция 55 км.) картографические данные радиотрассы представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – картографическое отображение исследуемой радиотрассы

В качестве антенн абонентов использовались антенны «наклонный луч» с длиной плеча 8 метров, развернутые по варианту «Inverted-V». Питание подводилось через 15-метровый фидер, согласование антенны осуществлялось через автоматическое согласующее антенное устройство, установленное наверху мачт. Схематичное изображение используемых антенн показано на рисунке 6, вид диаграммы направленности, полученный в результате моделирования антенны в программном пакете MMANA-Gal представлен на рисунке 7. Коэффициент усиления, полученный в результате моделирования данной антенны по углу места 90° составляет 7,6 dBi.

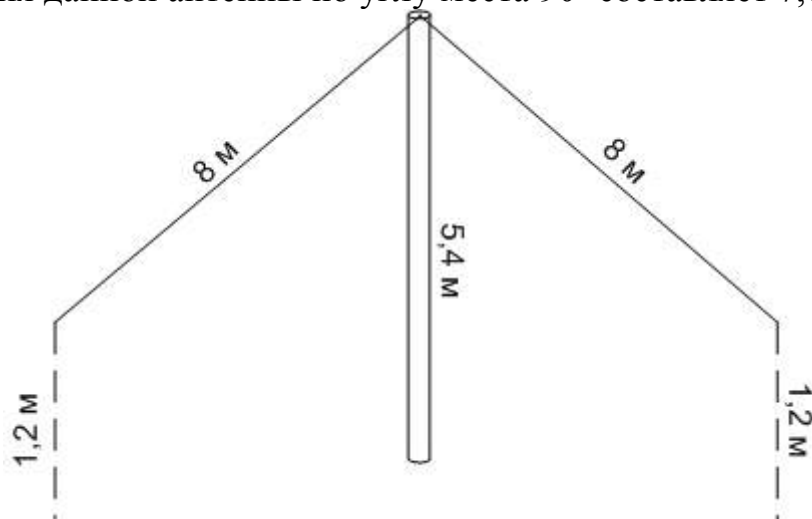
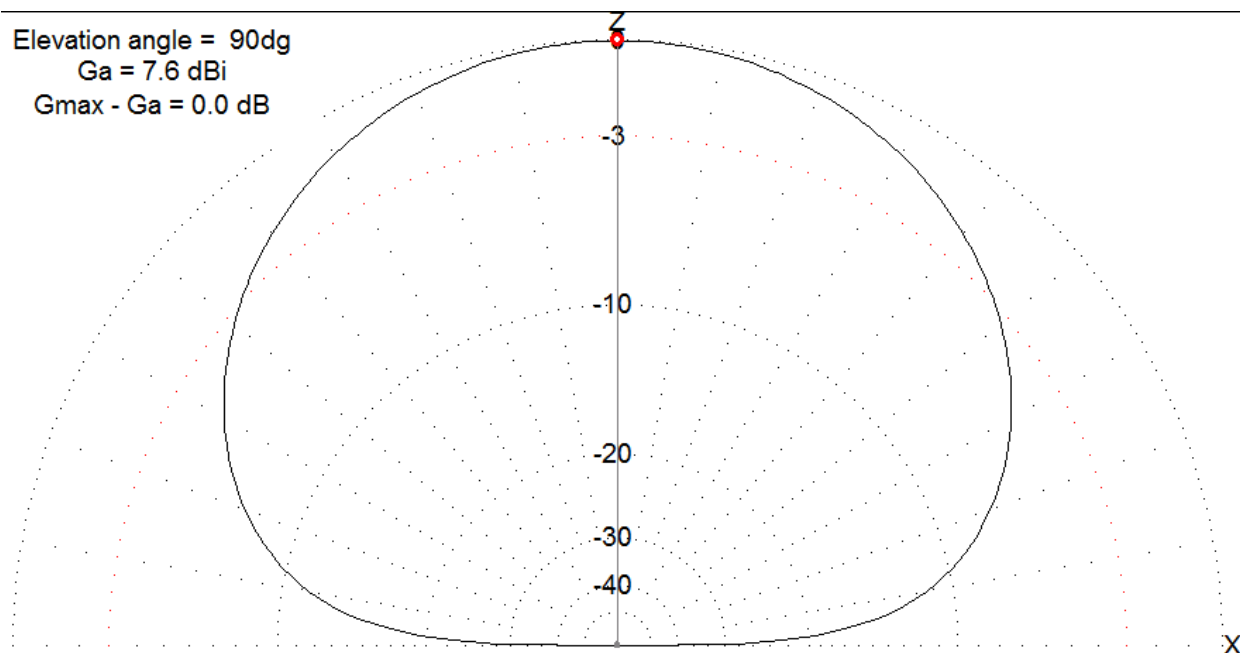


Рисунок 6 – внешний вид исследуемой антенны



**Рисунок 7 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости
исследуемой антенны**

Затем были проведены измерения реальных уровней сигнала с использованием антенн данного типа. Абонент, находящийся в районе п.Смолино, выходил в режим передачи с классом излучения A1A, абонент, находящийся в п.Ягул проводил измерения с помощью портативного анализатора спектра. Частоты взаимодействия абонентов были подобраны с учетом прогнозирования прохождения радиоволн. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – полученные результаты измерений

| Частота работы, МГц | Измеренный уровень полезного сигнала (среднее значение), dBm | Измеренный уровень эфирного шума (среднее значение), dBm | Соотношение Сигнал/шум, dB |
|------------------------|--|---|----------------------------------|
| 4,825 | минус 96,3 | минус 111,6 | 15,3 |
| 4,725 | минус 94 | минус 111,5 | 17,5 |
| 4,531 | минус 91 | минус 107,1 | 16,1 |

Как показала практика, полученных соотношений сигнал/шум достаточно для ведения аналоговой телефонной и телеграфной связи, но недостаточно для цифровых режимов и режимов передачи данных. Для исследования методов улучшения качества связи был промоделирован вариант развертывания антенны с установкой под антенной 6 противовесов длиной 8 метров каждый. Внешний вид антенны в данном варианте развертывания представлен на рисунке 8, вид диаграммы направленности, полученный в результате моделирования в программном пакете MMANA-Gal представлен на рисунке 9. Коэффициент усиления, полученный в результате моделирования данной антенны по углу места 90° составляет 13,8 dBi.

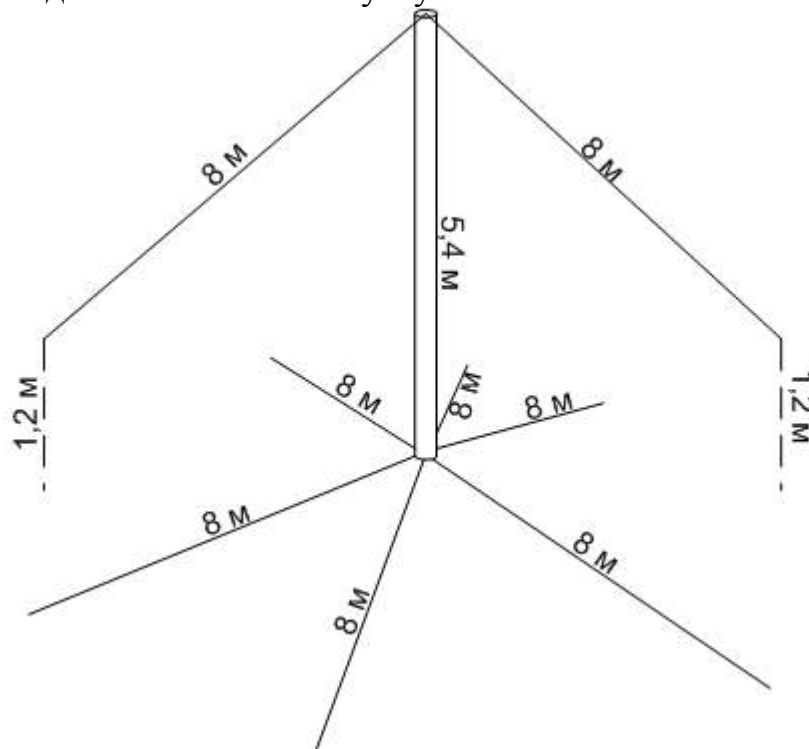


Рисунок 8 – внешний вид исследуемой антенны

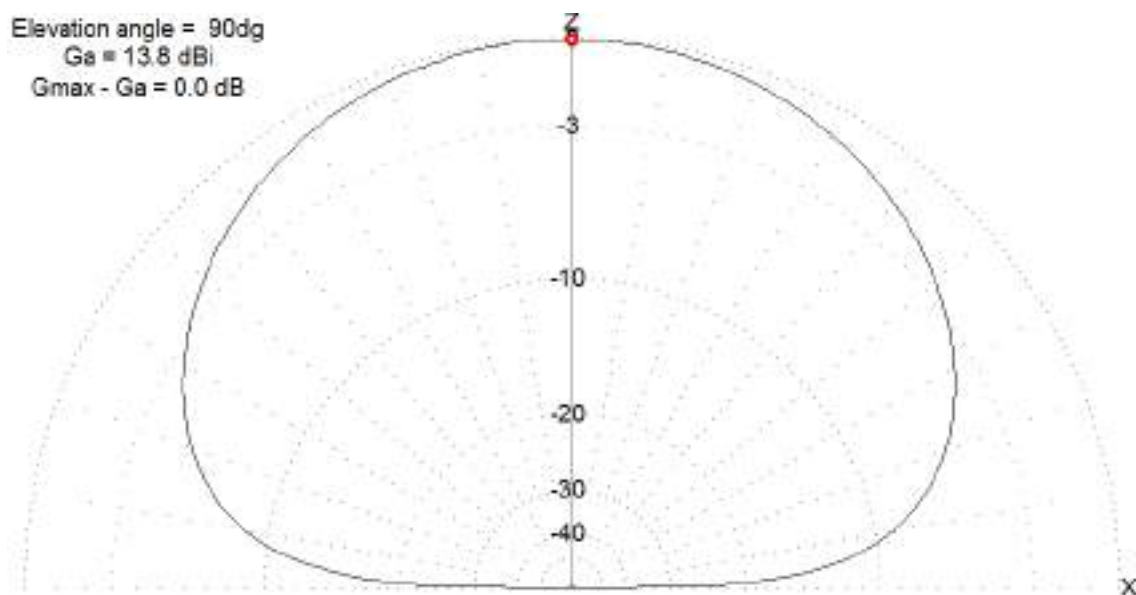


Рисунок 9 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости исследуемой антенны

Результат моделирования показал значительное увеличение коэффициента усиления антенны по углу места 90° сравнению с классическим вариантом развертывания. После добавления противовесов к антенне, были повторно проведены измерения реальных уровней сигналов по той же методике. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – полученные результаты измерений

| Частота работы, МГц | Измеренный уровень полезного сигнала (среднее значение), dBm | Измеренный уровень эфирного шума (среднее значение), dBm | Соотношение Сигнал/шум, dB |
|---------------------|--|--|----------------------------|
| 4,825 | минус 86,7 | минус 112 | 25,3 |
| 4,725 | минус 88,7 | минус 111,7 | 23 |
| 4,531 | минус 83,2 | минус 109,2 | 26 |

Из полученных результатов можно сделать вывод, использование противовесов положительно влияет на практическую организацию связи.

Дополнительно исследован вариант развертывания антенны, в котором предусматривается поднятие концов излучающего полотна над поверхностью земли на высоту 5 м. Внешний вид антенны в данном варианте развертывания представлен на рисунке 10, вид диаграммы направленности, полученный в результате моделирования в программном пакете MMANA-Gal представлен на рисунке 11. Коэффициент усиления, полученный в результате моделирования данной антенны по углу места 90° составляет 9,8 dB.

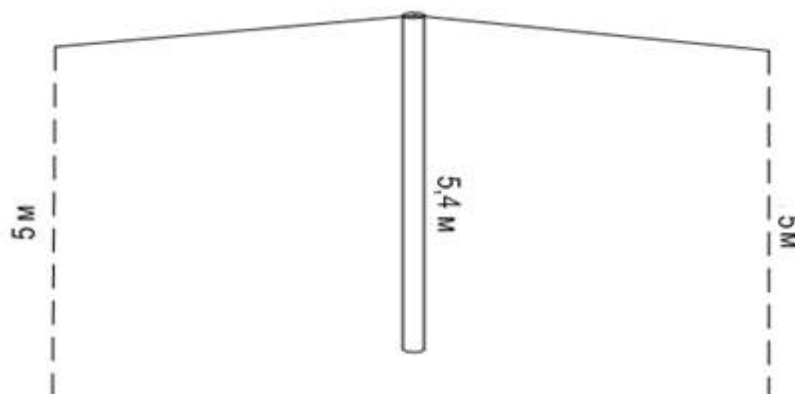


Рисунок 10 – внешний вид исследуемой антенны

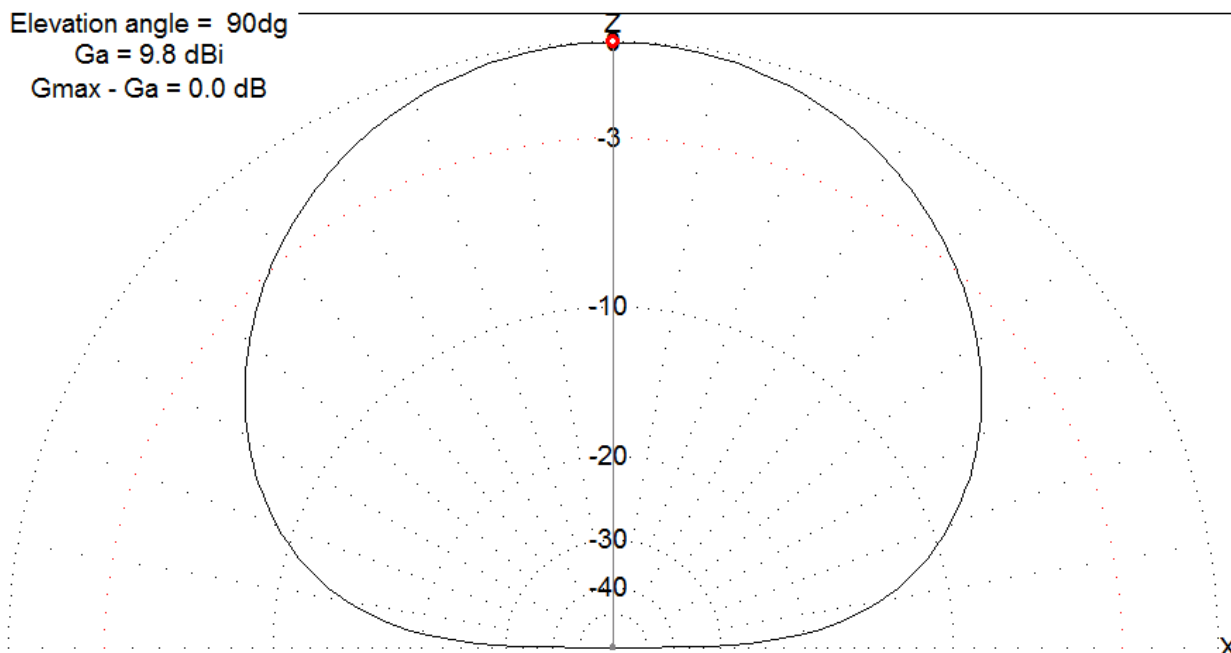


Рисунок 11 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости исследуемой антенны

Результат моделирования показал увеличение коэффициента усиления, по сравнению с классическим вариантом развертывания, но полученное значение все же было меньше, чем в варианте с классической антенной с установленными противовесами. Для получения практических результатов, проведены измерения уровней сигналов по той же методике, результаты измерений занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – полученные результаты измерений

| Частота работы, МГц | Измеренный уровень полезного сигнала (среднее значение), dBm | Измеренный уровень эфирного шума (среднее значение), dBm | Соотношение Сигнал/шум, dB |
|---------------------|--|--|----------------------------|
| 4,825 | минус 87,6 | минус 110 | 22,4 |
| 4,725 | минус 90,3 | минус 112,8 | 22,5 |
| 4,531 | минус 84,4 | минус 108,8 | 24,4 |

Из полученных результатов можно сделать вывод, что поднятие концов излучающих полотен над поверхностью земли даёт практически такой же положительный эффект, как использование противовесов.

Для исследования максимально эффективного способа ведения радиосвязи в КВ диапазоне в ближней зоне, исследован комбинированный вариант, в котором предусматривается поднятие концов излучающего полотна над поверхностью земли на высоту 5 м, а также установка под излучающее полотно антенны 6 противовесов по 8 метров каждый. Внешний вид антенны в данном варианте развёртывания представлен на рисунке 12, вид диаграммы направленности, полученный в результате моделирования в программном пакете MMANA-Gal представлен на рисунке 13. Коэффициент усиления, полученный в результате моделирования данной антенны по углу места 90° составляет 13,4 dBi.

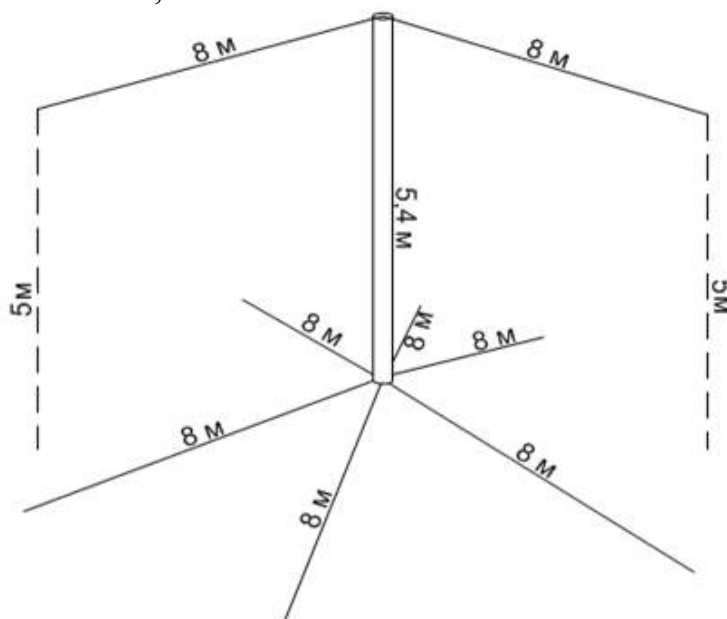


Рисунок 12 – внешний вид исследуемой антенны

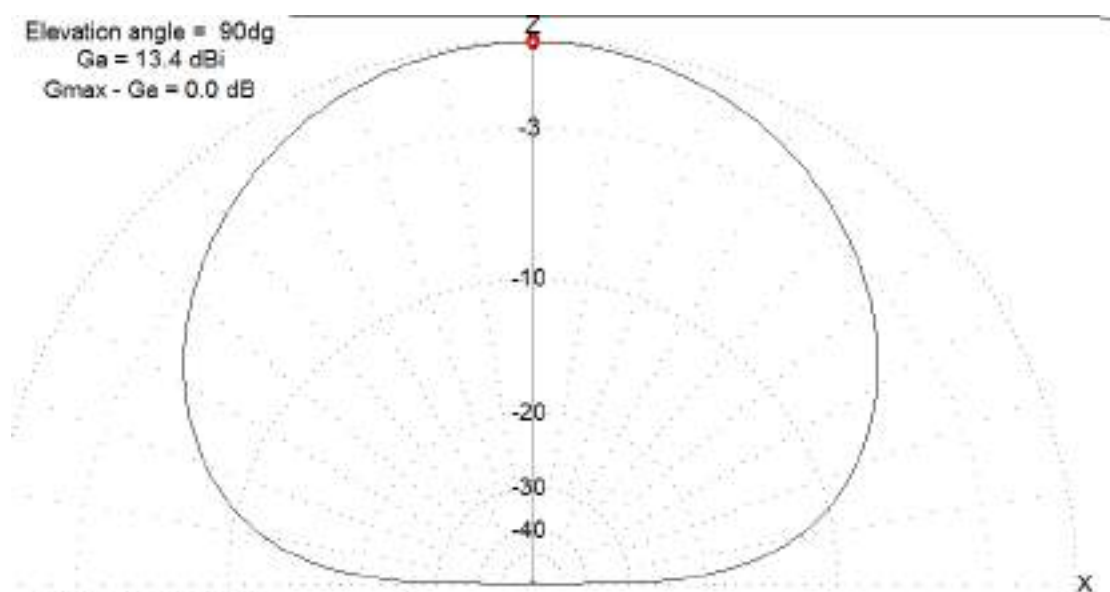


Рисунок 13 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости исследуемой антенны

Из результатов моделирования видно, что добавление противовесов к антенне, концы излучающих элементов которой подняты над поверхностью земли, не оказывает такого сильного эффекта, как в случае с классической «Inverted-V» антенной, но всё же значительный положительный эффект присутствует. Для практической проверки результатов моделирования снова проведены реальные измерения уровней сигналов, результаты измерений занесены в таблицу 4.

Таблица 4 – полученные результаты измерений

| Частота работы, МГц | Измеренный уровень полезного сигнала (среднее значение), dBm | Измеренный уровень эфирного шума (среднее значение), dBm | Соотношение Сигнал/шум, dB |
|---------------------|--|--|----------------------------|
| 4,825 | минус 89,7 | минус 114,3 | 24,6 |
| 4,725 | минус 88,5 | минус 108 | 19,5 |
| 4,531 | минус 83,0 | минус 110,1 | 27,1 |

Из полученных в результате измерений данных можно сделать вывод, что реальные показатели уровней сигнала при данном варианте развертывания антенны практически не отличаются от двух предыдущих вариантов, и значения полученных данных значительно лучше, чем при использовании антенны в классическом варианте.

Вывод.

В данной статье проведено исследование влияния различных вариантов развёртывания антенн на качество КВ радиосвязи в ближней зоне. Проведено моделирование, выполнены практические измерения уровней сигналов. Исследование показало, что для ведения аналоговой телефонной/телеграфной связи в КВ диапазоне в ближней зоне достаточно применять классическую «Inverted-V» антенну. Но как показала практика, проведение сеансов в цифровых режимах и режимах передачи данных при использовании данной антенны невозможно.

Для повышения эффективности радиосвязи были исследованы и предложены 3 варианта развёртывания антенны: 1) установка противовесов под излучающим полотном антенны, 2) поднятие концов излучающих полотен над поверхностью земли, 3) поднятие концов излучающих элементов над поверхностью земли с дополнительной установкой

противовесов под излучающее полотно. Все три предложенных вариантов увеличивают соотношение сигнал/шум на приемной стороне в среднем на значения от 6 до 12 дБ, по сравнению с классическим вариантом развертывания, что оказывает положительное влияние на ведение радиообмена.

Список литературы.

1. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Часть II. Основы и практика. – М.: РадиоСофт. Журнал «Радио» 2005 –288 с.
2. Ротхаммель К. Антенны. – М.: Энергия, 2014 – 414 с.
3. Григоров И.Н Все об антеннах. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 352 с.

Волков Максим Александрович,
инженер-конструктор 3 категории
КБ № 62

Наставник
Зорькин Геннадий Иванович,
главный специалист по средствам связи

«Квантон. Сверхсильное электромагнитное взаимодействие»

Введение

Теория Суперобъединения (theory of Superunification), которую еще называют как теорию всего (theory of everything), базируется на новых фундаментальных открытиях кванта пространства-времени (квантона) и сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ), сделанных в 1996 году В.С. Леоновым [1]. Необходимо обратить внимание, что теория Суперобъединения является самым мощным аналитическим аппаратом исследования материи. Впервые состоялся факт объединения фундаментальных взаимодействий: электромагнетизма, гравитации, ядерных и электрослабых сил.

В статье показано, что рождение массы у элементарной частицы происходит в результате сферической деформации квантованного пространства-времени на основании концепции гравитации искривленного четырехмерного пространства-времени Эйнштейна. Ошибочно полагают, что теория гравитации Эйнштейна не вписывается в Стандартную модель (СМ). Показано, что наоборот, СМ не вписывается в теорию гравитации Эйнштейна. Механизм рождения массы элементарной частицы рассмотрен подробно в теории Суперобъединения В.С. Леонова [1].

Для тех, кто интересуется математическим аппаратом и подробностями описания новых квантовых процессов, могут познакомиться с сотнями новых формул в теории Суперобъединения В.С. Леонова [1].

Квантон. Сверхсильное электромагнитное взаимодействие

В конце прошлого века были открыты ряд необъяснимых физических эффектов (**эффект Оберта**, **эффект Сёрла**), а также, на основании косвенных признаков поведения астрофизических объектов, по создаваемым ими гравитационным эффектам было обнаружено и обосновано наличие **темной энергии**.

Эффект Оберта вызывается тем, что при движении космического аппарата с высокой скоростью топливо имеет больше энергии, доступной для использования (при скорости, превышающей половину скорости реактивной струи, кинетическая энергия может превысить потенциальную химическую

энергию), и эта энергия может использоваться для получения большей механической мощности.

Парадокс заключается в том, что при скорости ракеты $v = \frac{u}{2}$ расход энергии на формирование реактивной струи равен нулю, а при $v > \frac{u}{2}$ становится отрицательным.

Эффект Сёрла. Подтверждения существования эффекта позволяют судить о нем, как об устройстве очень полезном, безусловно, интересном, но и вызывающем много вопросов. Споры в научных кругах и в интернете о том, на самом ли деле работали созданные этим английским ученым генераторы, не утихают и по сей день.

Опыты Серла были повторены, в том числе и любителями-энтузиастами и даже серьезными учеными. Несколько таких опытов было поставлено и в России. В 90-х годах прошлого века, к примеру, подобную установку создали и запатентовали отечественные мастера Роцин и Гордин. Однако вскоре работы по изготовлению таких генераторов этими исследователями по непонятным причинам были свернуты. Сохранились лишь результаты экспериментов этих специалистов. Роцину и Гордину, согласно имеющейся информации, удалось создать генератор, теряющий в весе до 40 % и производящий без каких-либо затрат извне до 7 кВт электроэнергии. Проводили эксперименты по воссозданию «вечного» двигателя Серла, согласно имеющейся информации, и отечественные ученые. В Институте высоких температур РАН и ОАО «НПО Энергомаш им. академика Глушко» была создана экспериментальная установка с использованием редкоземельных магнитов. Названа она была преобразователем. В итоге учеными было выяснено, что, по мере раскрутки ротора генератора Серла по часовой стрелке, вес платформы на самом деле начал уменьшаться (до 50 %). При вращении же в обратную сторону ее масса, наоборот, увеличивалась.

Генератор Тестатика. В духовной общине Methernita, Линден в Швейцарии, с 1980-х годов работают устройства, генерирующие 220 Вольт для бытовых нужд поселка. Суммарная мощность систем составляет более 750 Киловатт. Изобретатель назвал свое устройство Swiss M-L converter , Thesta-Distatica. С технической точки зрения, устройство представляет собой модернизированный электрофорный генератор Вимшурста, диски которого способны вращаться постоянно за счет сил электростатического взаимодействия. В конструкцию также входят постоянные магниты. Машина с диаметром дисков 20 сантиметров производит около 200 Ватт мощности, большая машина имеет диски диаметром 2 метра и производит около 30 кВт.

В том, что сама машина существует, как физическое тело (в реальном исполнении), сомнений не вызывает, так как для проверки существования и работы самой машины на место ее нахождения выезжали многие, весьма известные специалисты, включая и Стефана Маринова, известного своими поисками нетрадиционных источников энергии, и занимавшего весьма серьезный пост в академическом институте.

Есть отчеты 12 ученых, в разное время приехавших в общину для обследования и проверки работоспособности "Тестатики", но все они сводятся к тому, что "машина работает, но мы не понимаем - каким образом".

Тёмная энергия в астрономии и космологии, а также в теоретической физике обнаружена гипотетическая форма материи, которая не испускает электромагнитного излучения и напрямую не взаимодействует с ним. Это свойство данной формы вещества затрудняет и, возможно, даже делает невозможным её прямое наблюдение.

Вывод о существовании тёмной материи ученые сделали на основании многочисленных, согласующихся друг с другом, по косвенным признакам поведения астрофизических объектов и по создаваемым имигравитационным эффектам. Но однозначного понимания темной материи пока не существует.

Темная энергия - гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне их. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает **антигравитацию**. Астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, всё наоборот.

Темная энергия не противоречит общей теории относительности, однако для этого она должна обладать специальным свойством - отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что **природа темной энергии - это главная загадка фундаментальной физики XXI века**.

За последние годы наши представления о Мироздании решительно изменились. Сегодня перед нами предстает следующая картина Вселенной: на долю обычного вещества приходится всего лишь 5% всей массы. Темная материя составляет примерно 20-25%. Основная же доля – 70-75% общей массы – приходится на самую загадочную субстанцию – темную энергию.

Уважаемые коллеги, чтобы понять эти парадоксальные физические процессы, необходима новая теория иного понимания мироздания. Такую теорию мироздания предложил Владимир Семенович Леонов - наш современник, имя которого будет находиться в одном ряду с такими гениями как: Эйнштейн, Менделеев, Максвелл, и др.

Его фундаментальные открытия и теория Суперобъединения имеют большое прикладное значение, открывая перспективы квантовой энергетики – энергетики 21 века, включающей в себя как известные энергетические циклы (химические и ядерные реакции), так и принципиально новые.

Он доказал, что единственным источником энергии во вселенной служит сверхсильное электромагнитное взаимодействие (СЭВ), а все остальное, включая ядерные реакции, - это лишь способы извлечения энергии СЭВ.

Задачей же для современных ученых и инженеров остается научиться осваивать только новые экологически безопасные энергетические циклы, опираясь на колоссальные возможности его теории Суперобъединения и новые экспериментальные факты.

Рассмотрим электромагнитную волну в вакууме с поперечной поляризацией

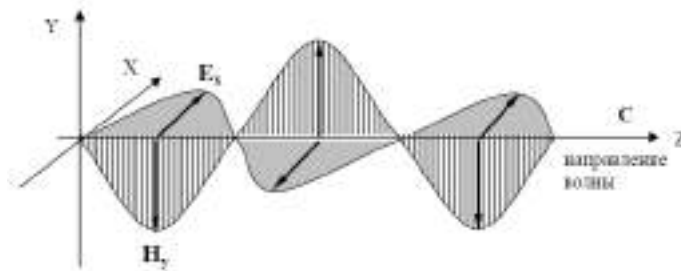


Рис. 1. Электромагнитная волна в вакууме с поперечной поляризацией квантованного пространства-времени.

На графике рис. 1 электромагнитной волны в вакууме видно, что электрическое и магнитное поля (вектора E_x и H_y) существуют и изменяются в направлении скорости C вместе и одновременно, без фазового сдвига по времени. Вектора E_x и H_y только ортогональны друг другу в пространстве, но во времени существуют одновременно. Это неопровержимый экспериментальный факт. Но как его обосновать? Чтобы обосновать самостоятельность электромагнитной волны, которой якобы не нужен собственный носитель, теоретики пренебрегли экспериментальным фактом. По мнению ученых, получается, что распространение электромагнитной волны в вакууме обязано тому, что электрическое поле порождает поле магнитное, и наоборот. Но это возможно лишь в одном случае, если между изменениями электрического и магнитного поля волны существует фазовый сдвиг по времени. Экспериментально же такой фазовый сдвиг по времени не обнаружен. В трансформаторах фазовый временной сдвиг имеется, но теорию трансформатора нельзя механически переносить на электромагнитную волну в вакууме.

Это было первой зацепкой на пути экспериментального обоснования того, что космический вакуум имеет структуру, которая является носителем электромагнетизма. На графике рис. 1 видно, что электромагнетизм существует как самостоятельная категория, одновременно связывая электричество и магнетизм в единую субстанцию. А это означает, что электричество в электромагнитной волне не порождает магнетизм, и наоборот. Магнетизм и электричество в электромагнитной волне появляются

и изменяются одновременно. Объяснить данный экспериментальный факт можно, только имея собственный самостоятельный носитель электромагнетизма, который принадлежит космическому вакууму, а точнее квантованному пространству-времени.

Объединение электричества и магнетизма в единую субстанцию электромагнетизм – это первый этап на пути объединения взаимодействий, который был упущен и с которого начинается теория Суперобъединения. Без первого этапа объединения невозможно дальнейшее развитие теории Суперобъединения.

Чтобы быть более убедительным, необходимо обратить внимание на то, что в электромагнитной волне в вакууме не обнаружены роторы электрического и магнитного полей. Попробуйте ввести роторы в график на рис. 1. Ничего не получится, график разрушается. Это означает, что в вакууме ротор электрического поля не порождает ротор магнитного, и наоборот.

Казалось бы, что к началу 21 века теория электромагнетизма закончилась. Несостыковки теории и эксперимента поставили под сомнение законченность теории об электромагнетизме. Электромагнетизму необходим был собственный носитель, как электричеству – электрический заряд, а магнетизму – магнитный заряд.

Но если с электрическим зарядом была определенная ясность, то с магнитным оставались проблемы. Магнитный заряд не обнаружен в свободном состоянии экспериментально. Магнетизм проявляется только в связанном дипольном виде. Это экспериментальный факт. Пока теория связывала появление электромагнетизма с динамическим электричеством, то есть с током, самостоятельность магнитного заряда была второстепенным вопросом. Но это не научный подход к проблеме, когда причинность явления отбрасывается, а в принципе, именно причина явления должна выступать на первое место. Получается, что через непонятную топологию пространства, электрический ток рождает магнетизм. Чтобы убрать ненужные вопросы, необходимо знать топологию и структуру пространства-времени. Тогда становится понятным, откуда берется магнетизм. Не надо быть провидцем, чтобы разглядеть, что магнетизм принадлежит только вакууму, то есть квантованному пространству-времени.

Но если магнетизм принадлежит только квантованному пространству-времени, то и электричество, в силу симметрии уравнений Максвелла в вакууме, также должно принадлежать вакууму. Космический вакуум в понятии квантованного пространства-времени должен быть носителем магнетизма и электричества одновременно, то есть должен быть носителем магнетизма и электричества одновременно, самостоятельной субстанции, проявляющей свои электромагнитные свойства. Таким образом, анализ современного состояния теории электромагнетизма и теоретические, ее нестыковки с экспериментальными фактами, логически подводят физику к введению самостоятельного носителя электромагнетизма. Для этого необходимо объединить электричество и магнетизм в единую субстанцию, носителем которого, как это будет показано в дальнейшем, является квантон – квант пространства-времени. То, что квантон является реальной частицей,

носителем электромагнетизма в вакууме, косвенно подтверждают все электромагнитные процессы в вакууме. Вакуум ведет себя как электромагнитная среда, при поляризации проявляя электрические и магнитные свойства. Так диэлектрическая среда при электрической поляризации проявляет свои диэлектрические свойства, характеризуясь диэлектрической проницаемостью. Магнитная среда при магнитной поляризации проявляет свои магнитные свойства, характеризуясь магнитной проницаемостью.

Естественно, что процессы электрической и магнитной поляризации идут через вакуум, который представляет собой объединенную электромагнитную среду, характеризуясь электрическими и магнитными параметрами (константами ϵ_0 и μ_0).

Способность вакуума к электромагнитной поляризации позволяет раскрыть структуру квантона. В равновесном состоянии это должна быть электрически- и магнитно-нейтральная частица, электрические и магнитные свойства которой проявляются при нарушении электрического и магнитного равновесия, то есть при электромагнитной поляризации. Это возможно только в одном случае, если квантон включает в себя два диполя: электрический и магнитный, связывая электричество и магнетизм в единую субстанцию. Но чтобы получить два диполя, входящие в структуру квантона, необходимы электрические и магнитные заряды положительной и отрицательной полярности, составляющие диполи.

Второй зацепкой на пути экспериментального обоснования того, что космический вакуум имеет структуру, которая является носителем электромагнетизма была статья Д.И. Менделеева «Попытка химического понимания мирового эфира», написанная в октябре 1902 года, в которой он впервые представил нулевой ряд и нулевую группу в таблице химических элементов. Как ученый Менделеев осознавал, что в основе всех элементов должна находиться неизвестная науке первородная материя. Но что это за материя? На тот момент эфир был единственным кандидатом на эту роль. Как полагал Менделеев, в фундаментальном плане, нулевой элемент важнее всех остальных, поскольку формирует всю таблицу элементов. После Менделеева нулевой ряд и нулевую группу незаслуженно изъяли из таблицы элементов, вопреки воли ее автора.

С позиций химии квантон является составной и неразрывной частью нулевого элемента таблицы Д.И. Менделеева, непосредственно участвуя в формировании главных элементарных частиц: электрона, позитрона, фотона, протона, нейтрона, нейтрино и остальных. А уже из протона и электрона далее строим атом водорода. Добавляем к этому нейтрон и получаем дейтрон (дейтерий) и так далее, формируя всю таблицу остальных химических элементов.

Все эксперименты показывают, что эфир в виде весомой, пусть очень разряженной материи не существует в природе. Но это не означает, что в природе не существует неизвестная нам полевая, в виде невесомого поля, материя, образующая космический вакуум. И это понял Эйнштейн, правильно заменив устаревший эфир новой субстанцией – четырехмерным

пространством-временем, как неким полем, объединив пространство и время в единый континуум в общей теории относительности (ОТО). Он показал, что в основе гравитации лежит геометрическое искривление четырехмерного пространства-времени. Попытка объединить в рамках ОТО гравитацию с электромагнетизмом ему не удалась.

Сейчас открыты уже 114...118 элементы, которые короткоживущие. Но полного понимания структуры элементарных частиц, и особенно нуклонов, не существует, как и понимания природы ядерных сил, действующих между нуклонами внутри атомного ядра. Квантовая хромодинамика (КХД), якобы отвечающая за природу ядерных сил, породила больше нерешенных проблем, чем дала ответов. Да и природу валентных связей, валентных электронов мы понимаем не до конца. Уровень волновой (квантовой) механики ограничен вероятностными параметрами. Но «Бог не играет в кости» - говорил Эйнштейн.

Эйнштейн ограничил ОТО чисто геометрическими представлениями. Чтобы перейти от геометрии к квантовой физике, необходимы физические частицы: кванты пространства-времени. Чтобы раскрыть структуру такого кванта (квантона) Леонов исходил из того, что природа рациональна и обходится минимальными средствами. Для этого требуется всего четыре координатных точки – 1, 2, 3, 4. Одна точка – просто точка, две точки позволяют провести линию, три – накрыть поверхность, четыре – выделить объем в виде тетраэдра. Четыре координатных точки – это геометрия. При переходе от геометрии к физике, точки необходимо заменить физическими объектами - частицами.

Эти четыре частицы запланировала сама природа в виде четырех невесомых (не имеющих массы) монополярных целых зарядов-кварков: двух электрических ($+1e$ и $-1e$) и двух магнитных ($+1g$ и $-1g$), связанных внутри электромагнитного квадруполь.

Так, реалии магнитного заряда, как и электрического, нашли свое воплощение в структуре квантона. Исходные кирпичики материи принято называть кварками. Это невесомые частицы, не имеющие массы и являющиеся только носителями зарядов. Чтобы составить квантон необходимо всего четыре кварка, то есть четыре элементарных заряда: два электрических ($+1e$ и $-1e$) и два магнитных ($+1g$ и $-1g$). Чтобы связать электричество и магнетизм внутри квантона в единую субстанцию потребовалось введение сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ), носителем которого является квантон. Без реалий СЭВ электромагнитная субстанция существовать не может.

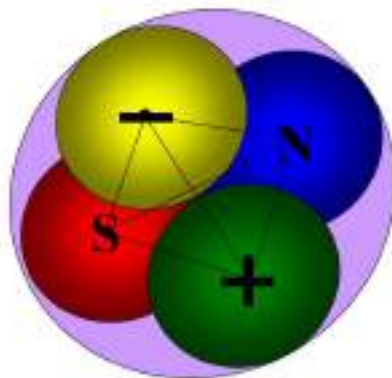


Рис. 2 Схематичное представление квантона пространства-времени (квантона) в виде электромагнитного квадруполя.

На рис. 2 схематично представлена структура квантона, включающая четыре кварка, которые для наглядности выделены различным цветом и обозначены: электрические (+ и -) и магнитные (N и S). Частица, включающая в себя четыре указанных заряда-кварка, представляет собой электромагнитный квадруполь, ранее неизвестный в теории электромагнетизма. Квантон представляет собой полевую форму невесомой материи, являясь носителем электромагнетизма и сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ).

На рис. 3 схематично представлена структура квантованного пространства-времени в результате электромагнитного квантования при заполнении объема квантонами. В состоянии равновесия – это нейтральная среда, обладающая электрическими и магнитными свойствами, которые проявляются в результате электромагнитного возмущения (поляризации).

Квантоны, обладая способностью сцепляться между собой противоположными по знаку зарядами, формируют упругую квантованную среду (УКС), являющуюся носителем сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ). Теперь становится понятным, что квантон является универсальной частицей, не только носителем электромагнетизма, но и носителем пространства-времени, занимая определенный объем. При этом само время заключено в квантоне, который представляет собой объемный электромагнитный резонатор, задавая темп хода пространственным часам. В каждой точке пространства тикают свои часы. Естественно, что при сжатии квантона темп хода увеличивается, а при растяжении уменьшается. Это обосновал еще Эйнштейн, установив замедление времени в области сильных гравитационных полей, связанных с растяжением квантонов во внешней области деформированного пространства-времени. Гравитация возникает при деформации (искривлении по Эйнштейну) квантованного пространства-времени, как вторичное проявление сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ).

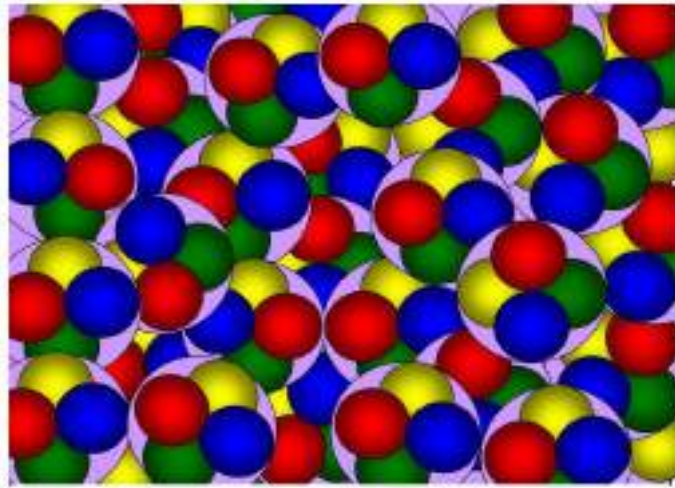


Рис. 3. Схематическое представление структуры квантового пространства-времени в результате его электромагнитного квантования.

Таким образом, введение в физику кванта пространства-времени (квантона) позволило произвести первый этап объединения электричества и магнетизма в самостоятельную субстанцию – электромагнетизм, а затем представить квантон носителем времени и пространства в результате его электромагнитного квантования. За этим последовало открытие того, что одновременно квантон является носителем гравитации, которая проявляется в результате деформации (искривления) квантованного пространства-времени. В основе гравитации, как и электромагнетизма, также лежит сверхсильное электромагнитное взаимодействие (СЭВ).

Оказалось, что квантон действительно является универсальной объединяющей частицей, и как показывают все теоретические и экспериментальные факты, квантон не противоречит им, давая в руки ученого мощный инструмент исследования материи.

Расчетный диаметр квантона и дискретность квантованного пространства-времени – порядка 10^{-25} м. Если бы удалось заглянуть в область ультрамикромра квантонов, то увидели бы, что квантоны подвержены флуктуации. Эти хаотические колебания квантонов подобны кипению. Возможно, эти флуктуации и задают тон реликтовому излучению, и оно является не как остаточный отголосок Большого взрыва, а есть естественный флуктуационный фон квантованного пространства-времени.

Благодаря тетраэдрической расстановке зарядов внутри квантона, квантованная структура пространства-времени имеет тот минимальный уровень хаоса, который исключает в пространстве выделение определенного электрического или магнитного направления, то есть исключает анизотропию. При этом электрические и магнитные заряды уравнивают друг друга. Поэтому в области макромира пространство-время воспринимается как однородная, изотропная и нейтральная среда.

Квантованное пространство-время – это и есть невесомая первородная электромагнитная дискретная материя, пока свободная от вещества (элементарных частиц и химических элементов). И как показано в теории Суперобъединения квантованное пространство-время является носителем сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ), той фундаментальной пятой силы (Суперсилы) с энергоемкостью порядка 10^{73} Дж/м³.

Рождение Электрона (Позитрона)

Рассмотрим, как в вакууме рождается электрон (позитрон). Для этого мысленно поместим в квантованное пространство-время целый электрический кварк. Под действием пондеромоторных сил квантоны начинают стягиваться к центральному электрическому заряду-кварку, сферически деформируя (искривляя по Эйнштейну) квантованное пространство-время, формируя гравитационное поле частицы и его массу. Энергия деформации эквивалентна массе рождаемой частицы.

Движение частицы – это есть волновой перенос ее сферической деформации (массы), впервые показывая причины фундаментального принципа корпускулярно-волнового дуализма, когда частица одновременно проявляет свои волновые и корпускулярные свойства. Волновые свойства положены в основу волновой механики и квантовой теории, которая из вероятностной теперь становится детерминированной.

Формирование нуклонов и их массы отличаются от процесса рождения электронов и позитронов. У нуклонов из электрических кварков вначале формируется знакопеременная оболочка, обладающая свойством сферически деформировать (искривлять) квантованное пространство-время.

В теории Суперобъединения впервые приведен механизм формирования массы у элементарной частицы в результате сферической деформации квантованного пространства. Гравитация начинается с формирования массы. Это полностью согласуется с концепцией гравитации Эйнштейна искривленного пространства-времени. Поскольку квантованное пространство-время представляет собой электромагнитное поле СЭВ, то энергия упругой сферической деформации поля СЭВ представляет массу как энергетический сгусток. Правильно было бы оценивать массу в единицах энергии (в эВ, Дж), как это делается в физике элементарных частиц. Но исторически сложилось так, что изначальная масса оценивалась величиной веса в поле земного тяготения, а потом как мера инертности масса была представлена в системе СИ в кг. Коэффициент C^2 в формуле mC^2 имеет размерность Дж/кг = м²/с², определяя эквивалентность измерения массы в различных единицах. Ошибкой было рассматривать массу как изолированный объект, когда на самом деле масса оказалась неразрывной частью сферически деформированного квантованного пространства-времени. Поэтому движение массы есть волновой перенос ее сферической деформации

в квантованном пространстве-времени. Это впервые объясняет природу фундаментального принципа корпускулярно-волнового дуализма, когда частица (масса) представляет собой одновременно корпускулу и волну. Вне квантованного пространства-времени масса не имеет физического смысла. Можно констатировать, что в привычном понимании массы как самостоятельного изолированного объекта в природе не существует.

Электрическая природа ядерных сил

На рис. 4 представлены оболочечные модели нуклонов. На малых расстояниях, знакопеременные оболочки нуклонов притягиваются друг другу, обеспечивая действие ядерных сил, независимо от наличия у них свободного электрического заряда. На еще меньших расстояниях у кварков внутри оболочки нуклонов обнаружены зоны антигравитационного отталкивания (рис. 5) в соответствии с принципом асимптотической свободы. Кварковая модель нуклонов получила непротиворечивое воплощение при переходе к знакопеременным оболочкам.

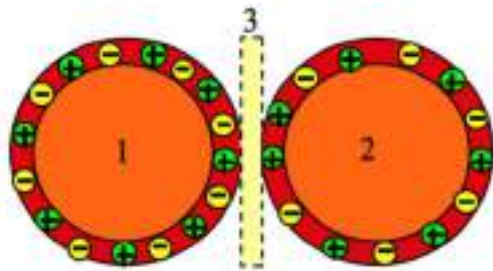


Рис.4 Схема электрического взаимодействия знакопеременных оболочек нуклонов

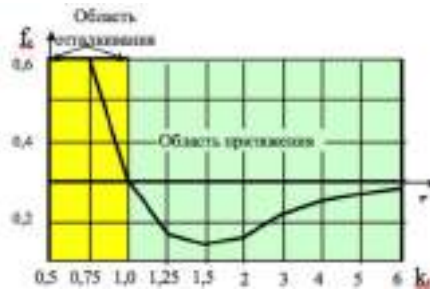


Рис.5 Изменение электрических сил отталкивания и притяжения при взаимодействии оболочек нуклонов как функция $f_r(k_r)$

Напомню, что Максвелл, записывая уравнения электромагнитного поля в вакууме, опирался на реалии светоносной среды, называя среду электромагнитным эфиром. Максвелл записал свои уравнения, не представив их аналитического вывода. Ниже запишем уравнения Максвелла в современном представлении в вакууме для напряженности электрического \mathbf{E} и магнитного \mathbf{H} полей и плотностей токов электрического \mathbf{j}_e и магнитного \mathbf{j}_g смещения:

$$\mathbf{j}_e = \text{rot}\mathbf{H} = \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}_x}{\partial t}$$

$$\mathbf{j}_g = \frac{1}{\mu_0} \text{rot}\mathbf{E} = \frac{\partial \mathbf{H}_y}{\partial t}$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная вакуума;
 μ_0 – магнитная постоянная вакуума;

Именно роторный характер уравнений позволил в последствии отказаться от светоносной среды, полагая, что ротор магнитного поля порождает ротор электрического, и наоборот, обеспечивая перенос электромагнитной волны в вакууме. Казалось, что электромагнитная волна представляет собой самостоятельную субстанцию, которой не требуется дополнительный носитель в виде светоносной среды. Но экспериментально в электромагнитной волне в вакууме не обнаружены роторы и, кроме того, векторы электрического \mathbf{E}_x магнитного \mathbf{H}_y полей существуют одновременно (рис. 1). Это означает, что ротор магнитного поля не может порождать ротор электрического, и наоборот. Получить аналитический вывод уравнений Максвелла и устранить возникшие ошибки, впервые удалось в теории Суперобъединения, анализируя электромагнитную поляризацию квантонов в квантованном пространстве-времени, что квантон находится внутри квантованного пространства-времени, все остальные квантоны также находятся в электромагнитном равновесии. Внешнего проявления электрического и магнитного полей не наблюдается. Электрические и магнитные оси квантона ортогональны друг другу.

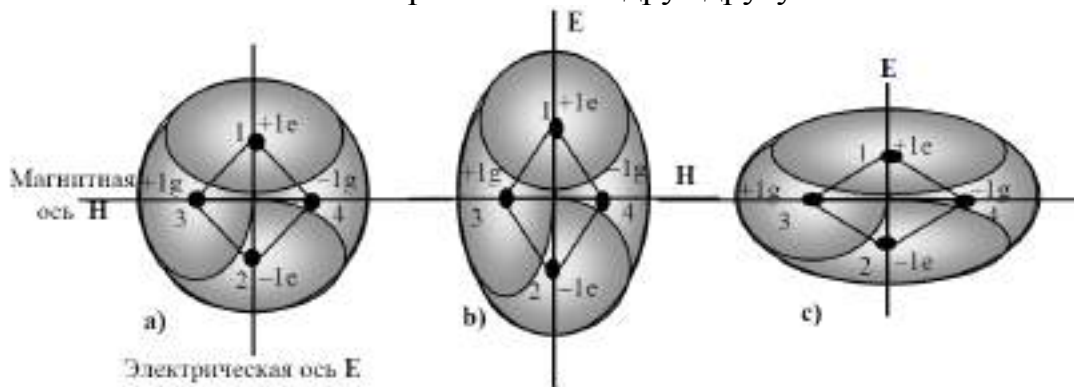


Рис. 6 Электромагнитная поляризация квантона при прохождении электромагнитной волны

При прохождении электромагнитной волны происходит электромагнитная поляризация квантона и нарушение его электромагнитного равновесия. На рис. 6 б показано, что в этом случае, электрические заряды внутри квантона смещаются от равновесия, растягивая квантон по электрической оси, и одновременно смещаются магнитные заряды, сжимая квантон по магнитной оси, и наоборот (рис. 6с). Одновременное смещение зарядов приводит к нарушению электрического и магнитного равновесия среды и возникновению внешнего электрического \mathbf{E}_x магнитного \mathbf{H}_y полей, векторы напряженности которых, существуют одновременно, при этом остаются ортогональными друг другу $\mathbf{E} \perp \mathbf{H}$. Это полностью соответствует характеру электромагнитной волны в вакууме (рис. 1). Смещение электрических и магнитных зарядов внутри квантона ведет к реализам токов электрического и магнитного смещения в вакууме. В теории Суперобъединения вопросы прохождения электромагнитной волны через квантованное пространство-время рассмотрены очень обстоятельно и впервые получен аналитический вывод уравнений Максвелла, который для

вакуума сводятся к одному векторному и безроторному уравнению, связывающему между собой три ортогональных вектора: \mathbf{E} , \mathbf{H} , \mathbf{C} (где \mathbf{C} – вектор скорости света) (рис. 1): $\epsilon_0 \text{rot } \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{H}}$

Таким образом, анализ электромагнитного возмущения квантованного пространства-времени доказывает, что оно является реальной светоносной средой, без которой невозможно распространение электромагнитных волн. И чтобы быть более убедительным, рассмотрим двухроторную структуру фотона, которая вытекает из релятивистских роторных уравнений Максвелла.

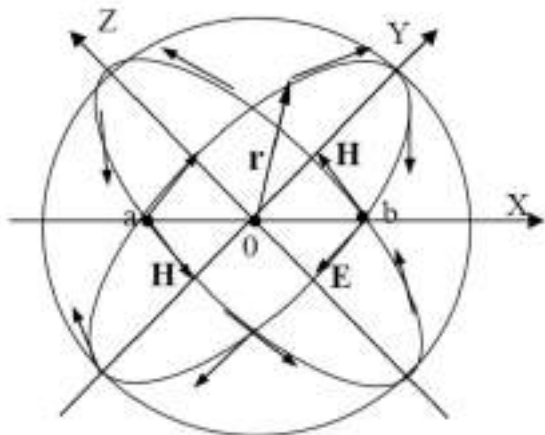


Рис.7. Одновременная циркуляция векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} по сфере электромагнитной волны в ортогональных сечениях.

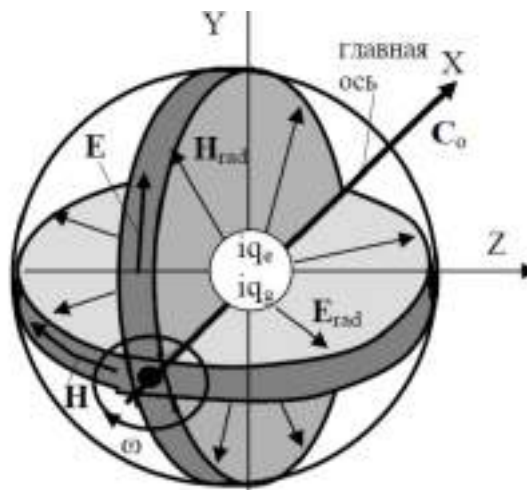


Рис. 8. Двухроторная структура низкоэнергетического фотона излучаемого орбитальным электроном.

Роторы в электромагнитной волне все же существуют, но существуют они одновременно на волновой сфере:

$$\mu_0 \text{rot } \mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{E}$$

На рис. 7 представлена схема одновременной циркуляции векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} в виде роторов по сфере электромагнитной волны в ортогональных сечениях. Источник сферической электромагнитной волны расположен в центре O . Любые два ортогональных сечения сферы волны дают две диагональные точки a и b , координаты которых произвольны. В точках a и b векторы \mathbf{E} и \mathbf{H} ортогональны друг другу, а сами роторы циркулируют в ортогональных плоскостях ZOX и YOX . Причем, какие бы произвольные координаты диагональных точек a и b не были заданы на сфере волны, картина электромагнитного поля сферической волны будет представлена схемой (рис. 7) для произвольно повернутого рисунка в пространстве.

На рис. 8 представлена двухроторная структура низкоэнергетического фотона, излучаемого орбитальным электроном, когда диаметр фотона равен длине волны его электромагнитного поля. Структура фотона формируется в момент излучения релятивистского электрона на скорости близкой к скорости света. Двухроторное излучение (рис. 7) электрона в релятивистской области не может создавать расширяющуюся сферическую волну. В соответствии с законами релятивизма происходит замораживание

сферической волны на скорости света. Волна не раздувается, превращаясь в релятивистскую волновую частицу - фотон. Следует отметить, что два ортогональных ротора фотона электрический и магнитный образуют идеальную гироскопическую систему, обеспечивающую направленное движение фотона в квантованном пространстве-времени в направлении главной оси.

Частотный параметр $f_0 = \frac{C_0}{L_{q0}} = 4 \cdot 10^{33}$ определяет пропускную способность квантона при прохождении через него электромагнитной волны со скоростью C_0 , устанавливая временную задержку в $T_0=2,5 \cdot 10^{-34}$ с на квантоне. Если время T_0 будет больше $2,5 \cdot 10^{-34}$ с на длине L_{q0} , то это приведет к рассогласованию скорости и частотного параметра f_0 . Чтобы это не произошло, резонансная частота квантона полностью совпадает с частотой C_0 определяющей прохождение электромагнитной волны через квантон. Именно резонансная частота собственных колебаний квантона устанавливает скорость света в вакууме.

Диаметр квантона определяет минимальную длину $\lambda = L_{q0} = 0,74 \cdot 10^{-25}$ м электромагнитной волны, которая возможна в вакууме.

Величина емкости и индуктивности квантона:

$$C_e = 4\pi\epsilon_0 r_k = \frac{1}{2\pi} \epsilon_0 L_{q0} = 10^{-37} \text{ Ф};$$

$$L_g = 4\pi \mu_0 r_k = \frac{1}{2\pi} \mu_0 L_{q0} = 1,5 \cdot 10^{-32} \text{ Гн}.$$

Находим волновое сопротивление Z_0 квантона:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_g}{C_e}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \text{ Ом}$$

Таким образом, В.С. Леонов доказал, что в основе мироздания, а значит и в периодической системе элементов Менделеева природой положены две частицы (квантон и кваркон) представляющие в паре нулевой элемент первородной материи, из которой состоит все многообразие живой и неживой природы во Вселенной и сама Вселенная.

Нулевой ряд таблицы (ряд 0) и нулевая группа (группа 0) разбиты на две подгруппы (01 и 02). Подгруппа 01 включает **квантон (Q_n)**. Подгруппа 02 включает **кваркон (Q_r)**. Масса нулевого элемента нулевая 0,000 (там нет еще гравитации). Приведен кварковый состав для Q_n ($\pm e$ и $\pm g$) и Q_r ($\pm e$). Расчет энергии частиц приведен в теории Суперобъединения.

Нулевой элемент таблицы Менделеева
квантон-кваркон(Q_n, Q_r)

| Ряд | Группа | О |
|---------|-------------|----------------|
| 0 | 01 | стабилен |
| | Q_n | масса 0,000 |
| | | кварк |
| | | кваркон |
| | 02 | нестабильн |
| | | Q_r |
| кварк | | |
| кваркон | W=0,511 МэВ | |

Объединенный нулевой элемент - кварконий

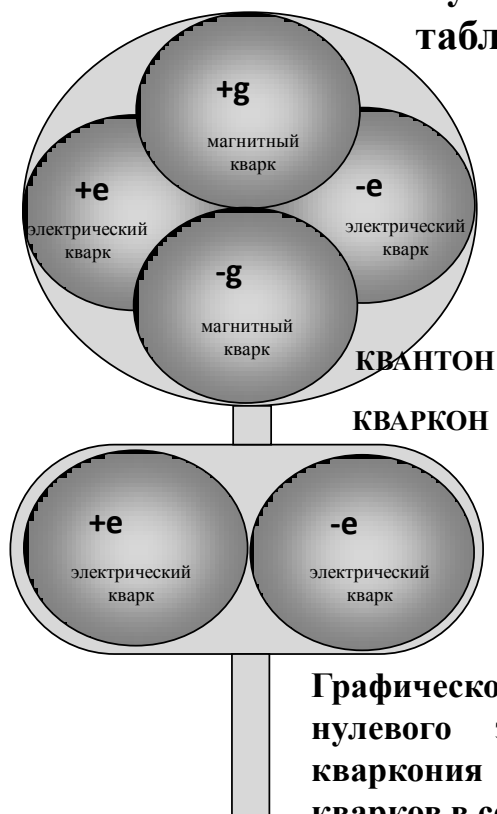
Представленный нулевой элемент в виде двойной частицы квантон-кваркон отражает физическую сущность первородной материи, но с позиций химических элементов требуется определенная формализация, когда дуализм квантона и кваркона необходимо представить в виде единого образования с названием, например, «кварконий» с символическим обозначением Q_n^r :

Кварконий $-Q_n^r$

То есть **кварконий** – это символический элемент, состоящий только из кварков ($\pm 2e$ и $\pm g$) в составе квантона и кваркона. В обозначении кваркония Q_n^r индекс **n** относится к квантону, а индекс **r** – к кваркону.

КВАРКОНИЙ

Нулевой символический элемент таблицы Менделеева Кварконий



| Ряд | Группа 0 |
|-----|---|
| 0 | <p>0</p> <p>$+2e$ К $-2e$ В $+1g$ а $-1g$ р к и</p> <p>Q Г масса n 0,000</p> <p>Кварконий</p> |

Графическое представление символического нулевого элемента таблицы Менделеева кваркония в виде энергетического креста из кварков в составе квантона и кваркона.

Выводы

1. Теория сверхсильного электромагнитного взаимодействия устранила ошибку трактовки свойств мирового эфира, который рассматривали как некую газоподобную весомую среду в виде очень разреженной вещественной материи, предполагая, что Земля летит сквозь механистический газоподобный эфир и не увлекает его за собой; при этом газоподобному эфиру неправомерно приписывали свойства светоносной среды.

2. Теория сверхсильного электромагнитного взаимодействия предлагает восстановить нулевой элемент Ньютоний, нулевой ряд и нулевую группу в таблице Менделеева, который был исключен из таблицы элементов, вопреки идеи самого автора.

3. Теория сверхсильного электромагнитного взаимодействия указывает на ошибку рассматривать массу как изолированный объект, когда на самом деле масса является неразрывной частью сферически деформированного квантованного пространства-времени, а движение массы есть волновой перенос ее сферической деформации в квантованном пространстве-времени. Это впервые объясняет природу фундаментального принципа корпускулярно-волнового дуализма, когда частица (масса) представляет собой одновременно корпускулу и волну. Вне квантованного пространства-времени масса не имеет физического смысла. Необходимо констатировать,

что в привычном понимании массы как самостоятельного изолированного объекта в природе не существует.

4. Единственным источником энергии во вселенной служит сверхсильное электромагнитное взаимодействие (СЭВ), а все остальное, включая ядерные реакции - это лишь способы извлечения энергии СЭВ.

5. Главная задача для современных ученых и инженеров - это научиться осваивать новые экологически безопасные энергетические циклы, опираясь на колоссальные возможности теории Суперобъединения и новые экспериментальные факты.

Заключение

Впервые теория Суперобъединения дает научное обоснование такому уникальному явлению как процесс формирования массы у элементарных частиц в результате сферической деформации квантованного пространства-времени. Масса – это энергетический сгусток квантованного пространства времени электромагнитного происхождения, это источник аккумулированной ранее энергии. Освобождение этой энергии идет через механизм преобразования массы в виде дефекта массы в фотонное электромагнитное излучение, представляя основу тепловой энергетики.

Одновременно теория Суперобъединения объясняет наблюдаемые экспериментальные эффекты в космологии (темная энергия и темная материя) с единых позиций искривления (деформации) квантованного пространства-времени. Причем это деформация квантованного пространства-времени не всегда связана с гравитирующими массами, как в случае темной материи и темной энергии. То, что квантованное пространство-время может быть искривлено без участия гравитирующей массы, создавая градиентные силы, может быть использовано в аппаратах по созданию искусственного тяготения (силы тяги).

Основное назначение новых знаний, которые дает теория Суперобъединения – это развитие принципиально новых энергетических и космических технологий. Установлено, что единственным источником глобальной энергии во Вселенной является квантованное пространство-время в виде сверхсильного электромагнитного взаимодействия (СЭВ). Это пятое фундаментальное взаимодействие ранее неизвестное науке, объединяет с единых позиций гравитацию, электромагнетизм, ядерные и электрослабые силы и открывает новое направление в энергетике – Квантовую энергетику.

Литература:

1. В.С. Леонов - Квантовая энергетика 1 том. Теория Суперобъединения, СПб.: 2017г.
2. Д.И Менделеев. - Попытка химического понимания мирового эфира. СПб.:1905 г.

Глухов Андрей Борисович,
инженер-конструктор
ОГТ №56

Наставник
Шадрин Александр Владимирович,
начальник бюро разработки приспособлений

«Разработка и производство вендинговых аппаратов, для повышения доли продукции гражданского назначения на предприятии»

Введение

Согласно данным организации НПО «Конверсия», специализирующейся на выявлении потребностей рынка, поиске направлений и возможностей для продвижения и реализации продукции предприятий ОПК гражданского назначения, пик нагрузки на предприятия ОПК в рамках гос. оборон. заказа придется на 2018-2020 гг. В дальнейшем даже если ГОЗ будет оставаться на прежнем уровне, инфляция не позволит предприятиям ОПК получать гарантированно высокую прибыль. Диверсификация производства становится единственной возможностью для выживания в условиях неминуемого сокращения объемов гос. оборон. заказа, что подразумевает использование наработанных компетенций и существующей технологической базы с целью выпуска на предприятии продукции гражданского или двойного назначения. Также это способ минимизировать риск зависимости от одного профиля заказов, увеличить прибыль вне зависимости от трендов отрасли, занять более прочное положение на рынке. Производство вендинговых автоматов на АО «СРЗ» позволит нарастить долю продукции гражданского назначения, избежать сокращения персонала в связи с уменьшением объемов ГОЗ и создать новые рабочие места, а также увеличить прибыль предприятия.

Цели и задачи проекта:

- Организация на предприятии производства вендинговых автоматов, способных конкурировать с отечественными и зарубежными аналогами;
- Нарращивание доли продукции гражданского назначения по отношению к продукции ОПК (диверсификация производства);
- Создание новых рабочих мест;
- Увеличение прибыли предприятия.

Вендинг. Перспективы вендинга в России

Вендинг - это продажа товаров и услуг с помощью автоматизированных систем (торговых автоматов). Вендинг получил широкое распространение в мире как удобный и не очень требовательный способ вести торговлю или оказывать услуги, имеет различные направления и практически уместен во всех коммерческих сферах и сферах жизни общества.

Перспективы вендинга в России

К вопросу о потенциале российской отрасли вендинга можно привести следующую статистику:

- европейские рынки развитых стран в общей сумме насчитывают около 5 млн. торговых автоматов,
- рынок вендинга в США подбирается к отметке в 8 млн. вендинговых машин (в Штатах 1 вендинговый автомат на 40 жителей),
- в стране вендинга - Японии, эти цифры приближаются к 6 млн. аппаратов, но плотность вендинг-машин на японскую душу населения 1 на 20 жителей!

По данным Российского информационного агентства и Национальной ассоциации автоматизированной торговли (НААТ), приведенным на 31 августа 2018г в России функционирует 217 тыс. торговых автоматов: 21% из них приходится на Москву и Санкт-Петербург. Это количество в пять раз ниже, чем, например, в Италии, где функционирует около 1,1 млн. аппаратов. Торговых автоматов у нас будет становиться больше, потому что культура потребления меняется: покупатели все больше стремятся к самообслуживанию. В перспективе четырех лет, учитывая текущие темпы роста, автоматы заменят 30% киосков в крупных городах.

Кроме того, нужно сказать, что к вендингу можно отнести все установки, связанные с автоматизированными системами самообслуживания: информационные киоски, велопарковки, автоматизированные мойки и прачечные самообслуживания – т.е. все те сферы, в которых мы получаем услуги или товары, не прибегая к помощи продавцов. И в этом смысле наш российский рынок пока далек от насыщения.

Предположив перспективу роста рынка вендинговой торговли в России в 10-кратном объеме, определим потребность рынка в торговых автоматах, которая составит 1953000 шт. Емкость рынка в денежном выражении составит 140,62 млрд. руб., при стоимости аппарата 72000 руб. (стоимость аппарата-прототипа, исследуемого в докладе).

Конструкторско-исследовательская часть

Для изучения возможности проектирования и производства на предприятии торговых автоматов был взят автомат отечественного производства по продаже штучного товара SMGRAND. Цена на рынке в минимальной комплектации стартует от отметки 72000 руб. Автомат предназначен для хранения и розничной продажи предварительно упакованных продуктов и напитков, а также для продажи штучной продукции различных назначений.

Некоторые виды товаров:

- Напитки в пластиковых бутылках, алюминиевых банках, упаковке TetraPack;
- Снеки в герметичной упаковке;
- Контактные линзы;
- Косметика;
- Чулки;
- Детские игрушки;
- Лампочки;
- Медикаменты;
- Парфюмерия;
- Канцелярские товары и т.д.

Ограничения по видам продаваемых товаров идут только в размерах и не подходящей упаковке продукции.

Технические характеристики

Габариты (ШхДхВ): 790х290х1500 мм.

Вес: 60 кг.

Питание автомата осуществляется от сети однофазного переменного тока напряжением ~220 В и частотой 50 Гц.

Автомат обеспечивает выполнение программы при изменении напряжения сети питания от 198 В до 242 В.

Потребляемая мощность – не более 700 Вт. Потребление электроэнергии 0,5 кВт · ч.

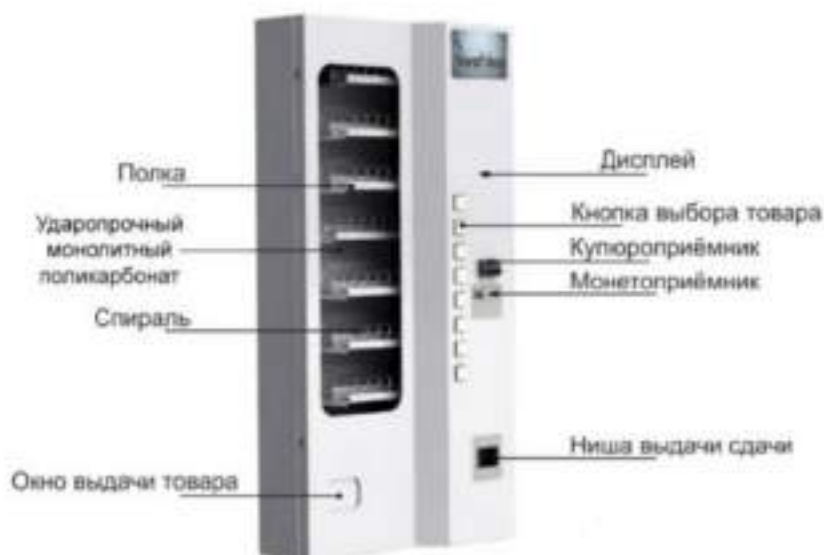


Рисунок 1. Внешний вид автомата SMGRAND

Автомат изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для эксплуатации при рабочих значениях температуры окружающего воздуха от +1°C до +35°C, относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 25°C, атмосферном давлении 631 мм рт. ст.

Автомат по способу защиты от поражения электрическим током соответствует классу I по ГОСТ Р 52161.1-2004 (МЭК 60335-1: 2001).

Конструкция автомата обеспечивает защиту от проникновения твердых предметов и воды по коду IP30 ГОСТ 14254-96 в местах, находящихся под электрическим током. В остальных случаях степень защиты – IP20.

Описание автомата:

Автомат состоит из двери и корпуса. Дверь автомата закрывается двумя замками. На двери автомата расположено стекло, за которым находится товарный отсек; справа от стекла вертикально расположены 8 кнопок, каждая из которых предназначена для одного вида товара, загруженного на полку. Над кнопками расположен дисплей (панель управления); внизу расположен купюроприёмник; под ним монетоприёмник; затем ниша выдачи сдачи; с противоположной стороны от которой находится окно выдачи товара. Если что-то из перечисленного не входит в комплект, на месте его расположения ставится заглушка.

Корпус автомата состоит из: товарного отсека, отсека выдачи товара, панели управления (снаружи дисплей), купюроприёмника, монетоприёмника, ниши выдачи сдачи, бокса для монет и купюр, выключателя и предохранителя.

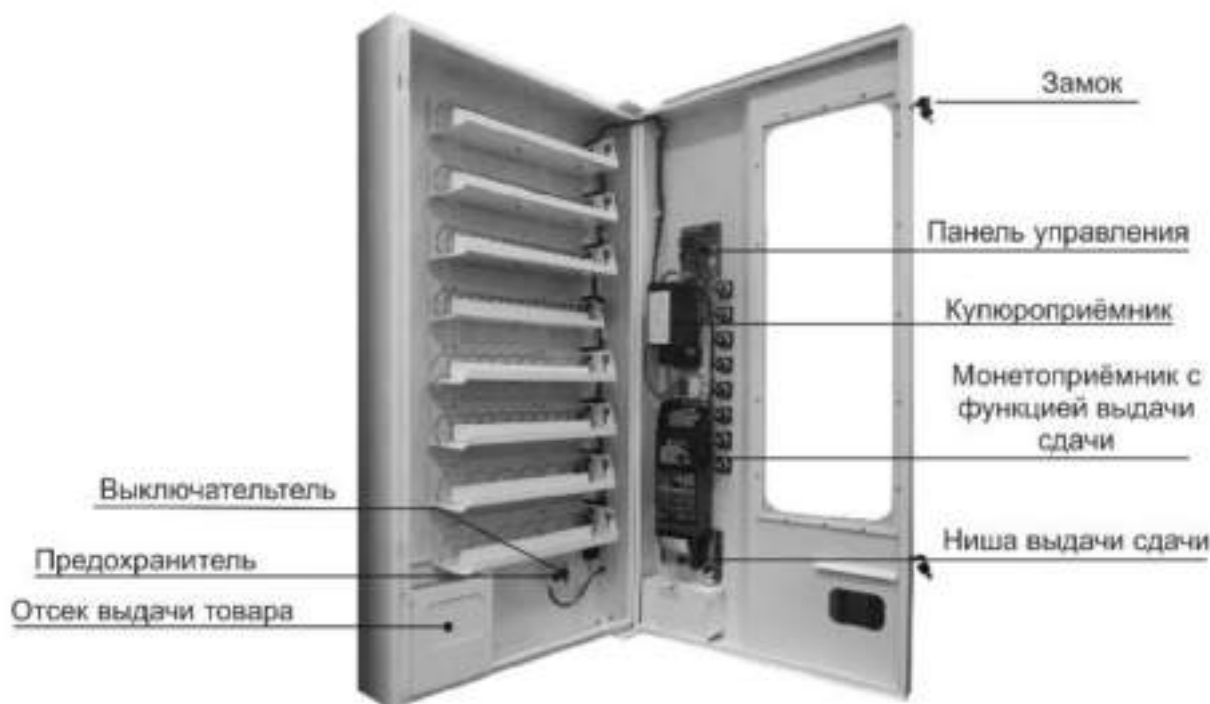


Рисунок 2. Внешний вид торгового автомата SMGRAND с открытой дверью.

Товарный отсек находится в корпусе автомата. Он занимает наибольший объем автомата. Габариты автомата позволяют установить до 8-и полок.

Конструкция крепления полок универсальна. Полки съёмные. Их можно размещать на разной высоте друг от друга, в зависимости от габаритов продаваемой продукции.

При проектировании аппарата купюроприемник, монетоприемник принимаются как покупные сертифицированные изделия.

Средняя наработка на отказ автомата составляет не менее 8000 часов. Средний срок службы автомата до списания (ресурс) составляет не менее 8 лет.

Принцип действия автомата

После выбора товара с клавиатуры, получения автоматом денежной суммы, соответствующей прейскуранту на товар и после нажатия на кнопку, подтверждающего выбор определенного товара, начинается процедура выдачи товара.

Электродвигатель, приводящий в движение спираль, в которой размещается товар, делает один полный оборот (360°), подавая товар в лоток.

Далее потребитель нажимает на дверцу лотка для товара, чтобы получить товар.

Расчет стоимости проектирования

В сотрудничестве с экономистом КТЦ был произведен предварительный расчет стоимости проектирования, исходя из объема конструкторской и технологической документации в 2000 листов формата А4, в том числе:

- Текстовые документы – 250 листов;
- Конструкторская документация – 750 листов;
- Программное обеспечение – 200 листов;
- Технологическая документация – 800 листов.

По результатам расчетов трудоемкость составила 25 чел./мес.

- Расходы на заработную плату – 1 120 000,00 руб.;
- ЕСН (единый социальный налог) – 333 760,00 руб.;
- Общехозяйственные расходы – 1 416 800,00 руб.;
- Себестоимость – 2 942 821,00 руб.

Заключение

В работе рассмотрена возможность организации на предприятии производства торговых автоматов, выявлен высокий потенциал рынка вендинговой торговли в России. При производстве 12 000 аппаратов в год (1 000 в мес.), объем выпуска продукции в денежном выражении будет равен 864 млн. руб./год, за 15 лет - 13 млрд. руб. Реализация на практике подобного производства позволит нарастить долю гражданской продукции на предприятии, создаст новые рабочие места. Учитывая перспективу развития отрасли, можно предположить, что использование наработанных компетенций и существующей технологической базы предприятия позволит

извлекать прибыль, получаемую от выпуска торговых аппаратов, в том числе и в долгосрочной перспективе.

Список используемой литературы

1. Автомат для продажи штучного товара SMMINI, SMGRAND, SMGRANDMDB, SMSLIM. Руководство по эксплуатации и обслуживанию.
2. pro-konversia.ru
3. tass.ru

Зорькина Мария Геннадьевна,
техник-конструктор
Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

Наставник
Коробейников Александр Васильевич,
ведущий инженер-программист

«Анализ стандартов сжатия видеoinформации»

Введение

С помощью зрения человек получает 90% информации об окружающем мире, поэтому переданное видео, например, сцены военных действий, будет для приемной стороны информативнее, чем ее же словесное описание. В этом же случае появляется проблема выбора видеокодека, удовлетворяющего запросам.

В этом докладе будет проведен анализ некоторых характеристик двух самых современных видеокодеков: H.264, MPEG-4 Part 10 или AVC и H.265 или HEVC, основываясь на компьютерном моделировании их работы.

H.264 будет представлен в двух его профилях: baseline и main.

Цель работы: Провести объективную оценку качества работы видеокодеков H.264 и H.265 в части сравнения их по таким характеристикам, как среднеквадратичное отклонение и пиковое отношение сигнала к шуму, а также провести субъективную оценку качества видеоизображений.

Краткий обзор стандартов сжатия видео

MPEG-4 Part 10 / H.264. Стандарт. *MPEG-4 Part 10 (ISO/IEC 14496-10, 2004 г.): Advanced Video Coding (AVC)*. Соответствует стандарту H.264. Назначение. Лицензируемый стандарт сжатия видео, предназначенный для достижения высокой степени сжатия видеопотока при сохранении высокого качества. Стандарт был разработан для эффективного кодирования и помехоустойчивой передачи видео. Повышена надежность механизма передачи видеоданных относительно предшествующего стандарта H.263. Скорость потока: 0.064-20 Мбит/с; разрешение: от 128×96 (*sub-QCIF*) до 2048×1024 (*QXGA*); частота кадров: 7.5-80 Гц.

Формат определяет три профиля сжатия. Базовый профиль (*Baseline Profile, BP*). Применяется в недорогих продуктах, требующих дополнительной устойчивости к потерям. Используется для видеоконференций и в мобильных продуктах. Включает все возможности ограниченного базового профиля. Основной профиль (*Main Profile, MP*). Применяется для цифрового телевидения стандартной четкости в трансляциях, использующих сжатие MPEG-4 в соответствии со стандартом DVB. Расширенный профиль (*Extended Profile, XP*). Предназначен для потокового видео, имеет относительно высокую степень сжатия и дополнительные возможности для повышения устойчивости к потере данных.

MPEG-H Part 2 / H.265. Стандарт. *H.265: HEVC (High Efficiency Video Coding* – высокоэффективное кодирование видеоизображений). Соответствует стандарту *MPEG-H (ISO/IEC 23008-2, 2013 г.)*. Стандарт сжатия видео, с применением более эффективных алгоритмов по сравнению с *H.264 / MPEG-4 AVC*. Стандарт разработан в связи с растущей потребностью в более высокой степени сжатия движущихся изображений для самых разных приложений, таких как потоковая передача в интернете, передача данных, связь видеоконференций, цифровые запоминающие устройства и телевизионное вещание. *H.265* является новым стандартом, а не расширением *H.264*. Видеокодеки на основе *H.265* показывают степень сжатия лучшую, чем предшествующие варианты стандартов.

Используемые видеокодеки

x264. Свободная библиотека программных компонентов для кодирования видеопотоков согласно стандарта *H.264*. Реализует только базовый (*base*) и основной (*main*) профили стандарта. Расширенный (*extended*) профиль в библиотеке не реализован. Характеризуется высокой скоростью и высокой надежностью работы. Используется в большинстве программ сжатия видео стандарта *H.264*.

x265. Свободная библиотека программных компонентов для кодирования видеопотоков согласно стандарта *H.265*. Характеризуется более низкой скоростью работы, чем библиотека *x264*, по причинам: а) алгоритмы сжатия являются более сложными; б) стандарт сжатия является новым, и библиотека сжатия находится на этапе доработки. Используется в большинстве программ сжатия видео стандарта *H.265*.

FFmpeg. Набор свободных библиотек с открытым исходным кодом, которые позволяют записывать, конвертировать и передавать цифровые аудио- и видеозаписи в различных форматах. Название происходит от названия экспертной группы *MPEG* и *FF*, означающего *fast forward* (перемотка вперед).

Критерии качества в оценке видеоизображений

Видеоизображения могут подвергаться двум видам оценки их качества: объективному и субъективному. Субъективная оценка качества представляет собой оценку видеоизображений человеком с помощью зрения. Объективная оценка качества представляет собой использование совокупности значений известных количественных метрик качества видеоизображений, в данном случае это среднеквадратичное отклонение и пиковое отношение сигнала к шуму.

Mean Squared Error (MSE) — среднеквадратичное отклонение:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |f(x,y) - \hat{f}(x,y)|^2 \quad (1)$$

Где $f(x,y)$, $\hat{f}(x,y)$ - пиксели оцениваемого и эталонного изображения, размера x и y пикселей.

Указанная метрика качества изображения заключается в сравнении с чистым, эталонным изображением (без шума, вызванного различными действиями над изображением) и выражается коэффициентом ухудшения снимка в сравнении с идеальным изображением.

Здесь проблема заключается в том, что эталонное изображение само может быть искажённым (содержать шумы или другие искажения) и результат сравнения изображений в этом случае может быть недостоверным.

Peak Signal-To-Noise Ratio (PSNR) — пиковое отношение сигнала к шуму.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |\max |f(x, y)||^2}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N |f(x, y) - \hat{f}(x, y)|^2} \quad (2)$$

Необходимо отметить, что значение PSNR не может в полной мере отражать воздействие на изображение различных видов помех, т.е. при наличии в изображении разных видов шумов его значение может оставаться постоянным, а качество изображения существенно изменяться.

Из-за наличия проблем в этих методах не следует ограничиваться только одним методом оценки качества, а также следует проводить субъективную оценку качества.

Компьютерное моделирование для анализа работы видеокодеков

Характеристики исходного файла:

Объем файла 659 МБ (691 203 035 байт);

Кадровая частота 50 fps

Характеристики ПК:

Процессор Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60Hz, ОЗУ: 8,00 Гб.



Рисунок 1 – Схема моделирования работы видеокодеков.

Производилось моделирование для анализа работы видеокодеков в части сравнения таких их характеристик, как: их реальная скорость работы [Кбит/с], MSE, PSRN. Для этого устанавливалась скорость сжатия – заданная скорость, кбит/с (табл.1), равная: 40000, 14000, 10000, 4000, 2000, 1200, 800, 400, 200 кбит/с. По окончании работы видеокодека, фиксировалась его реальная скорость. Далее, сравнивая каждый 8 кадр, высчитывались значения среднеквадратичного отклонения и пикового отношения сигнала к шуму. Данные этого эксперимента можно увидеть в табл. 1.

Таблица 1 - Параметры работы видеокодеков

| Заданная скорость, кбит/с | Кодек | Реальная скорость, кбит/с | Полученный объем, байт | MSE | PSRN |
|---------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|---------|--------|
| 40000 | X264_base | 39836.86 | 50 764 037 | 51.810 | 31.090 |
| | X264_main | 41021.81 | 49 573 219 | 48.792 | 31.458 |
| | X265 | 40338.86 | 50 548 554 | 48.876 | 31.369 |
| 14000 | X264_base | 13857.30 | 17 834 733 | 114.756 | 27.585 |
| | X264_main | 14406.13 | 17 307 957 | 93.654 | 28.553 |
| | X265 | 14086.23 | 17 679 306 | 88.007 | 28.831 |
| 10000 | X264_base | 9912.44 | 12 772 913 | 140.650 | 26.692 |
| | X264_main | 10311.39 | 12 392 190 | 110.248 | 27.822 |
| | X265 | 10049.66 | 12 591 247 | 102.941 | 28.140 |
| 4000 | X264_base | 4007.58 | 5 171 247 | 240.061 | 24.352 |
| | X264_main | 4164.42 | 5 020 114 | 171.374 | 25.860 |
| | X265 | 4023 | 5 061 137 | 149.515 | 26.464 |
| 2000 | X264_base | 2020.00 | 2 595 095 | 357.509 | 22.619 |
| | X264_main | 2081.09 | 2 534 927 | 254.814 | 24.116 |
| | X265 | 2015.90 | 2 533 969 | 196.472 | 25.245 |
| 1200 | X264_base | 1211.94 | 1 548 174 | 477.473 | 21.361 |
| | X264_main | 1237.89 | 1 523 384 | 352.576 | 22.692 |
| | X265 | 1212.98 | 1 520 084 | 242.105 | 24.317 |
| 800 | X264_base | 806.17 | 1 010 385 | 591.039 | 20.433 |
| | X264_main | 808.12 | 1 015 070 | 457.662 | 21.552 |
| | X265 | 806.97 | 1 012 577 | 286.575 | 23.570 |
| 400 | X264_base | 409.78 | 463 195 | 764.252 | 19.323 |
| | X264_main | 376.20 | 519 046 | 618.472 | 20.234 |
| | X265 | 367.35 | 463 052 | 420.171 | 21.912 |
| 200 | X264_base | 207.30 | 254 537 | 935.682 | 18.455 |
| | X264_main | 202.60 | 262 514 | 756.626 | 19.362 |
| | X265 | 408.73 | 536 464 | 428.534 | 21.828 |

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что кодеки x264 в профиле main и base показывают примерно одинаковые результаты. Работа кодека x265 оказалась лучше в объективной оценке качества.

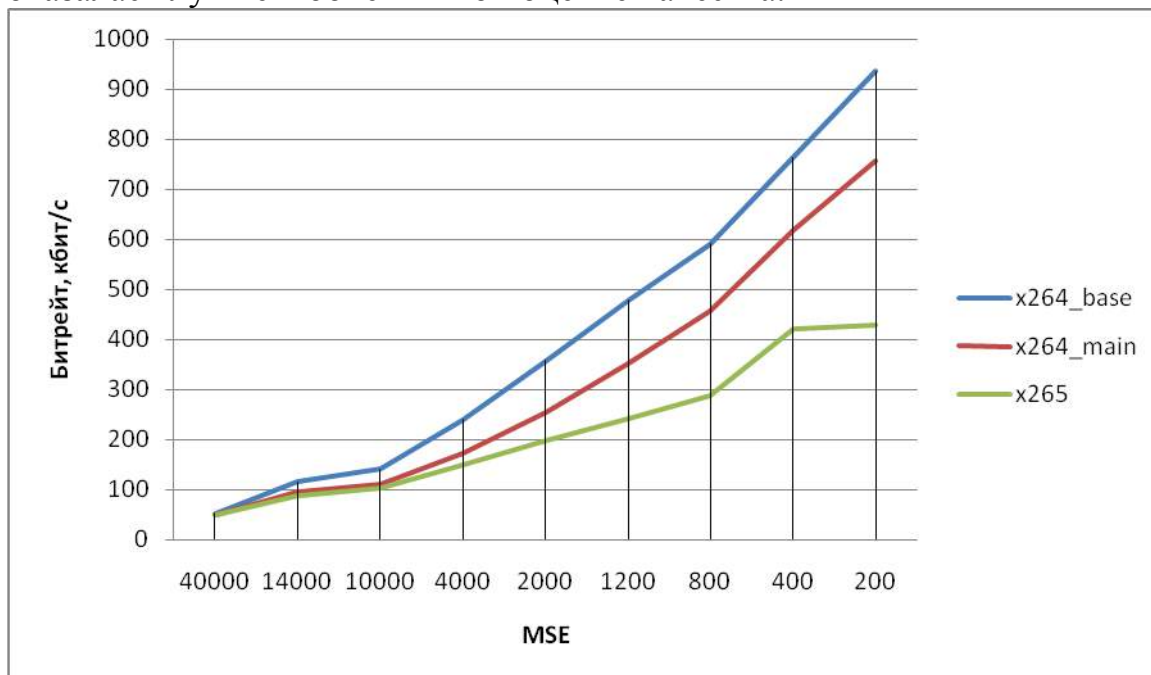


Рисунок 2 – График зависимости MSE от заданной скорости работы видеокодеков.

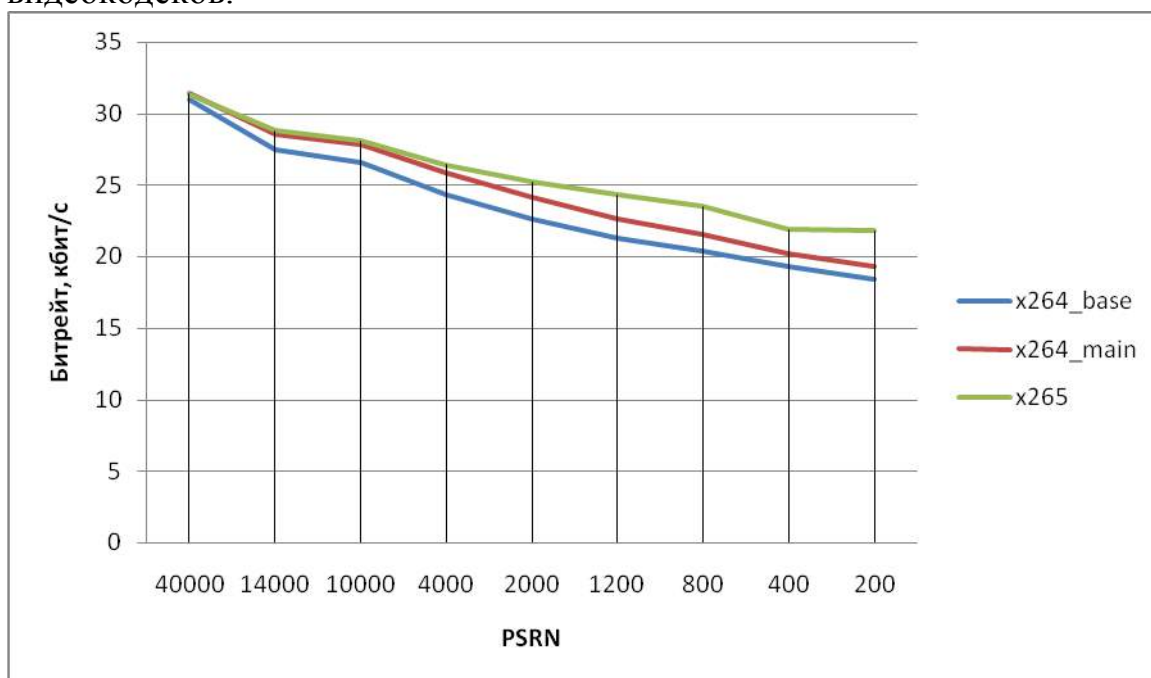


Рисунок 3 – График зависимости PSRN от заданной скорости работы видеокодеков.

Субъективная оценка качества

Для этого сравниваются кадры, зафиксированные на одной и той же секунде при проигрывании видеофайла (табл.2).

Есть смысл производить сравнение видеофайлов, сжатых на скорости 800 кбит/с и меньше, так как на скоростях выше изображения имеют незначительные отличия.

Табл. 2 – Субъективная оценка качества видеофайлов

800

X264_base



X264_main



X265



Продолжение Табл. 2

400

X264_base



X264_main



X265



Продолжение Табл. 2

200

X264_base



X264_main



X265



С точки зрения субъективной оценки качества, кодек x265 показал лучшую работу с шириной спектра цветов и лучшей различимости, четкости картинки.

Заключение

В своем докладе я осветила некоторые характеристики работы видеокодеков x264 в двух профилях и x265. По результатам анализа некоторых характеристик видеокодеков можно сделать вывод:

Кодек x265 показал лучшие значения среднеквадратичного отклонения и пикового отношения сигнала к шуму и оказался лучшим в части субъективной оценки качества, чем кодек x264.

Список используемой литературы

1. Коробейников А.В., Бояршинов М.А., Хворенков В.В., Батулин А.В., Смирнов В.С., Тестирование видеокодеков стандартов H.263, H.264, H.265 ISSN 1813-7911. Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 2 (26)
2. Ян Ричардсон Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения // М.: Техносфера, 2005. – 368 с.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео // М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 384 с.

Зыкин Алексей Александрович,
инженер-конструктор 3 категории;
Лихачев Павел Михайлович,
инженер
Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

Наставник
Бояршинов Михаил Анатольевич,
главный специалист по радиoliniям

«Разработка автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности»

Введение

В статье рассмотрены программы для удаленного (автоматизированного) управления контрольно-измерительным оборудованием компании Rohde & Schwarz. Данные программы разработаны в рамках выполнения технического задания на разработку автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности с помощью приборов и оборудования компании Rohde & Schwarz.

Разработка автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности является инструментом оперативного измерения различных параметров усилителей мощности. Система автоматизированного управления (автоматизированное место) построена в виде сети на основе компьютеров, приборов, и программного обеспечения, и является инструментом для оперативного выполнения поставленных научно-производственных задач. В качестве приборов в системе автоматизированного управления используются контрольно-измерительная аппаратура компании Rohde & Schwarz, а именно, два генератора сигналов R&S SMA100B, источник питания R&S HMP4040, анализатор сигналов и спектра R&S FSW8 (анализатор фазового шума R&S FSWP с функцией анализа спектра).

Приборы и оборудование имеют возможность подключения к сети Ethernet, могут удаленно управляться; формировать, обрабатывать и передавать данные. Взаимодействие обеспечивается за счет установки драйверов, которые обновляются и поставляются фирмой Rohde & Schwarz [1].

Удаленное управление контрольно-измерительной аппаратурой

Система автоматизированного управления построена на базе приборов компании Rohde & Schwarz. Используемое оборудование имеет возможность

подключения к сети Ethernet и может удаленно управляться, формировать, обрабатывать и передавать данные. Таким образом, приборы объединяются в локальную вычислительную сеть. Объект или множество объектов контроля и тестирования, например радиосистемы или их составные элементы, подключаются к этим приборам. Подключение может быть выполнено локально или удаленно, как с участием человека, так и без его участия на уровне приложения архитектуры «Интернет вещей» (IoT). В систему автоматизированного управления входят следующие приборы и оборудование: два генератора сигналов R&S SMA100B, источник питания R&S HMP4040, анализатор сигналов и спектра R&S FSW8 (анализатор фазового шума R&S FSWP с функцией анализа спектра) управляющий персональный компьютер, сетевой коммутатор. Приборы и оборудования, входящие в систему автоматизированного управления, а также специальное программное обеспечение образуют программно-аппаратный комплекс для удаленного управления контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz [2].

Автоматизированное место измерения параметров усилителей мощности

На рисунке 1 представлена структурная схема автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности.

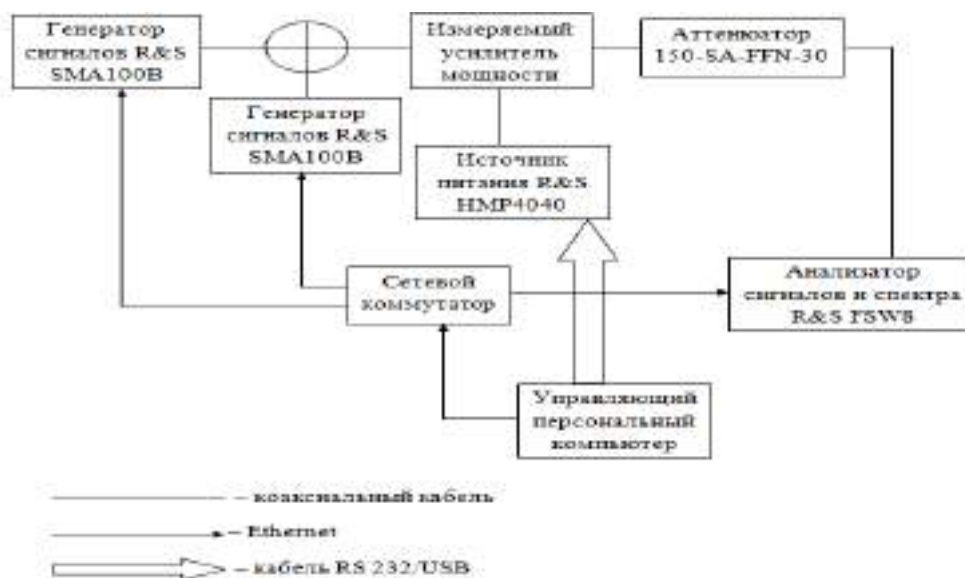


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированного места измерения параметров усилителей мощности

На уровне приложения компьютеры, выполняют подготовку исходных данных для реализации моделирования, например в среде LabVIEW, получения, обработки и хранения результатов моделирования, а также их анализ. С использованием специального программного обеспечения на уровне приборов, выполняется прямое управления контрольно-измерительным оборудованием или управление через сеть на основе IoT. Контрольно-измерительное оборудование обеспечивает питанием

тестируемое изделие, формирует сигналы воздействия и тестирования изделия, а также выполняет измерение полученных значений параметров в результате воздействия. Тестируемое изделие, в логической конфигурации «Объект или объекты исследования» (например, радиосистемы различного назначения), при необходимости соединяются с компьютером в рамках системы «Компьютеры и тестируемые изделия», которые обеспечивают его сигналами управления. Уровень шлюзов и сетей выполняет типичные функции для IoT [1-2].

Автоматизированное место измерения параметров усилителей мощности позволяет проводить измерения усилителей мощности в следующих режимах:

- Измерение выходной мощности в диапазоне частот;
- Измерение точки компрессии усилителей мощности;
- Измерение интермодуляционных искажений.

Для каждого контрольно-измерительного оборудование была разработана программа в среде разработки LabVIEW для удаленного управления. Так, например программа для удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B позволяет, настроить генератор на генерацию гармонического сигнала на заданной частоте и с заданным уровнем сигнала на выходе генератора.

Удаленное управление генератором сигналов R&S SMA100B

Генератор ВЧ и СВЧ сигналов R&S SMA100B обеспечивает бескомпромиссно лучшие характеристики. Прибор формирует чистейшие выходные сигналы, поддерживая высочайший уровень выходной мощности и далеко опережая конкурентов. Являясь мировым лидером среди генераторов сигналов, он способен справиться с самыми требовательными контрольно-измерительными задачами для компонентов, модулей и систем в сфере производства полупроводников, беспроводной связи и аэрокосмической и оборонной промышленности [3].

Для удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B была разработана программа в LabVIEW. Данная программа позволяет удаленно генерировать гармонические сигналы на заданной частоте и с заданным уровнем сигнала. На рисунке 2 представлена блок-диаграмма программы удаленного управления прибором R&S SMA100B, а на рисунке 3 представлена лицевая панель программы удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B.

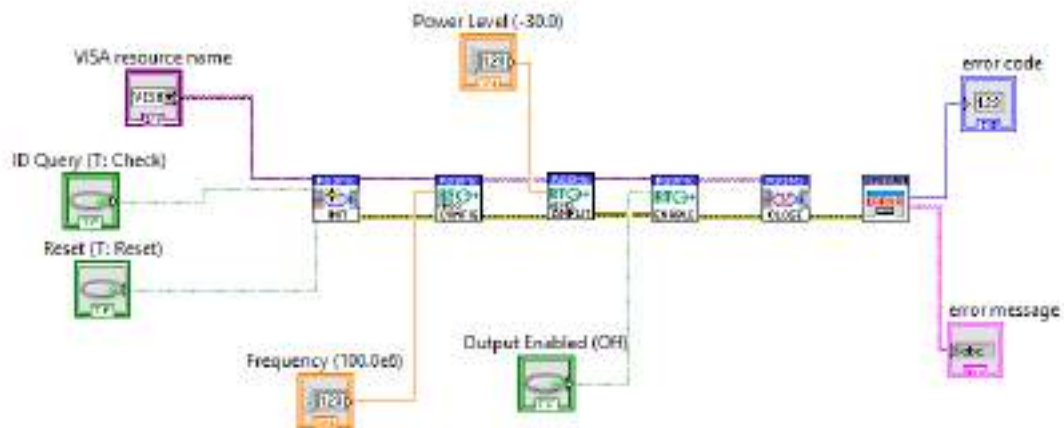


Рисунок 2 – Блок-диаграмма программы удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B

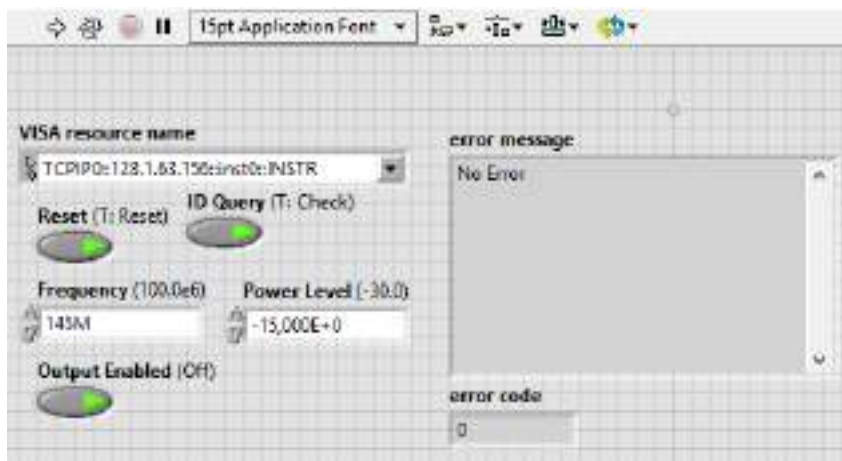


Рисунок 3 – Лицевая панель программы удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B

В программе удаленного управления прибором R&S SMA100B можно задавать значение несущей частоты (Frequency), уровень сигнала (Power Level)/

Переключатель Output Enabled (Off) позволяет включать/выключать генерацию ВЧ сигнала.

Удаленное управление анализатором сигналов и спектра R&S FSW8

Высокопроизводительный анализатор спектра и сигналов R&S FSW помогает разработчикам выполнять самые сложные задачи. Его широкая полоса анализа позволяет определять характеристики широкополосных компонентов и систем связи. Непревзойденно низкий уровень фазового шума помогает разрабатывать высокопроизводительные генераторы, например, такие, которые используются в РЛС.

R&SFWS выводит лучших представителей в линейке анализаторов спектра и сигналов на качественно иной уровень, обеспечивая превосходные ВЧ-характеристики по фазовому шуму, среднему уровню собственных

шумов, подавлению интермодуляционных искажений, динамическому диапазону ACLR и измерениям гармонических составляющих [4].

Контрольно-измерительным прибором R&SFSW8 также можно управлять удаленно. Для удаленного управления прибором необходимо установить соответствующий драйвер прибора R&S FSW8 для программы LabVIEW. Далее была разработана программа в LabVIEW для удаленного управления анализатором спектра и сигналов. Данная программа позволяет отображать спектр входного сигнала, при этом необходимо задать центральную частоту анализа (Frequency Center), начальную частоту анализа (Frequency Start), конечную частоту анализа (Frequency Stop), и время обновления дисплея (Sweep Time) анализатора спектра и сигналов R&S FSW8. Также необходимо задать уровень сопротивления на ВЧ входе (Impedance, Input Coupling), выбрать тип фильтра (Sweep Coupling (фильтра промежуточной частоты (ПЧ) или видео фильтр), полосу разрешения ПЧ фильтра или видео фильтра (Coupling Value), управлять вертикальной разверткой.

На рисунке 4 представлена лицевая панель программы удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&S FSW8.

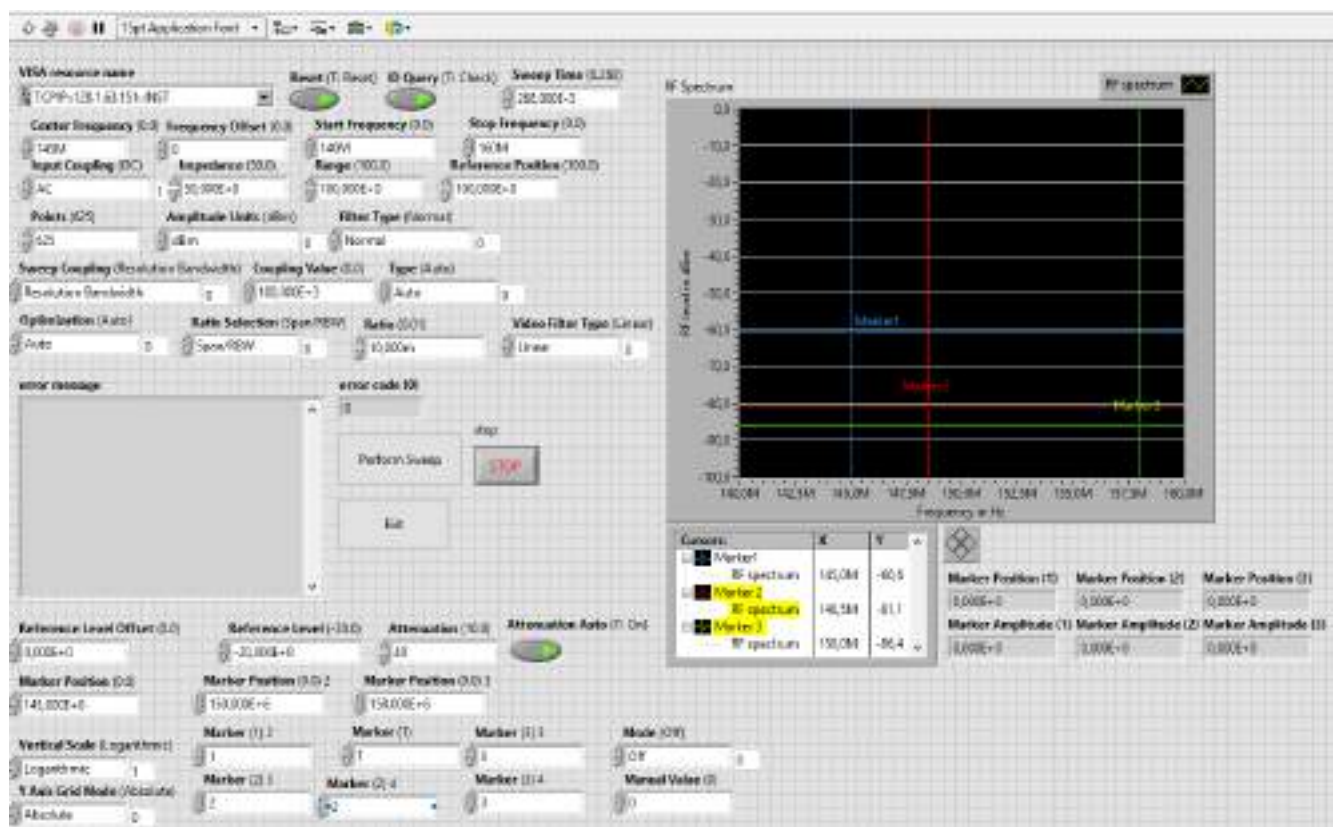


Рисунок 4 – Лицевая панель программы удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&S FSW8

Также можно настраивать встроенный аттенуатор посредством нажатия на кнопку Attenuation Auto и задать уровень ослабления в Attenuation (10.0). Программа позволяет измерить уровень сигнала с помощью маркеров (можно настроить до трех маркеров).

Настройка маркеров осуществляется с помощью введения частоты в Marker Position (0.0) и выбора маркера в Marker (1). Тогда в индикаторе Marker Position (1) соответствующего маркера отобразится уровень сигнала.

С лицевой панели можно как запустить процесса отображения спектра сигнала (кнопка RUN, в виде стрелки и кнопка Perform Sweep), так и остановить прием сигнала посредством нажатия на кнопку stop. Выход из программы осуществляется посредством нажатия на кнопку Exit.

Удаленное управление источником питания R&S HMP4040

Источники питания R & S®HMP DC предназначены главным образом для промышленного использования. Благодаря трем или четырем выходным каналам и выходному току до 10 А на канал эти надежные приборы идеально подходят для широкого спектра применений. Они предлагают высокую эффективность с низким остаточным пульсацией и многими функциями защиты [5].

Для удаленного управления источником питания R&S HMP4040 необходимо установить соответствующий драйвер для программы LabVIEW. Далее была разработана программа в LabVIEW для удаленного управления источником питания. Данная программа позволяет настроить первый или второй канал прибора. Настроить какое напряжение будет выдаваться прибором (CH1 Voltage или CH2 Voltage), задать ограничение по току (CH1 Current Limit или CH2 Current Limit). Также программа отслеживает какое напряжение (CH1 Measured Voltage или CH2 Measured Voltage) и ток (CH1 Measured Current или CH2 Measured Current) потребляется усилителем мощности подключённый первому или второму каналу.

Выбор какой будет включен осуществляется посредством нажатия на переключатели CH1 ON, CH2 ON, CH1 Only ON, CH2 Only ON. Если есть необходимость включить оба выхода (канал CH1 и канал CH2), то необходимо нажать на переключатель Master Output Enabled. Для выключения программы удаленного управления прибором необходимо нажать на кнопку Stop. Также не рекомендуется нажимать на красную кнопку (вверху, на панели инструментов) остановки моделирования при подключенном приборе. Нажатие на кнопку может привести к повреждению прибора.

На рисунке 5 представлена лицевая панель программы удаленного управления источником питания R&S HMP4040.

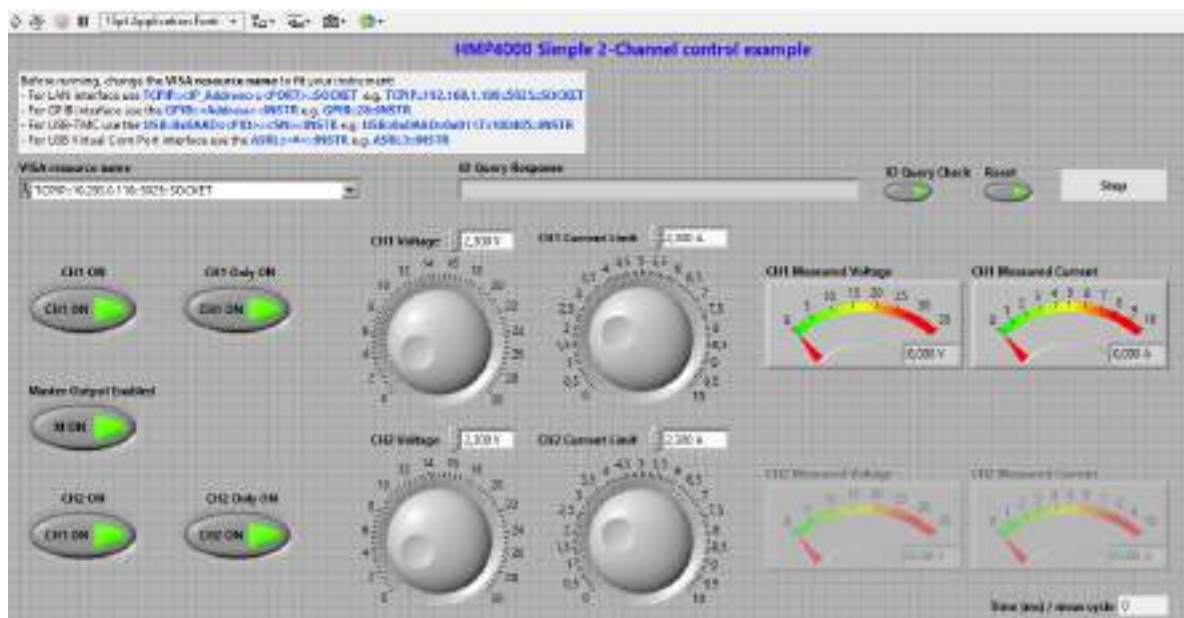


Рисунок 5 – Лицевая панель программы удаленного управления источником питания R&S HMP4040.

Заключение

Основной целью работы являлось создание системы удаленного управления контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz с помощью LabVIEW. В докладе приведена система удаленного управления программируемым приемопередатчиком USRP-2901 и контрольно-измерительными приборами R&S RTO2044, R&S SMW200A и R&S FSW8. Данная система может быть расширена в дальнейшем других приборов. Также может быть расширены функциональные возможности удаленного управления имеющихся приборов.

Список используемой литературы

1. Хворенков В.В., Хатбуллин Р.А., Нистюк А.И., Зыкин А.А. Построение системы контроля и тестирования радиосистем как элемента IoT. Вестник ИЖГТУ, том 21, №3, 2018 – С.155-165.
2. Использование технологии интернет вещей для создания автоматизированных систем контроля и тестирования радиосистем. А.Н. Копысов, В.В. Хворенков, А.А. Зыкин, М.М. Марков, А.А. Богданов // Успехи современной радиотехники. 2018 №12 – С.71-76.
3. R&S@SMA100B Аналоговый генератор ВЧ и СВЧ сигналов. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rohde-schwarz.com/ru/product/sma100b-productstartpage_63493-427776.html (дата обращения 03.04.2019).
4. Анализатор сигналов и спектра R&SFSW| Rohde&Schwarz [Электронный ресурс]. URL: https://www.rohde-schwarz.com/ru/product/fsw-productstartpage_63493-11793.html (дата обращения 03.04.2019).

5. R&S®HMP4000 Power supply series. [Электронный ресурс].URL:
https://www.rohde-schwarz.com/ru/product/hmp4000-productstartpage_63493-47360.html (дата обращения 03.04.2019).

Калабина Надежда Александровна,
инженер-технолог 1 категории –
руководитель лаборатории
ОГТ №56

Наставник
Седых Сергей Андреевич,
начальник бюро разработки объектов связи

«Источники получения водорода»

Введение

Растущий дефицит запасов углеводородных топлив и возникающие при их использовании экологические проблемы вынуждают принимать серьезные усилия по поиску альтернативных неисчерпаемых источников энергии.

Важным претендентом на роль такого энергоносителя является водород.

Выбор водорода в качестве энергоносителя обусловлен рядом преимуществ, главными из которых являются экологическая безопасность водорода и его исключительно высокая теплотворная способность, равная 143,06 МДж/кг (для нефти – 46,6 МДж/кг).

Экологическая безопасность водорода состоит в том, что при его сгорании образуется только вода.

Еще одним достоинством водорода является возможность прямого преобразования энергии химической реакции его соединения с кислородом в электрический ток в топливных элементах.

В связи с этим сейчас все большее развитие получает водородная энергетика.

Понятие – «водородная энергетика» сформировалось в середине 70-х гг. XX столетия. Водородную энергетiku можно определить как научно-техническое направление, охватывающее проблемы получения, хранения, транспортировки и использования водорода.[5]

1 Водород и его свойства

Первый элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. В свободном состоянии и при нормальных условиях водород – бесцветный газ, без запаха и вкуса.

Водород – самый распространенный элемент во вселенной (92 %).

В природе водород встречается преимущественно в связанном виде (вода, минералы, уголь, нефть, живые существа, органические вещества). В свободном виде небольшие количества водорода иногда выбрасываются вулканами, в результате диффузии рассеиваясь в атмосфере.

Водород обладает очень высокой теплопроводностью, сравнимой с теплопроводностью металлов. Это происходит из-за легкости молекул

водорода и, следовательно, большой скорости их движения. В соотношении 2:1 с кислородом образует взрывчатый гремучий газ.

Интерес к водороду как топливу обусловлен следующими обстоятельствами:

– при сгорании водорода образуется только вода, и в этом отношении водородное топливо является наиболее экологически чистым;

– высокие энергетические свойства водорода – низшая теплота сгорания водорода составляет 120 МДж/кг, что более чем в 4 раза выше по сравнению с бензином (около 25 МДж/кг), т. е. 1 кг водорода эквивалентен почти 4,5 кг бензина;

– практически неограниченная сырьевая база при условии получения водорода из воды.

В последние годы все большее внимание уделяется разработке и использованию на автомобильном транспорте топливных элементов, топливом для которых служит водород или продукты, способные при переработке выделять водород.

2 Получение водорода

Водород практически не встречается в природе в чистой форме и должен извлекаться из других соединений с помощью различных химических методов. Разнообразие способов получения водорода является одним из главных преимуществ водородной энергетики, так как повышает энергетическую безопасность и снижает зависимость от отдельных видов сырья.

К ним относятся: паровая конверсия метана и природного газа, газификация угля, электролиз воды, пиролиз, частичное окисление, биотехнологии и др.

Рассмотрим подробнее основные методы промышленного получения водорода. Для производства водорода необходимо разорвать его химические связи в углеводородах или воде и выделить его из реакционной смеси.

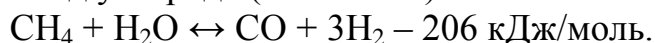
2.1 Производство водорода из природных топлив

2.1.1 Паровая конверсия метана (ПКМ)

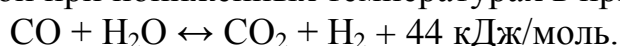
В настоящее время крупнотоннажное производство водорода и водородосодержащих продуктов осуществляется в мире в основном путем паровой конверсии метана, являющегося основным компонентом природного газа и содержащего 25 % водорода.

Паровая конверсия метана – взаимодействие метана с водяным паром при температуре 750–850 °С в химических паровых реформерах на каталитических поверхностях (никель, корунд).

Первый шаг реакции расщепляет метан и водяной пар на водород и монооксид углерода (синтез-газ):



Выход водорода увеличивается благодаря дополнительной реакции СО с водой при пониженных температурах в присутствии катализаторов.



Эта реакция происходит при температурах 200–250°C.

При осуществлении указанных реакций может быть извлечено около 96 % водорода, а необходимая теплота процесса получается при сжигании части природного газа. Производительность подобных установок достигает 4–12 тыс. м³ водорода в час.

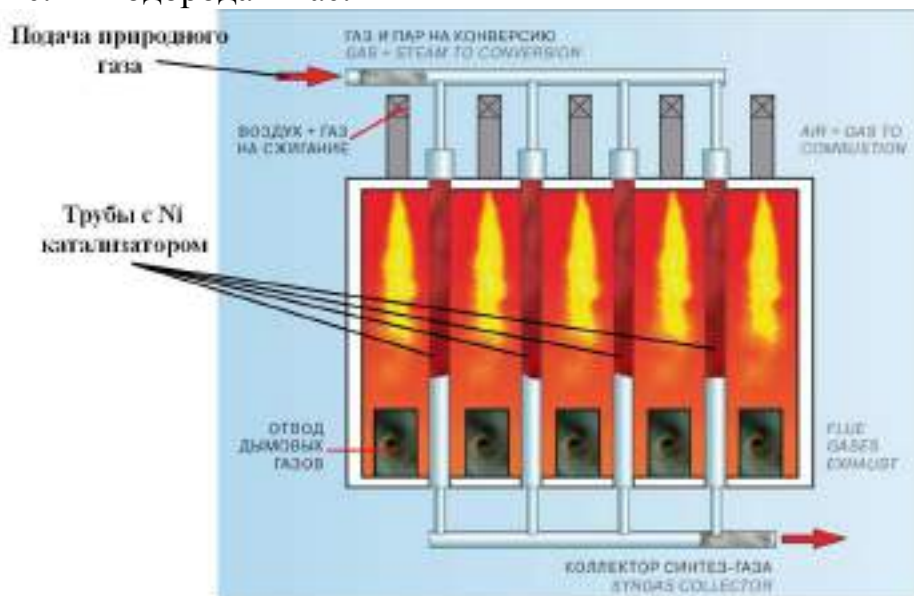
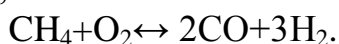


Рисунок 1 – реактор паровой конверсии метана

Метод паровой конверсии отличается достаточно высокой (более 80 %) эффективностью процесса, его реализацией на уровне крупномасштабного производства, сравнительно невысокой (на настоящий момент) стоимостью и отлаженной инфраструктурой транспортировки исходного сырья. В результате стоимость водорода для данной технологии оказывается самой низкой по сравнению со стоимостью водорода, получаемого другими методами.

2.1.2 Парокислородная конверсия метана

Помимо ПКМ существует парокислородная конверсия, где вместе с горячим паром в активную зону реактора подается кислород, это делает установку дороже на 5–10 %. Основные реакции процесса те же, что и для ПКМ, плюс окисление метана кислородом:



Состав реагирующих веществ для парокислородной конверсии метана такой, что реакции в совокупности дают нулевой тепловой эффект.

Существенное преимущество парокислородной конверсии по сравнению с ПКМ – передача теплоты осуществляется напрямую, а не через стенку теплообменника – используется более дешевый реактор шахтного типа вместо дорогого трубчатого, применяемого в предыдущем случае.

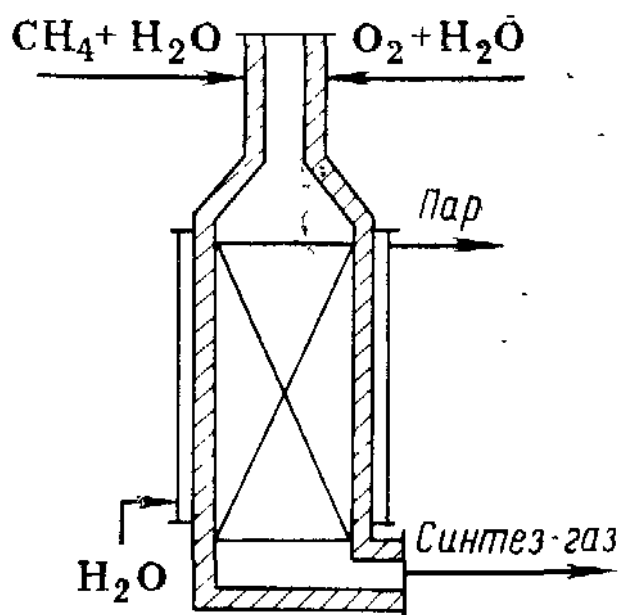


Рисунок 2 – реактор парокислородной конверсии метана

Для получения водорода методом паровой и парокислородной каталитической конверсии на нефтеперерабатывающих заводах, наряду с природным газом, используются нефтезаводские газы, нефтяные остатки или любые фракции нефтепродуктов (табл. 1).

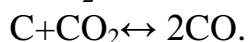
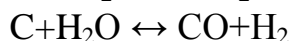
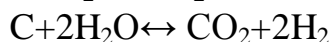
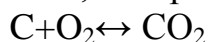
Таблица 1 Сравнение характеристик ПКМ и парокислородной конверсии

| Характеристика | ПКМ | | | | | Парокислородная конверсия | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|----|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------|-----|-----------------|----------------|
| давление, Мпа | 2–4 | | | | | 2–4 | | | | |
| Температура, К | 1000–1100 | | | | | 1000–1300 | | | | |
| КПД, % | 60–65 | | | | | 67–70 | | | | |
| Состав синтез-газа, % | H ₂ | CO ₂ | CO | CH ₄ | N ₂ | H ₂ | CO ₂ | CO | CH ₄ | N ₂ |
| | 75,5 | 6 | 17 | 1,5 | 0 | 71,5 | 24,4 | 2,4 | 1 | 1 |

Основным недостатком получения водорода из природного газа является зависимость от поставок сырья, запасы которого распределены всего между несколькими регионами мира (Ближний Восток – 40.8%, Россия– 26.7%, Иран – 15.2%, Катар –14.7%). Серьезную проблему составляют и выбросы в атмосферу больших количеств CO₂. Кроме этого, метод паровой конверсии метана плохо адаптируется на установки малой производительности для децентрализованного производства водорода (например, заправочных станций, автономных энергосистем и т.п.). Еще одним недостатком метода является наличие в водороде примесей оксидов, что предъявляет дополнительные требования к его очистке, особенно при использовании в ТЭ. [1]

2.1.3 Газификация угля

Получение водорода газификацией угля заключается в обработке угля воздушно-паровой или кислородно-паровой смесью при температуре выше 900° С. Для получения водорода и монооксида углерода (синтез-газ) используются реакции паровой, парокислородной конверсии и неполного окисления, которые описываются следующими уравнениями: [1]



Продукты газификации угля содержат H_2 , CO , H_2O , H_2S , NH_3 , N_2 , легкие углеводороды, смолы, шлаки.

В настоящее время существует более 70 типов газогенераторных процессов, часть которых используется в промышленных масштабах. Это объясняется прежде всего различием физических и химических свойств угля из разных месторождений. Не менее существенным является и различие во фракционном составе добываемых углей: крупнокусковой уголь, угольная мелочь, топливная пыль.

При всем своем многообразии процессы газификации делят на два основных класса:

Автотермические процессы газификации, в которых тепло, необходимое для проведения эндотермических процессов, для нагрева газифицируемого материала и газифицирующих средств до температуры газификации (900–1200°С), производят за счет сжигания в кислороде части газифицируемого топлива до диоксида углерода. В автотермических процессах сжигание части топлива и газификация протекают совместно в едином газогенераторном объеме.

Аллотермические процессы газификации, в которых сжигание и газификация разделены, и тепло для обеспечения прохождения процесса газификации подводится через теплопередающую стенку внутри единого газогенераторного объема или при помощи автономно нагретого теплоносителя, который вводится в газифицируемую среду.

Типичные составы газов, полученных в автотермических и аллотермических процессах, приведены в таблице 2.

Таблица 2 Состав газов в процессе газификации

| Наименование процесса | Состав конечного газа, % объемный | | | | |
|--|-----------------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
| | CO_2 | CO | H_2 | CH_4 | N_2 |
| Автотермический: | | | | | |
| – газификация мелкозернистого топлива в «кипящем» слое | 19,0 | 38,0 | 40,0 | 2,0 | 1,0 |
| – газификация пылевидного топлива в аэрозольном потоке | 12,0 | 56,0 | 29,4 | 0,6 | 2,0 |
| Аллотермический: | | | | | |
| – газификация с использованием атомного тепла | 0,9 | 4,3 | 62,9 | 31,9 | 2,0 |
| – газификация пылевидного топлива в плазме водяного пара | 1,5 | 41,8 | 64,6 | 0,1 | – |

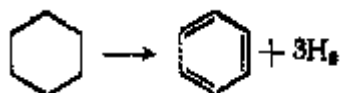
Достоинством метода является хорошо изученная технология, которая может применяться как для жидких, так и для твердых топлив. К недостаткам можно отнести нецелесообразность маломасштабных устройств, наличие примесей в конечном продукте и, как следствие, необходимость его очистки.

2.1.4 Риформинг

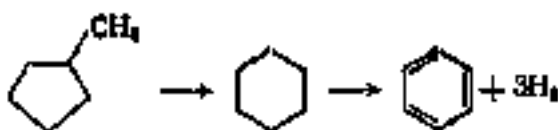
Риформинг – термохимическое разложение углеводородного топлива.

Основой процесса получения водорода служат три типа реакций.

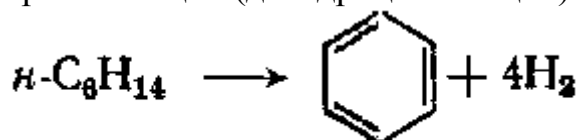
Дегидрирование шестичленных нафтенов



Дегидроизомеризация пятичленных нафтенов



Ароматизация (дегидроциклизация) парафинов



Каталитический риформинг осуществляется в среде водородсодержащего газа при давлении 1–5 Атм и температуре 450-500°С.

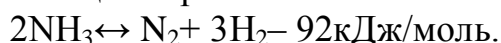
Как правило, установки каталитического риформинга состоят из двух блоков. На первой стадии исходное сырье подвергается предварительной гидроочистке бензиновых фракций с целью практически полного удаления присутствующих в нем примесей органической серы, азота, кислорода, хлора и др., являющихся ядами для катализаторов, используемых в процессе каталитического риформинга. На второй стадии гидроочищенное сырье подвергается непосредственно каталитическому риформингу.

Продуктом каталитического риформинга является водородсодержащий газ с достаточно низким содержанием водорода примерно 70–85 %, основной примесью является метан.

Недостаток метода – низкое содержание водорода в составе водородсодержащего газа (часть которого возвращается в риформер) и, как следствие, необходимость его очистки.

2.2 Получение водорода из аммиака

Реакция термокаталитической диссоциации аммиака имеет вид:



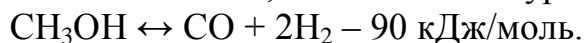
Разложение аммиака начинается при температуре 270°С, а при температуре 900 °С он практически полностью диссоциирует.

В установках для получения водорода диссоциацией аммиака применяют катализаторы на основе окислов железа, и процесс проводят при температуре 600–700 °С. В результате диссоциации получается газовая смесь

с объемным содержанием 75 % H₂ и 25 % N₂ при атмосферном давлении. Энергозатраты на реакцию составляют 25–27 % от низшей теплоты сгорания получаемого водорода. Основным недостатком метода – высокая энергозатратность.

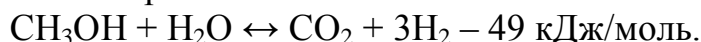
2.3 Получение водорода из метанола

Эндотермическая реакция разложения метанола происходит с использованием гетерогенного катализатора при температуре, лежащей в диапазоне 500–700 °С, и описывается уравнением:



Удельный выход водорода по этой реакции – 0,125 кг/кг CH₃OH. Поскольку плотность метанола достигает приблизительно 700 кг/м³, объемный выход водорода будет составлять 87 кг/м³.

Для получения водорода из метанола может использоваться процесс паровой конверсии:



Обычно для процесса применяют цинк-хромовый катализатор. Процесс протекает при 573–673 К. Метанол можно использовать как горючее для процессов конверсии. В этом случае КПД процесса получения водорода составляет 65–70 % (отношение теплоты полученного водорода к теплоте сгорания затраченного метанола).

Главным недостатком использования метанола как источника водорода является токсичность метанола.

2.4 Получение водорода из гидридов и боргидридов металлов

Весьма эффективным методом получения водорода из связанного состояния является гидролиз гидридов и боргидридов легких металлов. Эти соединения на данный момент не имеют конкурентов по массовому содержанию водорода.

К тому же, в случае взаимодействия гидридов с водой выход водорода, рассчитанный на единицу их массы, увеличивается в два раза, за счет восстановления протонов воды.

Наибольший выход водорода наблюдается при гидролизе боргидрида лития LiBH₄. Однако использование этого вещества практически исключается из-за высокой пожароопасности, обусловленной значительной химической активностью.

Следующим по количеству выделяемого водорода элементом идет гидрид лития LiH. Ввиду того что плотность компактного гидрида лития составляет приблизительно 600 кг/м³, боргидрида натрия NaBH₄ — 1074 кг/м³, по объемному выходу водорода три гидрида — LiH, NaBH₄ и LiAlH₄ — примерно равноценны. Остальные гидриды существенно уступают перечисленным соединениям по удельному массовому и объемному выходу водорода.

Таблица 3 Сравнительная характеристика гидридов и боргидридов легких металлов

| Соединение | Выход водорода в литрах на 1 кг соединения при гидролизе |
|--------------------|--|
| LiH | 2820 |
| NaH | 933 |
| CaH ₂ | 1064 |
| MgH ₂ | 1708 |
| NaAlH ₄ | 1660 |
| LiAlH ₄ | 2359 |
| NaBH ₄ | 2370 |
| LiBH ₄ | 4130 |

Боргидриды являются удобным источником для получения водорода в полевых условиях, там, где применение компримированного водорода почему-либо невозможно или неудобно.

2.5 Методы получения водорода из воды

2.5.1 Получение водорода по методике частичного окисления (автор– Джерри Вудолл)

При взаимодействии алюминия с водой выделяется водород.

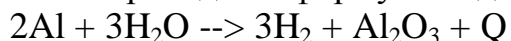
Алюминий – чрезвычайно активный металл и легко вступает в реакцию с водой, высвобождая водород в ходе собственного окисления. Однако на поверхности алюминия всегда есть тончайшая, но очень прочная и инертная оксидная пленка Al₂O₃, из-за которой заставить алюминий вступить в реакцию с водой не так уж и легко.

Разработчики из Университета Пердью (США) под руководством Джерри Вудолла создали новый сплав металлов, обогащенный алюминием, который может быть весьма эффективен в процессе выработки водорода.

Новый сплав на 95% состоит из алюминия, а на оставшиеся 5% – из сложного сплава галлия, индия и олова. Хотя галлий и является очень редким и дорогим элементом, его количества в сплаве настолько малы, что стоимость сплава, и особенно стоимость его эксплуатации, может быть коммерчески выгодной.

Наличие галлия является критичным для прохождения реакции, так как он препятствует формированию пленки оксида на поверхности алюминия при его окислении. Такая пленка обычно предотвращает дальнейшее окисления алюминия, выступая в качестве барьера. Если же ее формирование окажется нарушенным, реакция будет идти до тех пор, пока не израсходуется весь алюминий.

При внесении этого сплава в воду алюминий вступает в реакцию окисления, в результате которой выделяется водород и тепловая энергия, а алюминий переходит в форму оксида.



Кроме водорода ценным продуктом реакции является и тепловая энергия, которая также может быть использована. Оксид алюминия и более инертный сплав галлия, индия и олова может быть впоследствии восстановлен.

В данный момент ученые озабочены технологической задачей брикетирования своего сплава для повышения удобства его использования. Так, брусок алюминиевого сплава может быть помещен в реактор, размеры которого определяются необходимым количеством водорода, и выдать ровно столько водорода, сколько нужно в том месте и в то время, когда это необходимо. Такая технология, будучи доведенной до логического конца, снимет еще две насущные проблемы водородной энергетики (помимо собственно получения водорода из воды), а именно, хранение водорода и его транспортировку.

Сплав индия, галлия и олова является инертным компонентом и не участвует в реакции, так что после окончания реакции может быть использован заново практически без потерь.

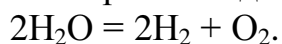
Конечными продуктами реакции являются галлий и оксид алюминия. Сжигание же водорода приводит к образованию воды. Таким образом, никаких токсичных выбросов не получается.

Применение алюминия как энергетического сырья обеспечивает возможность создания необходимых энергоресурсов, так как для его транспортировки и хранения не требуются специальные емкости и заправочные системы. Срок хранения алюминия практически неограничен, и его запасы по сравнению с углеводородными горючими являются компактными (плотность алюминия – $2,7 \text{ г/см}^3$; плотность углеводородных горючих — менее $0,8 \text{ г/см}^3$).

2.5.2 Электролиз воды

Процесс электролиза сводится к разложению воды постоянным электрическим током. Получение водорода и кислорода электролизом воды осуществляется по сравнительно простой технологической схеме. Подготовка сырья – чистой воды – и первичная переработка водорода и кислорода, получающихся при электролизе (охлаждение, очистка от щелочного тумана, осушка), не требуют сложного оборудования.

Электролиз воды протекает по общему суммарному выражению:



Для получения водорода электролизом воды используют дистиллированную или обессоленную природную воду, что позволяет избежать накопления в электролите различных примесей.

Для увеличения удельной электропроводимости воды при электролизе применяют водные растворы электролитов – кислот, щелочей, солей.

В промышленности в настоящее время используют практически только щелочные электролиты: водные растворы едкого кали или едкого натра.

При электролизе в электролит, то есть в токопроводящую среду (классический вариант – вода с небольшим количеством щелочи), помещают два электрода и подводят к ним напряжение.

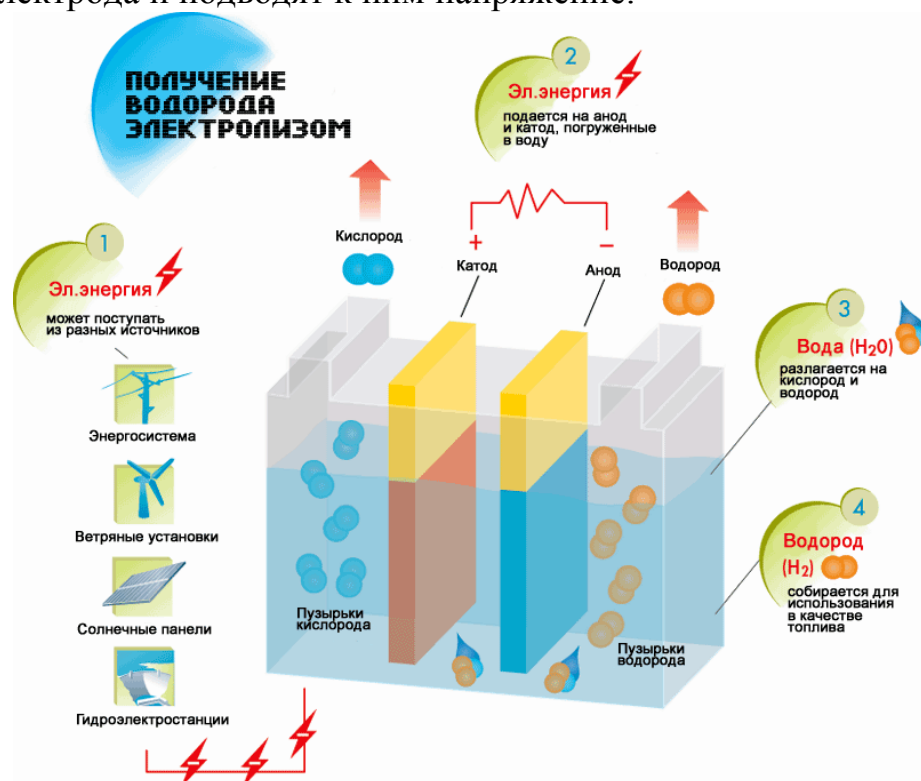


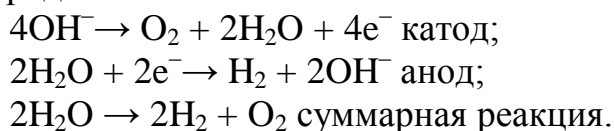
Рисунок 3 – электролиз воды

В настоящее время существуют три способа реализации электролизной технологии производства водорода, отличающиеся типом используемого электролита и условиями проведения электролиза.

Таблица 4 Способы реализации электролизной технологии производства водорода

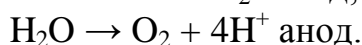
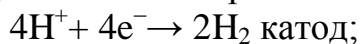
| Тип электролизёра | Энергозатраты, $\text{H}_2 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{ч}$ | Температура, К | Производительность, $\text{H}_2 \text{ м}^3/\text{ч}$ | Давление, МПа | КПД, % |
|---|---|----------------|---|---------------|-----------|
| щелочной | 4,5–5,5 | 320–370 | до 500 | 0,1–5 | 50–70 |
| с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) | 3,5–4,5 | 350–370 | до 100 | 0,1–15 | 80–90 |
| с твердым оксидным электролитом | 2,5–4 | 1070–1270 | — | 0,1–3 | ≥ 85 |

Щелочной электролиз — процесс прохождения электрического тока через раствор электролита (20–30 % раствор KOH или NaOH) от анода к катоду, вследствие чего на них соответственно образуются газы водород и кислород:



Электролиз с твердым полимерным электролитом (ТПЭ)

Мембрана таких электролитов – беспористая полимерная на основе перфторированного углерода обладает механической прочностью, химической стойкостью и высокой электропроводностью. Переносчиком зарядов таких мембранах является гидратированный протон:



ТПЭ электролизёры в 5–7 раз дороже водно-щелочных с аналогичными характеристиками, но при этом экологически чистые, имеют значительно меньшие массогабаритные характеристики и энергозатраты, повышенный уровень безопасности, возможность работы в нестационарных режимах, простое обслуживание, и в дополнение ко всему, можно получить компримированные (сжатые в компрессоре) газы (до 30 атм. и более) непосредственно в электролизёре.

Важной особенностью систем электролиза воды с ТПЭ является то, что чистота производимого водорода (а также кислорода) соответствует качеству газов, необходимых для использования в топливных элементах с ТПЭ. Но и сами электролизные системы на основе ТПЭ предъявляют жесткие требования к чистоте подаваемой воды.

Электролиз с твердым оксидным электролитом

Высокотемпературный электролиз водяного пара проводится в ячейках с твердым электролитом на основе оксидов циркония, модифицированных добавками 10–15 % (мол.) оксидов некоторых элементов для увеличения его электропроводности. К таким оксидам относятся оксиды кальция, иттрия, иттербия, селена, ванадия.

Такие электролизёры существуют в экспериментальных и опытно-промышленных образцах. Перспективны для получения электроэнергии в крупных стационарных установках.[10]

Электролиз воды является перспективной технологией получения водорода в будущем, хотя в настоящее время из-за высокой стоимости доля этого метода в мировом производстве водорода не превышает 5 %. Наиболее привлекательными особенностями электролизной технологии являются экологическая чистота (разумеется, при условии, что производство первичной энергии не сопряжено с загрязнением окружающей среды), возможность создания установок с широким диапазоном производительности (от нескольких литров до сотен м³ водорода в час), простота эксплуатации и удобство в работе, высокая чистота производимого водорода и наличие ценного побочного продукта – газообразного кислорода. Основным недостатком является высокая энергозатратность данного метода. Стоимость производимого методом электролиза водорода обычно приблизительно на 70% состоит из стоимости затраченного на его производство электричества.

2.6 Пиролиз биомассы

Процесс пиролиза может использоваться для производства водорода из биомассы, но предварительно биомасса должна быть обработана высокой температурой и давлением. Эти процедуры расщепляют и частично окисляют

биомассу, которая далее очищается. Полный процесс подобен газификации угля, но, тем не менее, требует предварительной обработки.

Биомассу и воду под давлением в реакторе нагревают до высоких температур. Этот процесс приводит к разложению и частичному окислению биомассы в газовый продукт, состоящий из водорода, метана, оксидов углерода и азота. Зола удаляют из нижней части реактора либо в жидком либо в твёрдом состоянии. Газовый поток поступает в высокотемпературный реактор, где содержание водорода увеличивается. Затем на адсорбционной установке производят очистку водорода от примесей. Процесс является модификацией газификации угля, за исключением установки предварительной обработки биомассы и конструкции реактора. Из-за заметно меньшей энергоёмкости биомассы на единицу массы по сравнению с углем, размер газификатора биомассы обладает большими размерами по сравнению с установками газификации угля.

Из биомассы водород получается термохимическим или биохимическим способами. При термохимическом методе биомассу нагревают без доступа кислорода до температуры 500–800 °С (для отходов древесины), что намного ниже температуры процесса газификации угля. В результате процесса выделяется H_2 , CO и CH_4 .

Достоинства метода – возможность использования для получения водорода биологических отходов, недостатки – низкий КПД метода, наличие примесей в получаемом водороде.

2.7 Биохимическое производство водорода

Многообещающей и перспективной альтернативой промышленным процессам получения водорода является разложение воды с использованием солнечной энергии в процессах фотосинтеза и биоконверсии. В течение фотосинтеза зеленые растения и морские водоросли (микроскопические одноклеточные растения) преобразовывают углекислый газ, воду и солнечный свет (зеленый свет с длиной волны 500 нм) в углеводы, воду и кислород.



Солнечный свет поглощается светочувствительным пигментом, например белком хлорофилла. С помощью активных центров этого белка энергия передается электронам, источником которых служит некоторое донорное вещество. Затем, как и при фотосинтезе, электроны через промежуточное соединение ферродоксин доставляются к ионам водорода, восстановление которых до молекулярного состояния происходит под действием катализатора биологической природы.

Исследования в области биологических методов получения водорода носят пока поисковый характер. Ученые калифорнийского университета в Беркли (UC Berkeley) 1999 г. обнаружили, что если водорослям не хватает кислорода и серы, то процессы фотосинтеза у них резко ослабевают, и начинается бурная выработка водорода. Водород может производить группа зеленых водорослей, например *Chlamydomonas reinhardtii*. Водоросли могут производить водород из морской воды или канализационных стоков.

Выводы

На сегодняшний день основными источниками водорода являются природный газ и нефть, а традиционным способом получения H_2 в промышленности - каталитическая конверсия углеводородов, главным образом метана и его гомологов. Недостатками этого метода является многостадийность процесса, значительная энергоемкость производства при этом данные технологии не отвечают современным экологическим требованиям, предъявляемым к эксплуатации автономных энергоустановок.

Газификация угля так же не отвечает современным экологическим требованиям, а полученный этим способом водород нуждается в дополнительной очистке.

Электролиз воды позволяет получить водород необходимой для топливных элементов степени чистоты. Но с энергетической точки зрения он является нерациональным для целей получения водорода в качестве топлива.

К перспективным методам получения водорода для портативных источников энергии можно отнести методы получения водорода из сплавов алюминия и галлия, а также гидридов и боргидридов щелочных металлов.

Достоинствами этих методов является возможность получения водорода непосредственно в месте его использования, что дополнительно решает вопрос его удобного и безопасного хранения.

Библиографический список

1. Анимицина И.Е. Материалы для водородной энергетики: курс лекций / И.Е. Анимицина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008
2. Гамбург Д.Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Справочник. Под ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубовкина. – М.: Химия, 1989
3. Жигач А.Ф. Химия гидридов / А.Ф. Жигач, Д.С. Стасиневич. – СПб.: Химия, 1969
4. Кудряш В.И. Водородные технологии в альтернативной энергетике / В.И. Кудряш, М. Лутовац, С.А. Соколов [и др.] // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – №3. – С.66-74
5. Ландграф И.К. Введение в водородную энергетику и топливные элементы: доклад / И.К. Ландграф // Филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
6. Мальцева Н.Н. Борогидрид натрия / Н.Н. Мальцева, В.С. Хаин. – М.: Наука, 1985
7. Симагина В.И. Гидридные материалы – компактная форма хранения водорода для портативных топливных элементов / В.И. Мальцева, О.В. Нецкина, О.В. Комова // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – №10. – С. 54-64
8. Солодова Н.Л. Водород как перспективный энергоноситель. Современные методы получения водорода / Н.Л. Солодова, Р.Р. Минигулов,

Е.А. Емельянычева // Вестник Казанского технологического университета.– 2015. – №3. – С. 137-140

9. Степанов А.В. Получение водорода и водородсодержащих газов / А.В. Степанов. – Киев: Наук. думка, 1982

10. Радченко Р.В. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа.–Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014.

11. Тарасов Б.П. Водородная энергетика: прошлое, настоящее, виды на будущее / Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий // Российский химический журнал. – 2006. – №6. – С. 5-18

12. Тарасов Б.П. Проблема хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумуляирования водорода / Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий, В.А. Яртысь // Российский химический журнал. – 2006. – №6. – С. 34-48

13. Хаин В.С. Борогидриды металлов. Том III. Применение борогидридов металлов и тетраалкиламмония: Монография /

14. В.С. Хаин, А.А. Волков, Н.Н. Мальцева. – Ухта: УГТУ, Институт управления, информации и бизнеса, 2005

15. М.К. Письмен Производство водорода в нефтеперерабатывающей промышленности //М., Химия, 1976

16. <https://metallurgy.zp.ua/poluchenie-vodoroda/>

Клабуков Иван Петрович,
инженер-конструктор 2 категории
КБ №62

Наставник
Зорькин Геннадий Иванович,
главный специалист по средствам связи

«Новейшие системы связи 21 века на использовании запутанных фотонах»

Введение

В настоящее время существующие системы связи используются для передачи важной информации. Сохранение информации в секрете от лиц, непосредственно не участвующих в обмене (третья подслушивающая сторона) – это важная задача при передаче информации. В настоящее время многие компании пытаются создать полноценный квантовый компьютер, который сможет взломать существующие распространенные системы шифрования. И, в связи с этим, остро стоит задача нахождения способов передачи информации, которые помогут обеспечить устойчивость шифрования к взлому и краже передаваемых данных. Ниже рассмотрены основные методы шифрования, применяемые в настоящее время, а также некоторые из способов передачи служебной информации (ключей шифрования), в которых практически невозможно незаметное присутствие подслушивающей стороны.

Современные способы шифрования

В современном мире большое внимание уделяется защите информации, поэтому одним из важнейших аспектов связи является её защита от несанкционированного доступа и кражи.

В области работы информационных систем можно классифицировать угрозы по нескольким критериям:

- по аспекту информационной безопасности (доступность, целостность, конфиденциальность), против которого угрозы направлены в первую очередь;
- по компонентам информационных систем, на которые угрозы нацелены (данные, программы, аппаратура, поддерживающая инфраструктура);
- по способу осуществления (случайные/преднамеренные действия природного/техногенного характера);

– по распространению источника угроз (внутри/вне рассматриваемой информационной системы).

В качестве основного критерия в данной статье будем использовать первый, а в частности, сохранение конфиденциальности информации в канале связи.

Конфиденциальная информация подразделяется на предметную и служебную. Служебная информация (например, пароли пользователей) не относится к определенной предметной области, в информационной системе она играет техническую роль, но её раскрытие особенно опасно, поскольку оно чревато получением несанкционированного доступа ко всей информации, в том числе предметной.

Перехват данных – очень серьезная угроза, и если конфиденциальность действительно является критичной, а данные передаются по многим каналам, их защита может оказаться весьма сложной и дорогостоящей. Технические средства перехвата хорошо проработаны, доступны, просты в эксплуатации, а установить их, например на кабельную сеть, может кто угодно.

Криптография необходима для реализации сервисов безопасности: шифрование; контроль целостности.

Шифрование – наиболее мощное средство обеспечения конфиденциальности. Во многих отношениях оно занимает центральное место среди программно-технических регуляторов безопасности, являясь основой реализации многих из них, и в то же время последним (а подчас и единственным) защитным рубежом. Например, для портативных компьютеров только шифрование позволяет обеспечить конфиденциальность данных в случае кражи.

Различают два основных метода шифрования: симметричный и асимметричный. В первом из них один и тот же ключ (хранящийся в секрете) используется и для зашифровывания, и для расшифровывания данных. Разработаны весьма эффективные (быстрые и надежные) методы симметричного шифрования. Схема использования симметричного шифрования приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема использования симметричного шифрования.

Основным недостатком симметричного шифрования является то, что секретный ключ должен быть известен и отправителю, и получателю. С одной стороны, это создает новую проблему распространения ключей. С другой стороны, получатель на основании наличия зашифрованного и расшифрованного сообщения не может доказать, что он получил это сообщение от конкретного отправителя, поскольку такое же сообщение он мог сгенерировать самостоятельно.

В асимметричных методах используются два ключа. Один из них, несекретный (он может публиковаться вместе с другими открытыми сведениями о пользователе), применяется для шифрования, другой (секретный, известный только получателю) – для расшифровывания. Самым популярным из асимметричных является метод RSA, основанный на операциях с большими простыми числами и их произведениями. Схема использования асимметричного шифрования приведена на рис. 2.

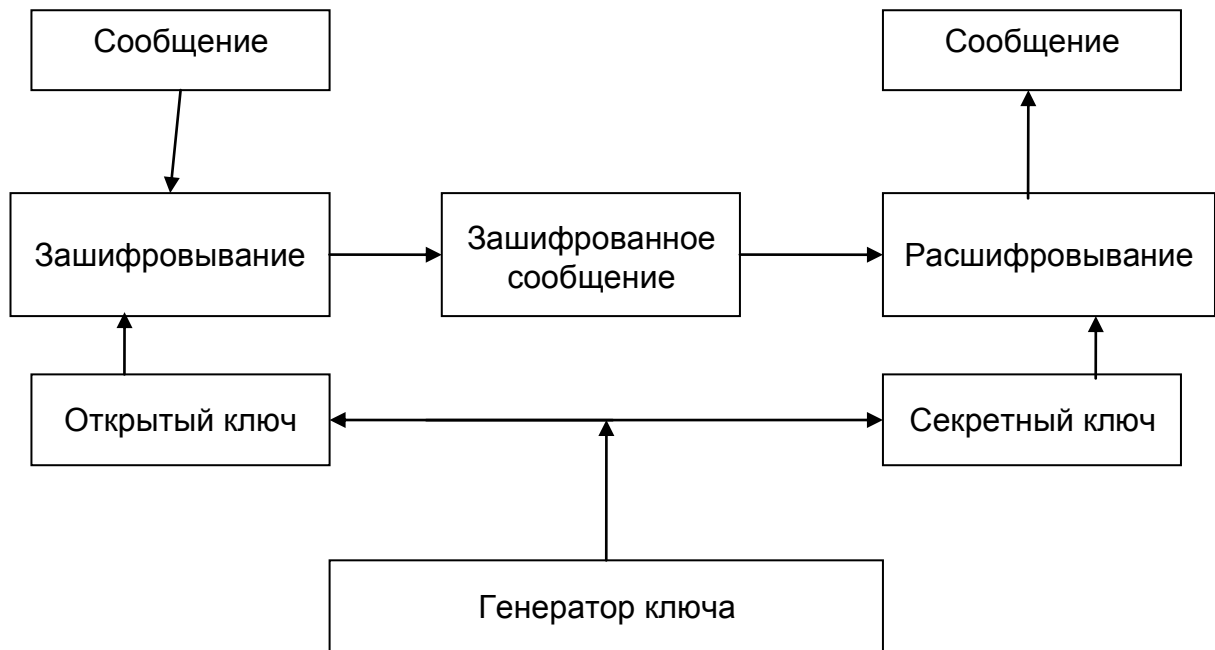


Рисунок 2 – Схема использования асимметричного шифрования

Существенным недостатком асимметричных методов шифрования является их низкое быстродействие, поэтому данные методы приходится сочетать с симметричными (асимметричные на 3-4 порядка медленнее). Так, для решения задачи эффективного шифрования с передачей секретного ключа, использованного отправителем, сообщение сначала симметрично зашифровывают случайным ключом получателя, затем этот ключ зашифровывают открытым асимметричным ключом получателя, после чего сообщение и ключ отправляются по сети. На рис. 3 показана схема эффективного шифрования, реализованная путем сочетания симметричного и асимметричного методов. На рис. 4 показана схема расшифровывания эффективно зашифрованного сообщения.

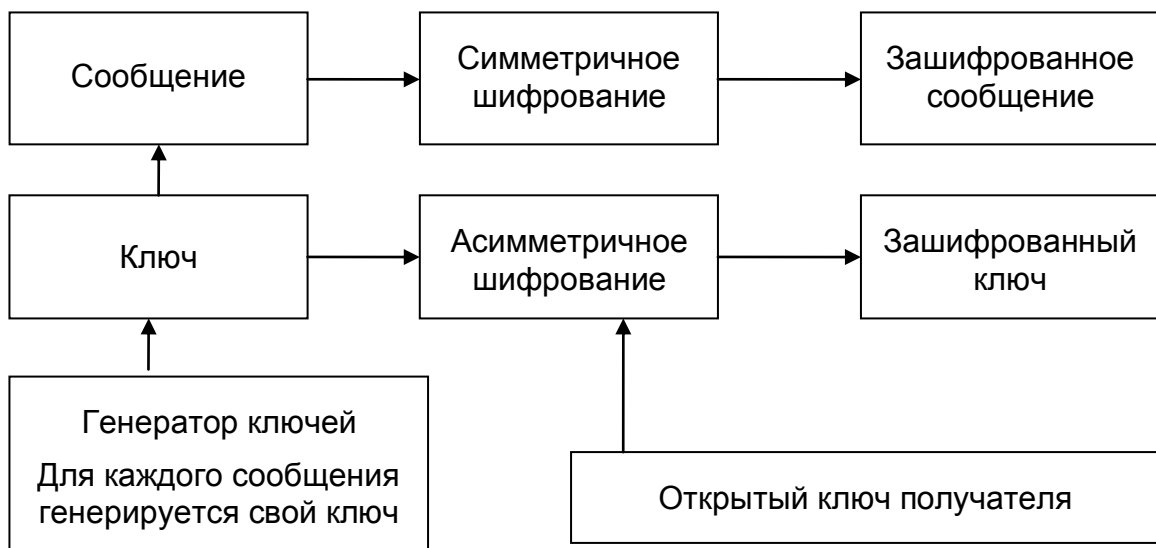


Рисунок 3 – Схема эффективного шифрования

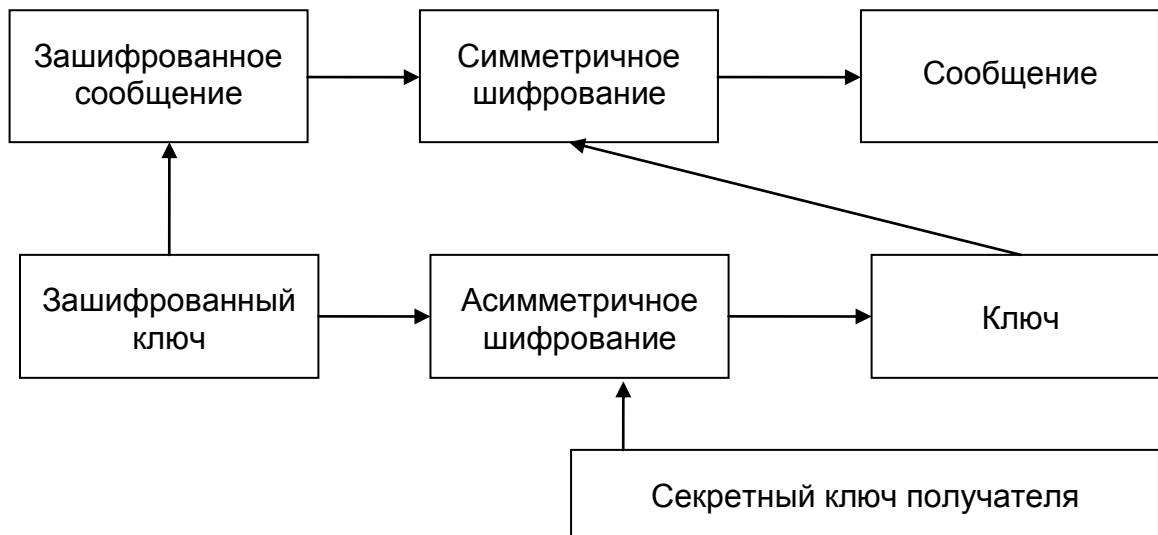


Рисунок 4 - Схема расшифрования эффективно зашифрованного сообщения

Отметим, что асимметричные методы позволяют решить важную задачу совместной выработки секретных ключей (это существенно, если стороны не доверяют друг другу), обслуживающих сеанс взаимодействия, при изначальном отсутствии общих секретов. Для этого используется алгоритм Диффи-Хелмана.

Защищенность алгоритмов шифрования основана на особенности классических современных вычислительных систем, а в частности, сложности операции разложения числа на простые числа (множители). Как правило, данная операция выполняется перебором значений, и для выполнения такой операции требует большое количество машинного времени. Таким образом, при определенной длине ключа данные становятся практически не расшифровываемыми, либо теряют свою актуальность.

Квантовая криптография: квантовый компьютер

В настоящее время ведутся разработки квантовых компьютеров. Квантовый компьютер - устройство, которое использует явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности. Основным элементом в таких вычислениях является кубит, или квантовый бит. За всеми этими словами кроется довольно сложная математика и физика, но если их максимально упростить, то получится примерно следующее.

В обычных компьютерах мы имеем дело с битами. Бит - единица измерения информации в двоичной системе. Он может принимать значение 0 и 1, что очень удобно не только для математических операций, но и для логических, так как нулю можно сопоставить значение «ложно», а единице – «истинно».

В квантовом компьютере основным элементом является кубит – квантовый бит. В отличие от обычного бита он находится в состоянии квантовой суперпозиции, то есть имеет значение и 0, и 1, и любые их сочетания в любой момент времени. Если в системе находится несколько

кубитов, то изменение одного также влечет за собой изменение всех остальных кубитов.

Это позволяет одновременно просчитывать все возможные варианты. Обычный процессор с его бинарными вычислениями, фактически просчитывает варианты последовательно. Сначала один сценарий, потом другой, потом третий и т.д. Чтобы ускорить, начали применять многопоточность, запуская вычисления параллельно, предвыборку, чтобы предугадывать возможные варианты ветвления и просчитывать их заранее. В квантовом компьютере это все делается параллельно.

Отличается и принцип вычислений. Квантовый компьютер уже содержит все возможные варианты решения задачи, задачей является только считывание состояния кубитов и выбор из них правильного варианта.

Одна из переборных задач выделялась своей кажущейся бесполезностью – разложение больших чисел на простые множители (то есть делящиеся нацело только на самих себя и единицу). Это называется «факторизация». Дело в том, что обычные компьютеры умеют довольно быстро перемножать числа, пусть даже и весьма большие. Однако с обратной задачей разложения большого числа, получившегося в результате перемножения двух простых чисел, на исходные множители обычные компьютеры справляются очень плохо. Например, чтобы разложить на два сомножителя число из 256 цифр, даже самому мощному компьютеру понадобится не один десяток лет. А вот квантовый алгоритм, который может решить эту задачу за несколько минут, придумал в 1997 году английский математик Питер Шор.

С появлением алгоритма Шора перед научным сообществом встала серьезная проблема. Еще в конце 1970-х годов, основываясь на сложности задачи факторизации, ученые-криптографы создали алгоритм асимметричного шифрования данных, получивший повсеместное распространение. В частности, с помощью этого алгоритма стали защищать данные в интернете — пароли, личную переписку, банковские и финансовые транзакции.

На сегодняшний день квантовый компьютер, на котором можно было бы запустить алгоритм Шора, еще не был создан. Но с развитием техники в ближайшем будущем асимметричное шифрование, применяемое для кодирования ключей симметричного шифрования в канале, станет уязвимым. Из этого следует, что необходимо передавать данные или ключи симметричного шифрования иными методами.

Основные принципы и алгоритмы квантового шифрования

Клод Э́лвуд Шённон - [американский инженер](#), [криптоаналитик](#) и [математик](#), который считается «отцом информационного века»

математически доказал, что передача информации является нерасшифровываемой, если сообщение зашифровано одноразовым случайным ключом, длина ключа равна длине сообщения и этот ключ известен только легитимным пользователям. Основная проблема при реализации такого метода состоит в распространении секретного ключа между пространственно удаленными пользователями. Классические методы связи не могут обеспечить, вообще говоря, секретность распространения ключа по открытым каналам связи, так как существуют методы незаметного подслушивания передачи, и нет гарантий возможности дальнейшей расшифровки. И, поскольку, развитие квантовых компьютеров в ближайшем будущем может привести к раскрытию (взлому) ключей асимметричного шифрования, существует необходимость поиска иных способов передачи ключа симметричного шифрования.

В настоящее время ведутся работы по созданию каналов связи, основанных на физических принципах, отличных от классического подхода, а в частности, в области квантовой физики. В качестве передающего звена при этом подходе используются фотоны.

Фотон – элементарная частица, не обладающая массой, квант электромагнитного излучения, обладающий спином на направление движения и импульсом.

Принцип неопределенности Гейзенберга гласит: невозможно одновременно получить координаты и импульс частицы, невозможно измерить один параметр фотона, не исказив другой. Иными словами, попытка измерения взаимосвязанных параметров в квантовой системе вносит в нее нарушения, разрушая исходные сигналы, - это означает возможность немедленного выявления перехватчика в канале связи.

Идеи квантовой физики и квантовой информатики, примененные к задачам передачи информации на дальние расстояния, предлагают решение проблемы распространения абсолютно случайного ключа по открытым каналам связи с гарантией его секретности. Безусловная секретность квантовой криптографии базируется на следующих запретах квантовой физики, которые накладываются на любой измерительный прибор:

- невозможно получить информацию о не ортогональных состояниях без их возмущения;
- невозможно достоверно скопировать неизвестное квантовое состояние (теорема „no cloning“).

Отсюда следует, что если в качестве носителей информации использовать одиночные квантовые объекты, то любая попытка вторжения несанкционированным лицом в процесс передачи неизбежно приведет к необратимому изменению квантовых состояний объектов, по которым факт вторжения может быть выявлен.

Первыми обосновали принципы и предложили первый протокол квантовой криптографии американцы Беннет и Брассард в 1984 г. Появление их первой экспериментальной работы вызвало большой интерес в мире, и с этого момента началось бурное развитие этого направления. В своей работе

Беннет и Brassard реализовали протокол распространения ключа - секретной последовательности нулей и единиц с помощью одиночных, поляризованных в двух неортогональных базисах фотонов. В дальнейшем этот протокол был назван BB84.

Передача осуществлялась на основе кодирования поляризационных состояний единичных фотонов, излучаемых импульсными полупроводниковыми лазерами, в двух альтернативных базисах, не ортогональных друг другу (протокол BB84).

Кратко рассмотрим основные принципы генерации квантового ключа на основе протокола BB84. Передающая сторона (традиционно называемая в литературе Алисой) подготавливает однофотонные состояния с линейной поляризацией в двух не ортогональных друг другу базисах: один, назовем его вертикальногоризонтальным, с поляризацией фотонов 0° и 90° , второй, назовем его диагональным, с поляризацией 45° и -45° . Алиса и приемная сторона (традиционно называемая Бобом) договариваются о коде каждой поляризации в двоичном представлении: например, фотоны с поляризацией 0° и 45° обозначают число 0, а фотоны с поляризацией 90° и -45° означают число 1. Во время передачи Алиса посылает последовательность фотонов, поляризация которых выбрана случайным образом, и может составлять 0° , 45° , 90° и -45° . Боб регистрирует пришедшие фотоны и для каждого из них случайным образом выбирает базис измерения. По открытому дополнительному каналу связи Боб сообщает Алисе, в каком базисе он провел измерение, но не сообщает результат этого измерения. Поскольку фотон может иметь значение и 0 и 1, то сообщение о факте регистрации фотона по открытому каналу не дает никакой информации постороннему подслушивателю (обычно называемой Евой). Алиса в ответ сообщает ему, правильный ли базис измерения был выбран для каждого фотона. Сохраняя в серии только измерения, проведенные в правильном базисе, Алиса и Боб создают уникальную случайную последовательность нулей и единиц, из которой затем и формируется секретный ключ. Важным этапом квантово-криптографической передачи является проведение проверочного теста о возможном перехвате информации по квантовому каналу. Для этого Алиса и Боб по открытому каналу делают проверочное сравнение случайно выбранной части полученного ключа. Если передача не прослушивалась, то сформированный код совпадает. Уровень ошибок в коде будет обусловлен шумами детектора и не идеальностью оптического канала связи. Если внешний подслушиватель на пути от Алисы к Бобу будет считывать информацию из квантового канала связи, то, поскольку передача ведется одним фотоном, он будет вынужден пытаться сгенерировать такой же фотон и заново отправить его к Бобу. В этом случае в соответствии с теоремой о невозможности клонирования состояния произвольного квантового объекта он необратимым образом разрушит поляризационные состояния фотонов и не сможет их воспроизвести с полной достоверностью. Это вызовет несовпадение в сформированном коде, и уровень ошибок, который выявится при открытом сравнении данных, будет значительно превышать уровень в передаче без подслушивания. Таким образом будет раскрыт факт

несанкционированного подслушивания квантовой линии связи и легальные пользователи смогут предпринять соответствующие меры безопасности. Фактически, использование двух не ортогональных друг другу базисов и уменьшение скорости передачи данных необходимы для достижения гарантии секретности. Также передача должна вестись однофотонными лазерными импульсами, так как присутствие в передаче многофотонных импульсов позволит Еве незаметным образом отвести часть фотонов на свои фотодетекторы, и тогда факт прослушивания не будет зафиксирован.

Протокол E91(EPR)

Протокол E91 был предложен А. Экертом в 1991 году. Второе название протокола – EPR, так как он основан на парадоксе Эйнштейна-Подольски-Розенберга. В протоколе предлагается использовать, например, пары фотонов, рождающихся в антисимметричных поляризационных состояниях. Перехват одного из фотонов пары не приносит Еве никакой информации, но является для Алисы и Боба сигналом о том, что их разговор подслушивается.

Эффект EPR возникает, когда сферически симметричный атом излучает два фотона в противоположных направлениях в сторону двух наблюдателей. Фотоны излучаются с неопределенной поляризацией, но в силу симметрии их поляризации всегда противоположны. Важной особенностью этого эффекта является то, что поляризация фотонов становится известной только после измерения. На основе EPR Экерт и предложил протокол, который гарантирует безопасность пересылки и хранения ключа. Отправитель генерирует некоторое количество EPR фотонных пар. Один фотон из каждой пары он оставляет для себя, второй посылает своему партнеру. При этом, если эффективность регистрации близка к единице, при получении отправителем значения поляризации 1, его партнер регистрирует значение 0 и наоборот. Ясно, что таким образом партнеры всякий раз, когда требуется, могут получить идентичные псевдослучайные кодовые последовательности.

Эксперименты по реализации данного протокола начались недавно. Их проведение стало возможным после получения источников спутанных пар с высокой степенью корреляции и продолжительным временем жизни.

Практическая реализация фотонных систем передачи ключа

Российскими учеными Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова» СО РАН В.Л. Курочкиным, И.И. Рябцевым И.Г. Неизвестным и др. получены экспериментальные результаты генерации квантового ключа. Работки Российских ученых создали условия для практической реализации систем связи с применением генерации запутанных фотонов.

Новосибирские ученые экспериментально исследовали методы генерации одиночных фотонов в заданном квантовом состоянии и последующего детектирования этих фотонов с разделением по их исходным

состояниям при низком уровне ложных измерений. Также была реализована модель полного перехвата всех фотонов в квантовом канале посторонним лицом и экспериментально продемонстрирована невозможность незаметного присутствия несанкционированного лица в квантовой линии передачи. В качестве детекторов использовались высокоскоростные модули счетчиков одиночных фотонов на основе кремниевых лавинных фотодиодов С30902S с активной схемой гашения лавины.

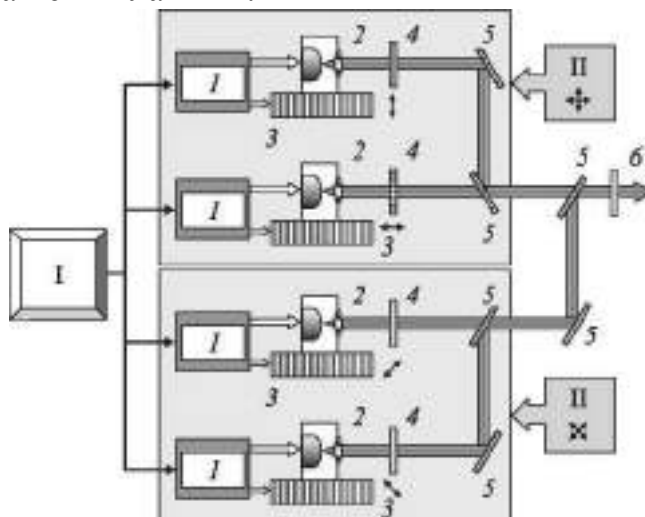


Рисунок 1. Схема передающего узла экспериментальной установки для квантовой криптографии с одиночными фотонами: 1 - источник питания полупроводникового лазера, 2 - полупроводниковый лазер, 3 - микрохолодильник на основе элемента Пельтье, 4 - поляризатор (призма Глана), 5 - зеркало, 6 - поглощающий фильтр. I - ЭВМ, II - базис.

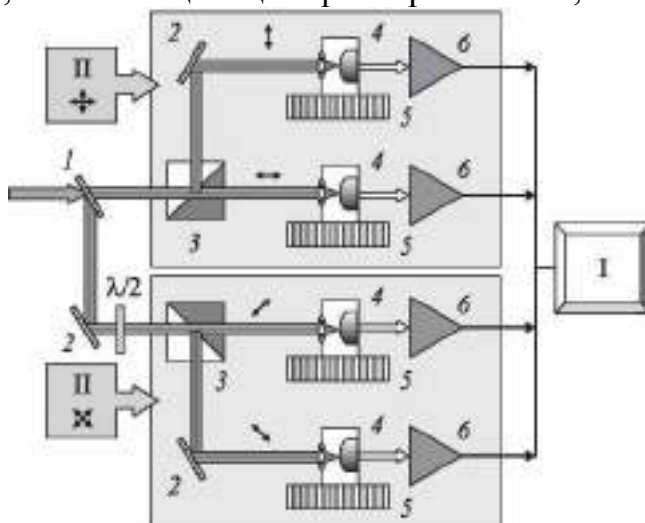


Рисунок 2. Схема приемного узла экспериментальной установки: 1 - светоделительное 50%-ное зеркало, 2 - зеркало, 3 - поляризационная разделительная призма Глана, 4 - лавинный фотодиод с собирающей линзой, 5 - микрохолодильник на основе элемента Пельтье, 6 - усилитель, $\lambda/2$ - полуволновая пластинка, I - ЭВМ, II - базис.

Схема их экспериментальной установки представлена на рисунках 1 и 2. Передающий узел (рис. 1) состоял из четырех полупроводниковых лазеров (2) ИЛПН-210, каждый из которых генерировал импульсы излучения с одной из четырех поляризаций 0° , 45° , 90° и -45° . Их лучи совмещались системой зеркал 5 в один луч, ослаблялись на выходе поглощающими фильтрами 6 и направлялись по оптическому каналу связи в приемный узел. Полупроводниковые лазеры с модулированным по току источником питания 1 работали в импульсном режиме с длительностью импульса 8-10 ns. Длина волны генерации излучения находилась вблизи 830 nm. Лазеры термостабилизировались с помощью полупроводниковых микрохолодильников 3 на основе элементов Пельтье. Каждый лазер генерировал импульс когерентного излучения при подаче на его источник питания управляющего импульса от компьютера.

Ослабленные лазерные импульсы попадали на вход приемного узла (рис. 2) и разделялись на два луча светоделительным 50%-ным зеркалом 1. Луч, прошедший прямо (рис. 2), направлялся на поляризационную разделительную призму Глана 3, которая направляла фотоны, пришедшие в вертикально-горизонтальном базисе, каждый в свой фотоприемник 4 с коэффициентом разделения не хуже 10^4 . Фотоны, пришедшие в диагональном базисе, с равной вероятностью 50% попадали на любой из этих двух фотоприемников. Вторая часть входного луча, отклоненная входной светоделительной пластинкой, проходила вначале через полуволновую пластинку $\lambda/2$, после которой поляризация фотонов поворачивалась на 45° . В результате пришедшие в диагональном базисе фотоны распределялись с помощью поляризационной разделительной призмы с высоким коэффициентом разделения по соответствующим фотоприемникам. Фотоны, пришедшие в другом базисе, попадали на любой из этих двух фотоприемников с равной вероятностью.

Устройство приемного узла позволяет настроить передающий узел так, чтобы в каждом лазерном импульсе после выходного ослабителя находилось в основном не более одного фотона.

Последовательно настраивая мощность генерации каждого из лазеров, можно установить требуемое среднее число фотонов в световых импульсах передающего узла.

Поскольку для секретности передачи требуется присутствие не более одного фотона в каждом лазерном импульсе, то к фотодетекторам приемного узла предъявляются высокие требования. Они должны обладать высокой квантовой эффективностью регистрации, малыми шумами и достаточно высокой скоростью счета. Криптосистемы для передачи ключа по открытому пространству работают в диапазоне длин волн $\sim 0.85 \mu\text{m}$, который соответствует окну прозрачности атмосферы. На сегодняшний день наилучшими однофотонными детекторами в этой области являются лавинные фотодиоды. В нашей установке в качестве однофотонных детекторов применялись специально отобранные лавинные фотодиоды (ЛФД) С30902S производства фирмы EG&G - одни из наиболее чувствительных для

диапазона $0.8 \text{ }\mu\text{m}$. На их основе был разработан и изготовлен высокоскоростной счетчик одиночных фотонов с активной схемой гашения лавины. Для счета отдельных фотонов ЛФД включают так, чтобы они работали в гейгеровской моде когда один фотон способен вызвать лавину носителей заряда. Фотодиоды в трех детекторах (рис. 2,4) были подключены по схеме с пассивным гашением лавины, а один - с активным гашением. Балластное сопротивление $200 \text{ k}\Omega$ ограничивало ток в ЛФД.

Сигнал снимался с нагрузочного сопротивления $50 \text{ }\Omega$, усиливался усилителем б и поступал на формирователь стандартных *TTL* импульсов для сопряжения с компьютером. Если приложить к фотодиоду напряжение выше некоторого порогового $U(BR)$, то при попадании на него фотона происходит лавинное размножение носителей заряда и коэффициент усиления у этих ЛФД может достигать $10^5 - 10^6$. Вероятность регистрации одного фотона достигает 50% для всей длины волны 830 nm . Для уменьшения собственных шумов диоды охлаждались полупроводниковыми микрохолодильниками Пельтье до -20° C . Частота появления шумовых импульсов ЛФД в гейгеровской моде зависит от температуры и приложенного к нему напряжения сверх порогового.

Эпюры процесса генерации ключа приведены на рисунке 3.

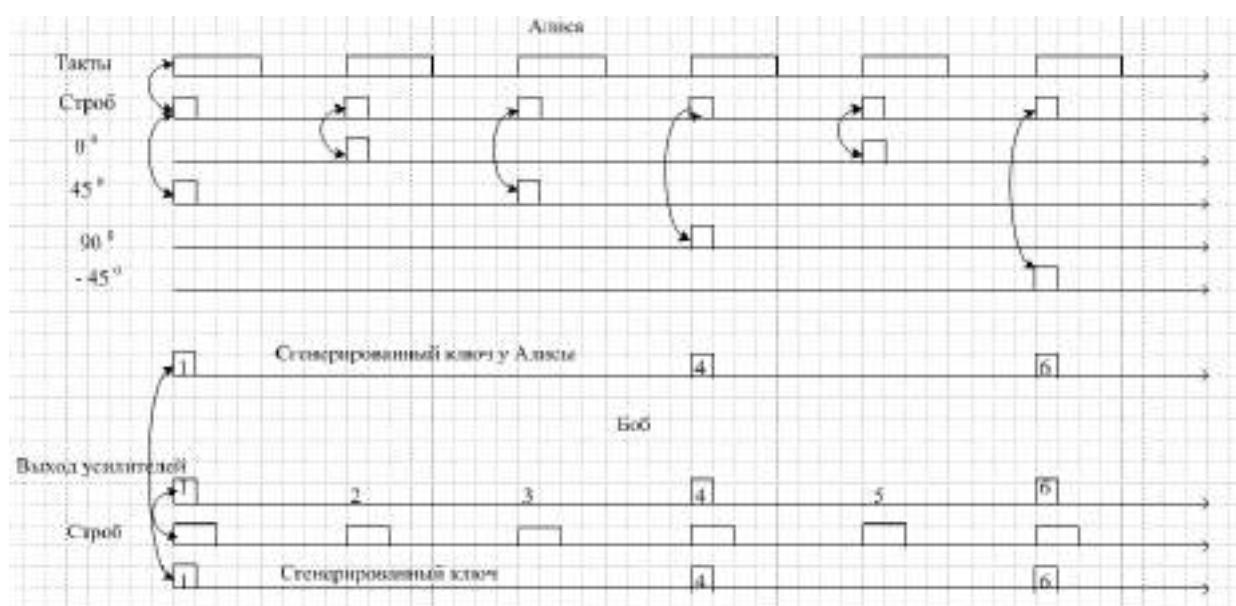


Рисунок 3. Эпюры процесса генерации ключа

Процесс генерации квантового ключа в их эксперименте происходил следующим образом. Компьютер Алисы задавал тактовую частоту повторения лазерных импульсов. На каждый такт вырабатывался синхроимпульс (строб), который посылался Бобу для синхронизации передачи-приема. Одновременно со стробом другой импульс подавался случайным образом на один из четырех лазеров, этот лазер генерировал световой импульс длительностью 10 ns . Для выработки случайного числа использовался программный генератор случайных чисел, хотя в общем случае предпочтительнее применять генератор случайных чисел на основе

естественных шумовых процессов. Боб, получив синхроимпульс, вырабатывал дополнительно собственный строб-импульс длительностью 20ns. Импульсы с фотоприемников регистрировались только во время подачи строба. Это позволяет избавиться от большей части собственных шумовых импульсов фотоприемников.

Выходной импульс с ЛФД считался информационным только при временном совпадении с лазерным импульсом. Все собственные шумы, не попавшие во время строб-импульса, не доходили до счетчика импульсов. Данные с четырех фотодетекторов считывались по синхроимпульсу компьютером Боба.

Если с какого-либо фотодиода приходил импульс в течение строб-импульса, то Боб запоминал эти данные, номер тактового импульса и вырабатывал для Алисы сигнальный импульс, по которому она запоминала номер импульса и какой из лазеров в этом такте сработал. Поскольку среднее число фотонов в световом импульсе было много меньше единицы, то запоминать всю передачу не было необходимости.

Входное 50%-ное зеркало I случайным образом направляло фотон в вертикально-горизонтальный или диагональный базис для регистрации. Если базисы Боба и Алисы совпали, то результатам измерений присваивался очередной порядковый номер и они заносились в файл создания ключа, в противном случае данные отбрасывались. В соответствии с протоколом BB84 после такой процедуры у Алисы и Боба генерировался согласованный случайный секретный ключ.

Скорость генерации ключа зависит от тактовой частоты повторения лазерных импульсов, количества n фотонов в импульсе и частотных характеристик ЛФД. В этом эксперименте скорость генерации ключа ограничивалась темпом обмена данными между компьютером и приемопередающими узлами, что соответствовало тактовой частоте передачи 100kHz.

На этой же установке также была смоделирована ситуация несанкционированного перехвата подслушивателем всех фотонов своими детекторами и попытки передачи перехваченных данных Бобу. При сравнении полученного кода в этом случае по открытому каналу сразу же выяснилось, что процент ошибок в коде увеличился в десятки раз и факт присутствия подслушивателя на квантовой линии связи был выявлен. На рисунке 4 приведен внешний вид устройства распределения ключа.



Рисунок 4. Устройство для квантового распределения ключа в лабораторных условиях

Другой способ эффективной генерации запутанных фотонов сделанный американцем Шилдсом и его коллегами, приведен на рисунке 5.

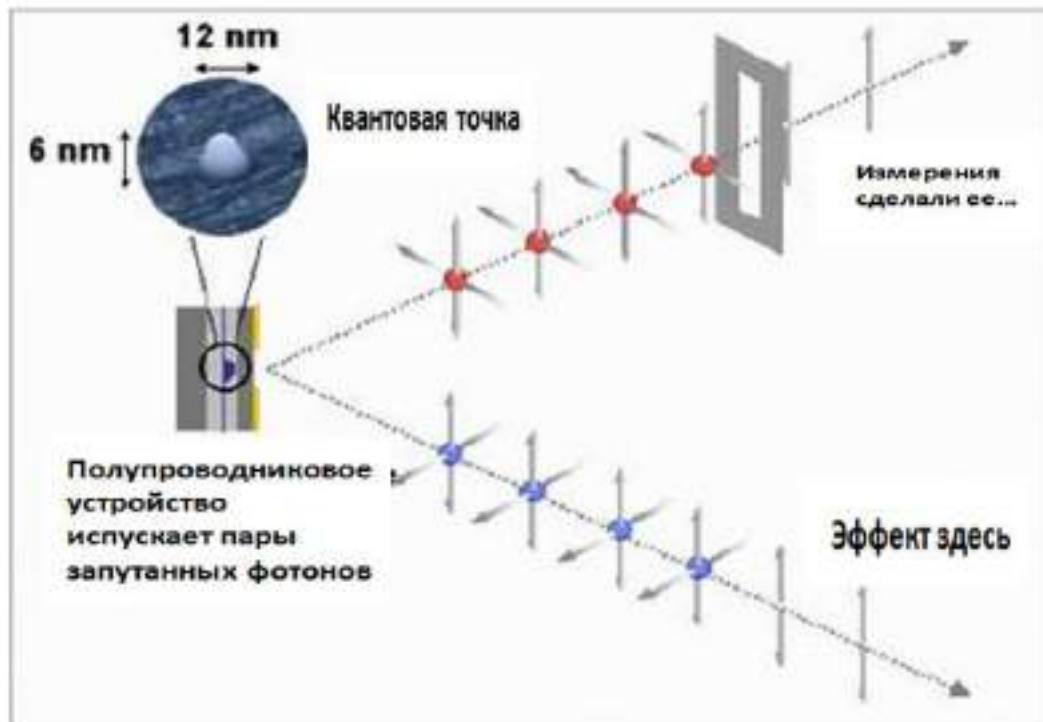


Рисунок 5. Генерация связанных фотонов с помощью квантовых точек

Генерация связанных фотонов осуществлялась с помощью квантовых точек – кристаллов с диаметром 12 нанометров, сделанных из арсенида индия, заключенных в полости внутри арсенида галлия или арсенида алюминия. При возбуждении лазерным импульсом, квантовая точка захватывала два электрона и две дырки, формируя двух-экситонное состояние. Затем, первая пара электрон-дырка рекомбинировала, излучая фотон. Оставшаяся вторая пара - промежуточное возбужденное состояние - после этого также рекомбинировала, порождая второй фотон.

По заявлению ученых, поляризации излученных фотонов определяются спинами электрона и дырки в промежуточном возбужденном состоянии, где возможны две конфигурации спинов. Рекомбинация из этого состояния приводит к излучению либо вертикально, либо горизонтально поляризованных фотонов.

Уникальной особенностью этого источника является то, что он генерирует фотоны «по требованию», то есть под действием внешнего импульса. Подобный источник будет важен для многих приложений, таких как квантовая коммуникация или вычисления, где работа затвора будет управляться внешними часами.

WDM-технология

WDM (*wavelength-division multiplexing*), - мультиплексирование с разделением по длине волны) - технология, позволяющая одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах. WDM-технология это альтернативный подход в системах квантовой криптографии, основанных на применении боковых (поднесущих) частот в результате фазово-частотной модуляции квантовые сигналы выносятся на соседние частотные компоненты (рисунок б).

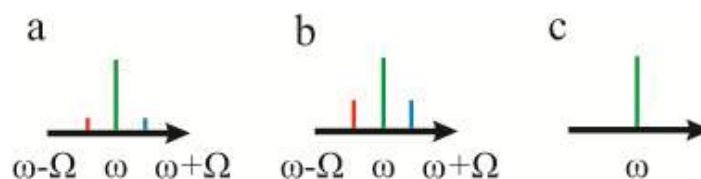


Рисунок 6. Спектр оптического сигнала после модуляции в блоке отправителя (а) и получателя в случае конструктивной (б) и деструктивной (с) интерференции.

При этом спектральный интервал между несущей и боковыми частотами определяется параметрами модулирующего сигнала и составляет порядка 10-20 пм. Системы на боковых частотах характеризуются более высокой скоростью генерации ключей и низкой вероятностью возникновения ошибок. Однако их главным преимуществом является возможность генерировать сразу несколько боковых частот в окрестности одной

центральной, что позволяет размещать до 10 независимых квантовых каналов внутри одного окна мультиплексора.

Данная технология позволяет увеличить спектральную эффективность систем квантовой криптографии в оптических сетях (с 4% до 40% и более). При этом скорость передачи данных достигает 400 Мбит/с. (сейчас скорость лучших в мире квантовых систем всего 2 Мбит/с на расстоянии 50 км), в то время как пропускная способность канала в сети Ethernet - порядка 1 Гбит/с.

На рисунке 7 приведена упрощённая схема системы квантовой криптографии, основанной на применении поднесущих частот. Полупроводниковый лазер генерирует излучение с узким спектром на длине волны 1550 нм. После этого излучение поступает в фазовый модулятор FM1, управляемый электронным блоком управления (electronic control unit). В результате фазовой модуляции в излучении появляются две боковые частоты, отличающиеся от несущей на величину модулирующего радиосигнала 4,4 ГГц.



Рисунок 7. Схема системы квантовой криптографии, основанной на применении поднесущих частот

Мощность боковых частот контролируется путем изменения амплитуды модулирующего сигнала. Модулированный сигнал поступает на аттенуатор АТ, на выходе которого мощность сигнала на боковых частотах соответствует среднему числу фотонов на импульс (порядка единицы). Каждый бит передаваемого сигнала кодируется с помощью фазового сдвига ФА, добавляемого в модулирующий сигнал. Фазовый сдвиг контролируется электронным блоком управления и на каждый бит выбирается случайно из четырех величин: 0; $\pi/2$; π и $3\pi/2$.

Электронные блоки управления в передающем и принимающем модулях синхронизируются с помощью сигнала специальной формы: синусоиды с частотой 10 МГц и стробирующего импульса длительностью 10нс. Стартовый строб-сигнал инициирует генерацию ключа, а последующие - синхронизируют запись квантовых отсчетов в буферную память передающего и принимающего модулей. Модуляционные генераторы

передающего и принимающего модулей синхронизирует синусоидальный сигнал. Синхросигналы передаются по отдельному оптическому волокну.

Криптографический ключ генерируется по протоколу BB84 с сильным опорным импульсом. Квантовый сигнал в принимающем модуле возникает в момент прохождения лазером поляризационного контроллера, фазового модулятора FM2 и спектрального фильтра CF, подключенных последовательно.

Спектральный фильтр выделяет сигнал боковых частот, который отслеживается с помощью детектора (счетчика) фотонов DOF. На этом этапе сигнал подвергается повторной фазовой модуляции. Фазовый модулятор FM2 управляется электронным блоком управления, а битовая последовательность кодируется точно так же как в передающем модуле.

Частота смены фазы равна 100 МГц. Фазовый модулятор вносит в модулирующий сигнал сдвиг фазы ФВ; каждый битовый сдвиг выбирается случайным образом из четырех возможных величин. Результирующая мощность поднесущей волны зависит от фазовых сдвигов ФА и ФВ.

Если $\Phi_A = \Phi_B$, то возникает усиливающая интерференция (рис. 8б), и мощность оптического сигнала оказывается отличной от нуля. Если $\Phi_A - \Phi_B = \pi$, то проявляется ослабляющая интерференция (рис. 8а), а мощность оптического сигнала оказывается сопоставимой с шумом темнового тока детектора фотонов. Состояния с разностью фаз $\pi/2$ отбрасываются.

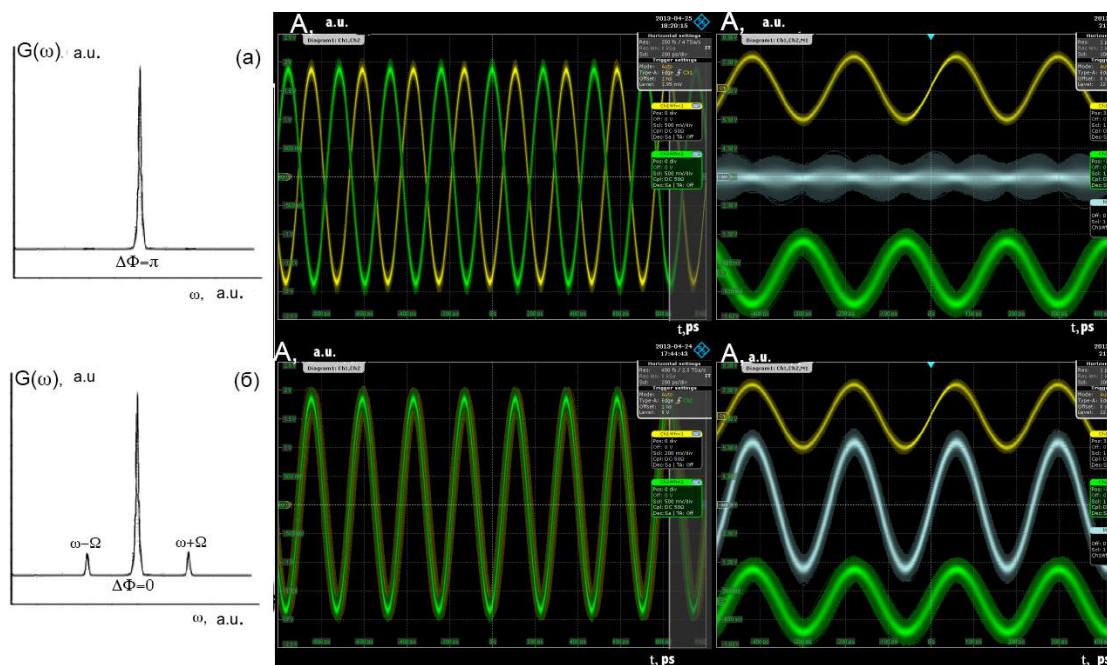


Рисунок 8. Спектр и осциллограмма (а) ослабляющей и (б) усиливающей интерференции

Реализация системы позволяет создавать сети нового типа, которые можно использовать для разработки комплексных систем безопасности и

связи, а также как основу безопасной передачи данных для других решений. Например, для защиты управляющих сигналов беспилотных самолетов.

С пользовательской стороны систему можно применять в программном обеспечении, реализующем режимы обмена данными между клиентами.

Заключение

Квантовая криптография уже заняла место среди систем, обеспечивающих конфиденциальность передаваемой информации. При условии быстрого развития квантовых компьютеров, использование систем на основе запутанных фотонов может стать одной из основных сфер в области защиты информации для передачи данных в различных каналах связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ: ПРИНЦИПЫ, ПРОТОКОЛЫ, СИСТЕМЫ» - Д.М. Голубчиков, К.Е. Румянцев
2. <https://habr.com/ru/> - «О квантовой криптографии. Протоколы E91 & Lo05» - 27.11.2016
3. Физика. Квантовая физика: учебник/ Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов, Ю.Ю. Крючков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 320 с.
4. Приказ ФСБ России от 09.02.2005 № 66 «Об утверждении Положения о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005)»
5. Лекционные материалы «основы криптографии» - 2018 г.
6. «Современные способы генерации фотонных пар для формирования чистых однофотонных состояний на основе применения фотонно-кристаллических волокон»: статья/ А.А. Галипов – Инженерный вестник Дона, №3, 2016
7. <https://naukatehnika.com> - «Квантовый компьютер. Революции быть?»: статья – янв. 2016 г.
8. «ИСТОЧНИКИ И ДЕТЕКТОРЫ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ НА ОСНОВЕ МИКРО- И НАНООПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР»: статья – Г.П.Мирошниченко -2011.

Колотов Антон Сергеевич,
инженер-конструктор 3 категории
Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

Наставник
Бояршинов Михаил Анатольевич,
главный специалист по радиоточкам

«Анализ влияния различных антенн на дальность связи устройств с дистанционным управлением в ISM диапазоне»

Введение

Беспроводные технические средства передачи информации в области связи в современном мире удерживают лидирующие позиции. В процессе разработки радиосистемы инженер, как правило, оптимизирует все остальные параметры для того, чтобы добиться максимальной дальности связи. Это позволяет избежать повышения выходной мощности, применения ретрансляторов или усилителей. Анализ нарушений радиосвязи показывает, что в 90% случаев причинами таковых являются необоснованное назначение рабочих частот и неправильный выбор типа антенн и мест их развертывания. Именно о выборе антенн пойдет речь далее.

Антенны, применяемые в конструкции комплекса

Разрабатываемый комплекс работает в разрешенном ISM диапазоне, в соответствии с выбранным частотным диапазоном представлен набор антенн. Устройства ISM диапазона не требуют лицензирования на территории РФ, при условии соблюдения требований по ширине полосы и излучаемой мощности. В России на основании решений Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) для этих целей выделено несколько таких диапазонов, наиболее часто используемые: диапазон от 433,075 до 434,750 МГц, от 446 до 446,1 МГц, от 868 до 868,2 МГц, а также диапазон от 2400 до 2483,5 МГц. В разрабатываемом комплексе, состоящем из двух модулей (далее по тексту модуль 1 и модуль 2 - сокращенно М1, М2) обычно применяются выносные антенны.



Использование выносных антенн значительно увеличивает дальность связи, уменьшает влияние источников помех. Согласно техническому заданию, антенна модуля 1 должна располагаться на (в) корпусе устройства в защищенной зоне. Это накладывает ограничения на размеры и конструкцию антенны. В связи с этим для модуля 1 рассматривались антенны типа: спираль, полосковая (патч) и рамочная магнитная. К основным достоинствам этих типов антенн следует отнести малогабаритность, вполне достойную эффективность. Недостаток спиральной антенны проявляется в высокой

чувствительности к любым предметам, подносимым к антенне, в то время как рамочная и полосковая антенны частично лишены этого.

В отношении модуля 2 особых ограничений не налагалось. Поэтому был выбран волновой канал, обладающий сравнительно высоким коэффициентом усиления и хорошей направленностью, при простоте конструкции и J-антенна. На зарубежных источниках распространены отличные отзывы в применении такой антенны для портативной техники. Конструкция ее проста, она легко настраивается и согласуется с фидером любого сопротивления.

Название антенн а также их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Варианты антенн.

| Наименование антенны | Тип | Характеристики | Изображение |
|--------------------------|----------------|---|---|
| АХ-410У (Antex) покупная | волновой канал | Диапазон: 430-470 МГц; Rвх=50 Ом; Усиление 10dBi; Габариты, мм: 800x340x30; Вес 700 г. Порошковая покраска |  |
| J-антенна самодел. | J-антенна | Диапазон: 432-447 МГц; Rвх=50 Ом; Усиление 3dBi; Габариты, мм: 510x22 (вертикальный цилиндр); Вес 200 г. Пластиковая оболочка |  |

Продолжение таблицы 1.

| Наименование антенны | Тип | Характеристики | Изображение |
|-------------------------------|----------------------------|---|--|
| DAA043SA 64S (Dorji) покупная | Спиральная антенна | Диапазон: 430-446 МГц; Rвх=50 Ом; Усиление 3dBi; Габариты, мм: 64x8 (вертикальный цилиндр); Вес 7 г. Пластиковая оболочка |  |
| ВУ-433-05 (Веуноор) покупная | патч-антенна | Диапазон: 418-448 МГц; Rвх=50 Ом; Усиление 2,15dBi; Габариты, мм: 115x22 x4 (вертикальная пластина); Вес 25 г. Пластиковая оболочка |  |
| Рамочная самодел. | рамочная магнитная антенна | Диапазон: 440-446 МГц; Rвх=50 Ом; Усиление 3-4dBi; Габариты, мм: 40x60x2,2 (вертикальная пластина); Вес 15 г. Пластиковая оболочка |  |

Расчет дальности связи на местности

Дальность приема в открытой системе и свободном пространстве приближенно можно оценить по уравнению Фрииса:

$$Pr = Pt * Gt * Gr * \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2, \quad (1)$$

где Pr - мощность, полученная от приемной антенны;
 Pt - мощность, подаваемая на передающую антенну;

G_r - коэффициент усиления приемной антенны;
 G_t - коэффициент усиления передающей антенны;
 R - расстояние;
 λ — длина волны; $\lambda = c/f$;
 c - скорость света в вакууме = $299,792458 \times 10^6$ м/с;
 f — частота.

Уравнение (1) описывает уровень сигнала в приемнике относительно выходной мощности передатчика, расстояния, длины волны и коэффициентов усиления антенн. Разность между мощностью полученного сигнала P_r и чувствительностью приемника называется энергетическим запасом или защитной полосой [1].

Например, мощность, полученная от приемной антенны на расстоянии 1000 м при работе на частоте 446 МГц и значениях $P_t=500$ мВт (27 дБм); $G_r = 0,83$ дБ; $G_t = 0,83$ дБ, рассчитанная по стандартному выражению Фрииса, составляет:

$$P_r = 0,5 * 0,83 * 0,83 * \left(\frac{3 * 10^8}{\frac{446 * 10^6}{4\pi * 10^3}} \right)^2 = 9,869 * 10^{-10} \text{ Вт},$$

что эквивалентно -60,057 дБм.

Экспериментальная оценка дальности связи на местности

Целью испытаний является оценка дальности передачи данных между радиомодулями, оценка вероятности ошибки передаваемых данных, а также выявление зависимости дальности связи от типа используемой антенны. Оценка по уравнению Фрииса должна быть скорректирована. Для реалистической оценки ожидаемого расстояния должны быть приняты во внимание дополнительные потери. Факт наличия или отсутствия связи оценивался с помощью встроенного в модуль приемопередатчика цифрового показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI) с учетом вносимых потерь. RSSI описывает средний уровень мощности принимаемого сигнала при приеме пакета. Данный метод не является сверхточным, но позволяет решить поставленную задачу.

Для проверки дальности связи использовались две макетные платы с трансивером RFM23BP. Одна из них играла роль модуля 1, а другая - модуля 2. Плата M1 крепилась к установке, расположенной в непосредственной близости к земле. Плата M2 была расположена в фиксированном положении нулевая точка отсчета на рисунке 1 на высоте $1 \pm 0,1$ метра. Плата M1 перемещалась относительно точек замера. Скорость передачи данных по радиоканалу 64 кбит/с, тип модуляции GFSK, таймаут опроса 20 мс. Частота, на которой работали устройства - 446 МГц. Измерения в каждой точке проводились со сменой типа антенны на плате M1 с фиксацией значений RSSI и процента пропуска пакетов (оценивался на 30-50 пакетов). Мощность в приемопередатчике установлена на уровне 0,5 Вт, это максимально

допустимая мощность для нашего ISM диапазона. Результаты измерений сведены в таблицы 2, 3.

Испытания J-антенны

Условия эксперимента: к M2 подключена J-антенна, к M1 попеременно подключались спиральная, рамочная и патч- антенны. Рамочная и патч-антенны располагалась вертикально и были ориентированы на M2 ребром. Антенны располагались вертикально к плате M1.

Таблица 2. Результаты измерений.

| Точка отсчета | Расстояние, м | Тип антенны | | |
|---------------|---------------|-------------|------------|----------|
| | | рамочная | спиральная | патч |
| 1 | 352,85 | - | - | 83 (4%) |
| 2 | 676,36 | - | - | 92 (20%) |
| 3 | 888,14 | - | - | - |

Примечание: в скобках указан процент пропущенных пакетов

Результаты испытания показывают, что наилучшую дальность система показывает при использовании покупной патч антенны, но эти показатели недостаточны и находятся на грани возможной работы комплекса, поскольку в целом он должен обеспечивать уверенную работу на расстоянии до 1000м включительно. При использовании рамочной и спиральных антенн, связь на отметке более, чем 300м установлена не была.



Рисунок 1 - Схема проведения испытаний, полученная со спутника.

Испытания антенны волновой канал

Условия эксперимента: к M2 подключена антенна типа волновой канал, к M1 попеременно подключались спиральная, рамочная и патч-антенны. Рамочная и патч-антенны располагались вертикально и были ориентированы на M2 ребром.

Таблица 3. Результаты измерений

| Точка отсчета | Расстояние, м | Тип антенны | | |
|---------------|---------------|-------------|------------|-----------|
| | | рамочная | спиральная | патч |
| 1 | 352,85 | 103 (0%) | 88 (87%) | 103 (0%) |
| 2 | 676,36 | 102 (13%) | 80 (98%) | 105 (13%) |
| 3 | 888,14 | 98 (5%) | - | 107 (10%) |
| 4 | 1040,00 | 94 (16%) | - | 103 (12%) |

Примечание: в скобках указан процент пропущенных пакетов

Результаты испытания показывают, что при использовании волнового канала со стороны М2 можно применить как рамочную, так и патч- антенны со стороны М1. Дальность связи, более чем соответствует поставленным требованиям, оставляя при этом некий запас. При этом пропуск пакетов не превышает 10% на всей дистанции. Нижняя граница RSSI находится на уровне 80 единиц.

Заключение

Факт установления связи может быть оценен с помощью показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI), а дистанция связи может быть оценена с помощью систем GPS/ГЛОНАСС на мобильном устройстве с закреплением точек по координатам широты и долготы. По результатам испытаний можно сказать, что наиболее оптимальным вариантом считается использование волнового канала со стороны М2 и рамочной антенны - со стороны М1. Связь была обеспечена на требуемом расстоянии. Патч- антенна оказалась более чувствительна к длине антенного кабеля. Хотя ее использование тоже допустимо. Было предсказуемо, что волной канал даст значительный выигрыш по дальности в сравнении с J-антенной, а его габариты не являются критичными для модуля 2.

Список литературы

1. Никитин А. Чип- и патч- спешат на помощь: ВЧ- компоненты Yageo для беспроводных систем - URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2013/4/2-chip-i-patch-speshat-na-pomoshh-vch-komponentyi-yageo-dlya-besprovodnyih-sistem> (дата обращения: 22.10.2018).
2. Ричард У. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? - URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2015/11/2-maksimalnaya-dalnost-svyazi-po-radiokanaluv-sisteme-kak-etogo-dobitsya/> (дата обращения: 20.10.2018).
3. Бакулев П.А. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004.

Красноперов Егор Яковьевич,
инженер-конструктор II категории
ОГТ №56

Наставник
Красноперова Вера Александровна,
начальник КТБ-2

«Перспективная технология изготовления деталей из алюминия для ОКР и единичного производства»

Введение

Стоимость литых деталей определяют не только технологическим процессом их изготовления, но и стоимостью металла. Особенно это заметно при использовании дорогостоящих литейных сплавов — легированных сталей, оловянных бронз, титановых сплавов и др. Поэтому при выборе способа литья для получения заготовки в первую очередь должен быть рассмотрен вопрос экономии металла.

Металлоемкость литых деталей можно снизить конструктивными и технологическими мероприятиями, направленными на получение облегченных, но более прочных деталей.

Таким образом, первым этапом при выборе способа получения заготовки является оценка ее технологичности. При переходе непосредственно к выбору способа получения отливки необходимо оценить все положительные и отрицательные стороны возможных технологических процессов получения литой заготовки, т. е. провести сравнительный анализ.

Основные факторы, которые необходимо учитывать при сравнении различных **способов литья**, следующие.

1. Для получения качественных отливок в первую очередь необходимо учитывать технологические свойства сплава (жидкотекучесть, склонность к усадочной и газовой пористости, к ликвации и т. п.). Если сплав обладает пониженной жидкотекучестью, то нежелательно применение литья в металлические формы. Жидкотекучесть повышается при литье под давлением, центробежном, по выплавляемым моделям, штамповке жидкого металла. Если сплав имеет высокую склонность к усадке, нежелательно применение литья в металлические формы и под давлением, так как в первом случае возможно образование трещин из-за низкой податливости формы, во втором — повышение трудоемкости изготовления отливки из-за сложности установки прибылей, усложнения пресс-формы.

2. Следует учитывать возможности способов в получении отливок без дефектов литейного происхождения, а также возможности способов литья в обеспечении равномерной, мелкозернистой структуры, более высоких механических свойств.

3. При выборе способа литья необходимо учитывать технологичность конструкции детали применительно к каждому из рассматриваемых способов.

Тонкостенные отливки наиболее сложных конструктивных форм можно получить литьем по выплавляемым моделям и под давлением. При литье в кокиль форма отливки должна быть по возможности более простой, при центробежном литье основной тип деталей — тела вращения.

Необходимо также учитывать толщину стенок — наиболее тонкие стенки обеспечивает литье по выплавляемым моделям, при литье в кокиль стенки отливок более толстые, чем при литье в песчано-глинистые формы, и т. д. Специальные способы литья целесообразно применять для получения мелких и средних по массе отливок; при литье в песчано-глинистые формы габаритные размеры и масса отливок не ограничены.

По возможности всегда следует **выбирать такой способ литья**, который обеспечил бы в отливке заданные точность и параметр шероховатости поверхности. Высокая чистота поверхности отливок дает возможность сохранить при механической обработке литейную корку, имеющую повышенные твердость и износостойкость, резко снизить себестоимость готовых деталей за счет экономии металла и снижения трудоемкости при механической обработке.

Точность и шероховатость отливок для различных способов литья

| Квалитеты | | | | | | | Параметры шероховатости Rz , мкм | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| 8 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 320-160 | 160-80 | 80-40 | 40-20 | 20-10 | 10-6,3 | 6,3-3,2 | 3,2-1,6 |
| Литье под давлением | | | | | | | | | | | | | | |
| | | + | + | | | | | | + | + | + | + | + | |
| Литье по выплавляемым моделям | | | | | | | | | | | | | | |
| | | + | + | + | | | | | + | + | + | | | |
| Литье в оболочковые формы | | | | | | | | | | | | | | |
| | | + | + | + | | | | + | + | + | | | | |
| Литье в кокиль | | | | | | | | | | | | | | |
| Черное | + | + | + | + | | | + | + | + | | | | | |
| Цветное | + | + | + | | | | | + | + | + | | | | |
| Литье в песчано-глинистой форме | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовое | | + | + | + | + | | + | + | + | | | | | |
| Серийное | | | + | + | + | | + | + | + | | | | | |
| Единичное | | | + | + | + | | + | + | + | | | | | |

Возможности имеющегося оборудования, а также уровень литейной технологии и технологии механической обработки.

Как говорилось выше, наиболее точным показателем, определяющим эффективность применения того или иного способа литья, является себестоимость. Для подсчета себестоимости нужно иметь технически обоснованные нормативные данные по расходу материалов, трудовым затратам и расценкам на выполнение различных процессов и операций в заготовительных и механических цехах. Как правило, такие нормативы имеются на предприятиях.

Для сравнения экономичности применения различных способов литья также следует учитывать трудоемкость, которая зависит от массы и сложности отливок, технических требований, предъявляемых к отливкам, типа производства и его организации, а также от степени механизации и автоматизации технологического процесса. С увеличением объема производства трудоемкость и себестоимость литья уменьшаются. На трудоемкость и себестоимость отливок большое влияние оказывают сложность отливок и требования, предъявляемые к отливкам.

В таблице приведены значения расхода материала для некоторых способов литья.

Технико-экономические показатели способов литья

| Литье | Область применения | Масса, кг | Размеры, мм | Толщина стенок, мм | $K_{в.т}$ | $K_{в.г}$ |
|---------------------------|--|-----------------|-------------|--------------------|-----------|-----------|
| В песчано-глинистые формы | Отливки из любых литейных сплавов | 10–10 000 | Любые | 3,0 | 0,3–0,5 | 0,71 |
| Под давлением | Отливки из сплавов: алюминиевых цинковых | 0,001–1,3 90 | 1200 | 0,6–6,0 | 0,6 | 0,95 |
| В металлические формы | Отливки из чугуна, стали, цветных сплавов | 0,1–5000 | Любые | 3,0 | 0,4–0,5 | 0,74 |
| По выплавляемым моделям | Мелкие, сложные отливки из стали и специальных сплавов | 0,1–135 | 0,5–1250 | 0,7 | 0,6 | 0,91 |
| В оболочковые формы | Тонкостенные отливки из любых сплавов | 0,1–80 | 450×450×150 | 2,0–4,0 | 0,5–0,6 | 0,9 |

1. Методы изготовления отливок.

1.1 Литье под давлением



Минимальная допустимая толщина стенок ал. отливок – 0,8-1,2 мм;
Масса производимых алюминиевых отливок – от 5 г до 12 кг;
Шероховатость поверхности отливок согласно ГОСТ 2789-73 $Ra=3,2-10$ мкм;
Класс точности получаемых алюминиевых отливок по ГОСТР53464-2009:3-8.

Этот метод гарантирует высокое качество поверхности, которую после этого не придется подвергать механической обработке.

Литье под давлением позволяет получать сложные детали, с наличием криволинейных поверхностей и различных каналов. При этом чаще всего используют цинковые, магниевые, латунные и алюминиевые отливки.

Технология ЛПД имеет ряд плюсов: низкая цена при больших партиях; точность отливки в размерах и конфигурации; с одной пресс формы получают множество отливок.

Но данная технология имеет и ряд минусов: продолжительность процесса, высокая стоимость на производство пресс форм, сложности в получении отливок, содержащих скрытые полости, а также возможность появления в заготовках газовых раковин и усадочных трещин.

1.2 Литье в кокиль.



Кокильное литье, или литье в постоянные формы, – это литье металла, осуществляемое свободной заливкой кокилей. **Кокиль** – металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

Кокиль обычно состоит из двух полуформ, плит и вставок. Полуформы взаимно центрируются штырями, а перед заливкой их соединяют замками. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Расплав заливают в кокиль через литниковую систему, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибыли.

При заполнении кокиля расплавом воздух и газы удаляются из его рабочей полости через вентиляционные каналы, пробки, каналы между металлическими частями, образующие вентиляционную систему кокиля.

Основные элементы кокиля – полуформы, плиты, вставки, стержни и т.д. – обычно изготавливают из чугуна или стали.

Основные операции технологического процесса

Перед заливкой расплава новый кокиль готовят к работе: поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений, ржавчины, масла, проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления. Затем на поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят слой огнеупорного покрытия – облицовки и краски. Состав облицовок и красок зависит в основном от типа заливаемого сплава, а их толщина – от требуемой скорости охлаждения отливки: чем толще слой огнеупорного покрытия, тем медленнее отливка охлаждается. Вместе с тем слой огнеупорного покрытия предохраняет рабочую поверхность формы от резкого повышения ее температуры при заливке, оплавления и схватывания с металлом отливки.

Перед нанесением огнеупорного покрытия кокиль нагревают газовыми горелками или электрическими нагревателями до температуры 150 – 280°C. Краски наносят на кокиль обычно в виде водной суспензии через пульверизатор. Вода капелек водной суспензии, попадающих на поверхность нагретого кокиля, испаряется, а огнеупорная составляющая ровным слоем покрывает поверхность.

После нанесения огнеупорного покрытия кокиль нагревают до рабочей температуры, зависящей в основном от состава заливаемого сплава, толщины стенки отливки, ее размеров и требуемых свойств. Затем в кокиль устанавливают песчаные или керамические стержни, если таковые необходимы для получения отливки, половины кокиля соединяют и скрепляют специальными зажимами, а при установке кокиля на кокильной машине – с помощью ее механизма запираания, после чего заливают расплав в кокиль. Часто в процессе затвердевания и охлаждения отливки, после того как она приобретет достаточную прочность, металлические стержни «подрывают», т.е. частично извлекают из отливки. Это делают для того, чтобы уменьшить давление затвердевающей отливки на металлический стержень и облегчить последующее извлечение его из отливки. После охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, полностью извлекают металлический стержень и удаляют из кокиля отливку. Из отливки выбивают песчаный стержень, обрезают литники, прибыли,

выпоры, контролируют качество отливки. Затем описанный выше цикл повторяется.

Процесс литья в кокиль является малооперационным. Манипуляторные операции достаточно простые и кратковременные, а лимитирующей по продолжительности операцией является охлаждение отливки в форме до заданной температуры.

Особенности формирования и качество отливок

1. Высокая эффективность теплового взаимодействия отливки и формы: расплав и затвердевшая отливка охлаждаются в кокиле быстрее, чем в песчаной форме, т.е. при одинаковых гидростатическом напоре и температуре заливаемого расплава заполняемость кокиля обычно хуже, чем песчаной формы. Это осложняет получение в кокилях отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размеры отливок. Вместе с тем повышенная скорость охлаждения способствует получению плотных отливок с мелкозернистой структурой, что повышает прочность и пластичность металла отливок. Однако в отливках из чугуна, получаемых в кокилях, вследствие особенностей кристаллизации часто образуются карбиды, феррито-графитная эвтектика, отрицательно влияющие на свойства чугуна, так как снижают показатели ударной вязкости и износостойкости. Резко возрастающая твердость в отбеленном поверхностном слое затрудняет обработку резанием таких отливок и приводит к необходимости подвергать их термической обработке (отжигу) для устранения отбела.

2. Кокиль практически неподатлив и более интенсивно препятствует усадке отливки, что затрудняет извлечение ее из формы и может вызвать появление внутренних напряжений, коробления отливки и трещин в ней. В то же время неподатливая форма не деформируется по причине увеличения объема некоторых расплавов при кристаллизации из-за предвзвешенного расширения, например, в результате выделения графита в чугуне. В этом случае уменьшается опасность формирования усадочной пористости при затвердевании отливки.

При литье в кокиль отсутствуют погрешности, вызываемые упругими и остаточными деформациями песчаной формы, снижающими точность ее рабочей полости и соответственно отливки. Размеры рабочей полости кокиля могут быть выполнены значительно точнее, чем размеры песчаной формы, и отливки в кокилях соответственно получаются более точными. Точность отливок в кокилях обычно соответствует классам 5 – 9 для отливок из цветных сплавов и классам 7 – 11 для отливок из черных металлов (ГОСТ 26645-85 (изм. № 1, 1989)). При этом наибольшая точность обеспечивается для размеров в одной части формы. Точность размеров в двух и более частях формы, а также размеров, оформляемых подвижными частями формы. Точность отливок, полученных в кокиле, по массе примерно на один класс выше по сравнению с песчаными формами, при этом обеспечивается возможность уменьшения припусков на обработку резанием.

3. Физико-химическое взаимодействие металла отливки и кокиля минимально, что определяет высокое качество поверхности отливки.

Отливки в кокиль не имеют пригара. Шероховатость поверхности отливок зависит от состава облицовок и красок, наносимых на поверхность рабочей полости формы, и соответствует $R_z = 40 - 10$ мкм, но может быть и меньше.

4. Кокиль практически газонепроницаем и имеет минимальную газотворность, определяемую в основном составами огнеупорных покрытий, наносимых на поверхность рабочей полости. Однако газовые раковины в кокильных отливках – явление нередкое. Причины их появления различны, но в любом случае расположение отливки в форме, способ подвода расплава и вентиляционная система должны обеспечивать удаление воздуха и газов из кокиля при заливке.

Преимущества литья в кокиль.

1. Обусловленное использованием металлической формы повышение качества отливки и стабильности показателей качества, в частности: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

2. Использование в металлических формах разовых песчаных стержней. Это существенно расширяет возможности способа при производстве фасонных отливок со сложными внешними и внутренними поверхностями.

3. Возможность механизации и автоматизации процесса изготовления отливки благодаря многократному использованию кокиля.

Однако **способ литья в кокили имеет и недостатки**, в числе которых следующие.

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления. Стоимость кокиля возрастает при получении отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы – делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. Поэтому проблема повышения стойкости кокиля относится к важнейшим при решении технологических задач кокильного литья этих сплавов.

3. Высокая интенсивность охлаждения расплава в кокиле в сравнении с песчаной формой. Данный фактор ограничивает возможность получения тонкостенных протяженных отливок.

4. Неподатливость кокиля, которая приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда и трещин.

5. Использование в кокиле большого числа песчаных стержней. Этот фактор снижает точность получаемых отливок и повышает в этих местах шероховатость их поверхности.

Преимущества и недостатки кокильного способа определяют в итоге рациональную область его использования. Вследствие высокой стоимости кокилей экономически целесообразно применять этот способ литья только в серийном или массовом производстве при литье алюминия – не менее 400 – 700 отливок в год.

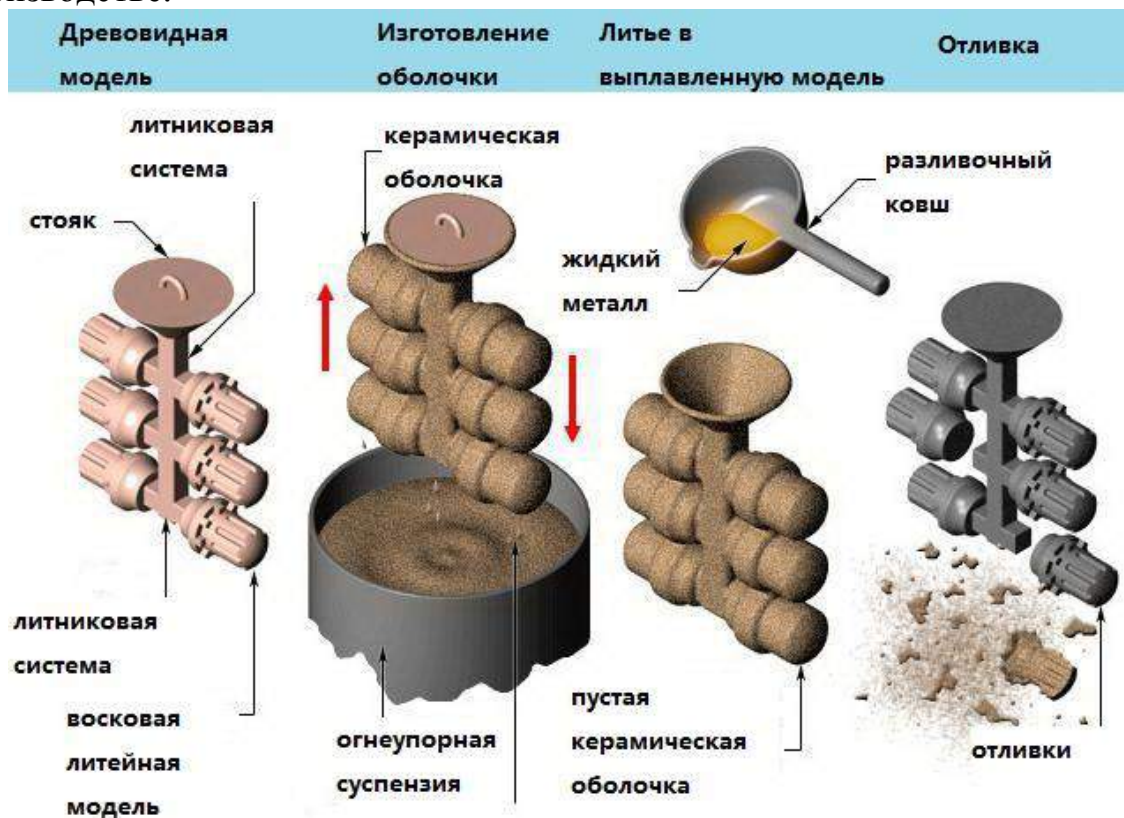
1.3 Литье по выплавляемым моделям

Преимущества этого способа: возможность изготовления деталей из сплавов, не поддающихся механической обработке; получение отливок с точностью размеров до 11 — 13 квалитета и шероховатостью поверхности Ra 2,5—1,25 мкм, что в ряде случаев устраняет обработку резанием; возможность получения узлов машин, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей. Литье по выплавляемым моделям используют в условиях единичного (опытного), серийного и массового производства.

Данный метод позволяет осуществить литье отливки высокой точности. Заранее изготавливается точная копия модели из парафина, воска и стеарина и другого материала, а также литниковая система. Применяется в случаях изготовления деталей высокой точности (например, лопатки турбин).

На блок модели наносится суспензия и производится обсыпка огнеупорным наполнителем из кварца, дистенсилиманита, электрокорунда и т. д. Требуется наносить 6 – 10 слоев, каждый из них сушится примерно полчаса. Этот процесс ускоряется с помощью сушильных шкафов, закачаных аммиачным газом. Таким образом, формируется оболочка, из которой выплавляют модельный состав. Осуществляется это в воде, воздействием пара высокого давления или путем выжигания.

Следующим этапом является прокаливание блока путем вытопки при температуре 1000 градусов Цельсия. Затем устанавливают нагретый блок в печь и в оболочку заливают расплавленный металл. Последним этапом является охлаждение, выбивка и отрезка отливки. Применяется данная технология и для изготовления единичных деталей, и в серийном производстве.



Точное литье по выплавляемым моделям - так называют и технологию, и саму конечную продукцию. Высокая точность литья обеспечивается тем, что в процессе подготовки формы нет необходимости извлекать из нее макет изделия. При использовании традиционного метода производство матрицы для отливки – сложный и весьма трудоемкий многоэтапный процесс. Особенно это актуально в случае отливки деталей сложной конфигурации, с выемками, впадинами и внутренними полостями.

Изготовление литья по выплавляемым моделям не требует столь высокой квалификации модельщиков и существенно сокращает трудоемкость подготовительных к литью операций. Особенно ярко это проявляется при больших тиражах отливок.

Метод позволяет достигать 2-5-го класса точности по ГОСТ 26645-85. Это позволяет отливать такие высокоточные изделия, как турбинные лопатки, режущий инструмент, включая высокопроизводительные фрезы и сверла, ответственные высоконагруженные кронштейны, небольшие высоконагруженные детали транспортных средств, станков и других сложных механизмов.

Высокая точность соблюдения размеров и высокий класс поверхности сводят к минимуму потребность в дальнейшей механической обработке отливки, что позволяет экономить металл и снижать себестоимость продукции.

Таблица сравнения методов литья при изготовлении детали «ИТНЯ.731426.008» - 100шт.

| | Механообработка | Литье по выпл. моделям | ЛПД |
|---------------------------------|-----------------|------------------------|---------|
| Масса детали, (кг) | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Масса заготовки, (кг) | 1 | 0,18 | 0,16 |
| КИМ | 0,12 | 0,66 | 0,75 |
| Трудоемкость на 1000 шт. (н.ч.) | 209,26 | 180,0 | 97,04 |
| Освоение производства(н.ч.) | - | 4 | 1175 ФЛ |



2. Применение литья по выплавляемым моделям на Сарапульском радиозаводе на базе имеющегося оборудования.



Вакуумная литьевая машина V 1000 A представляет собой комплексное и универсальное устройство для технологии вакуумного литья реактопластов. Идеально подходит для изготовления функциональных прототипов и небольших серий изделий среднего размера.

Съемный литьевой модуль обеспечивает возможность использования всего объема камеры для вакуумирования компонентов силикона и других материалов. Боковая стенка камеры оснащена съемной пластиной, что обеспечивает возможность увеличения размера камеры.

Управление установкой осуществляется с помощью PLC контроллера и панелью оператора с цветным сенсорным экраном с возможностью записи параметров цикла и сохранения программ заливки. Установка оснащена большими просмотровыми окнами, позволяющими контролировать технологический процесс в момент заливки, камера имеет светодиодную подсветку. Корпус изготовлен из прочной стали и покрыт порошковой краской. Технология вакуумного литья в силиконовые формы (Vacuum Casting) применяется для малосерийного выпуска деталей из пластика (от 1 до 500 шт.). Габариты изготавливаемых на оборудовании деталей в среднем составляют 600x600x400 мм, а в длину могут достигать более 2 метров. Стойкость силиконовых форм - до 50 циклов.

Восковый модуль

Для данной машины существует восковый модуль для вакуумно-литьевой машины KLM V 1000 A (KLM GMBH, Германия). Его стоимость составляет 6535 евро.

Предназначен для плавления восковых гранул (парафин, стеарин) и литья выплавляемых моделей в силиконовые формы в вакууме. Полученные модели используются для последующего изготовления оболочковой формы (металлургия).



Восковый модуль устанавливается в камеру вакуумно-литьевой машины вместо литьевого модуля для полиуретанов. Для оперативной установки модуля в камере вакуумно-литьевой машины предустановлены все необходимые подключения (питание, управление). Время переустановки 10- 15 мин.

Состав модуля:- емкость для воска с контактным клапаном;- плавитель;- терморегулятор;- рама;- привод изменения положения емкости;- комплект подключений;- выносной пульт управления приводом.

Технические характеристики:

| | |
|----------------------------------|----------------|
| Объем емкости | 2000 мл |
| Напряжение | 220V |
| Мощность | 750W |
| Температура нагрева | 50 °С - 110 °С |
| Точность поддержания температуры | +/- 2 °С |

Заключение

Исследовав данные виды литья можно смело сделать вывод о том , что технология литья алюминиевых сплавов по выплавляемым моделям имеет место на Сарапульском радиозаводе. В первую очередь связано это с опытно-конструкторскими работами, где происходит частая смена конструкций изделий. Так же с изготовлением деталей на те производства где номенклатура деталей превышает количество выпускаемых изделий.

Список литературы

1. Лебедев Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Старый Оскол: ТНТ, 2014.
2. Лебедев Л.В. Технология машиностроения. - Старый Оскол: ТНТ, 2013.
3. Богодухов С.И. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении [Электронный ресурс]: учебник / Богодухов С.И. - Электрон. текстовые данные. - М.: Машиностроение, 2010.
4. Федоренко М.А. Процессы формообразования и инструменты. - Старый Оскол: ТНТ, 2013.
5. Григорьев С.Н. Процессы формообразования и инструментальная техника. - Старый Оскол: ТНТ, 2013.
6. Кириллов Е.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учеб. пособие. - Старый Оскол: ТНТ, 2014.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2./ Под ред. А.Г. Касиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и дор. – М.: Машиностроение, 2004 г. – 496 с., ил.

Лабазанова Александра Владимировна,
инженер-технолог 3 категории
ОГТ №56

Наставник
Налобина Оксана Викторовна,
ведущий инженер-технолог

«Материалы для лазерной маркировки с изменением цвета»

Введение

На АО «СРЗ» применяется несколько типов маркировки деталей и сборочных единиц, отличающихся по технологии нанесения, трудоемкости, стойкости получаемой маркировки к различным видам воздействия и т.д. Рассмотрим достоинства и недостатки каждого из них.

1. Лазерная гравировка.

Достоинства:

- малая трудоемкость;
- быстрая перенастройка оборудования на другую маркировку; отсутствие необходимости заказа дополнительного инструмента;
- высокая стойкость маркировки к различным видам механического и климатического воздействия, устойчивость к воздействию различных видов растворителей.

Недостатки:

- возможен невысокий контраст с фоном материала детали;
- данная технология маркировки применяется только на металлических деталях и некоторых пластмассах;
- невозможна маркировка на трубках, изоляции проводов, силиконовой клавиатуре.

2. Лазерная гравировка с последующей затиркой эмалью.

Достоинства:

- быстрая перенастройка оборудования на другую маркировку;
- отсутствие необходимости заказа дополнительного инструмента;
- высокий контраст маркировки с фоном детали после затирки эмалью.

Недостатки:

- увеличение производственного цикла изготовления за счет необходимости сушки эмали (для различных типов эмалей – от 2-х до 72-х часов);
- сушка эмали по ускоренному режиму требует применения сушильных шкафов и затраты электроэнергии;
- отсутствие устойчивости маркировки к некоторым видам растворителей;
- дополнительная трудоемкость и применение ручного труда на этапе затирки гравировки эмалью;
- на рабочих местах затирки эмалью необходима вытяжная вентиляция, так как эмаль содержит растворители;

- невозможна маркировка на трубках, изоляции проводов, силиконовой клавиатуре.

3. Маркировка ударным способом.

Достоинства:

- высокая стойкость маркировки к различным видам механического и климатического воздействия, устойчивость к воздействию различных видов растворителей.

Недостатки:

- высокая трудоемкость;
- необходимость заказа большого количества инструмента (клейма для маркировки ударным методом);
- невозможна маркировка на трубках, изоляции проводов, силиконовой клавиатуре.

4. Маркировка эмалью с помощью пера

Достоинства:

- дешевый инструмент;
- возможна маркировка на ПВХ трубках;

Недостатки:

- отсутствует устойчивость к воздействию некоторых видов растворителей;
- данный вид маркировки не может быть использован на внешних панелях изделий в связи с недостаточной устойчивостью в очень жестких и длительных условиях эксплуатации спецтехники.

5. Маркировка методом ультрафиолетовой печати

Достоинства:

- быстрая перенастройка оборудования на различные виды маркировки;
- хорошая четкость маркировки, высокий контраст маркировки с фоном детали;
- для бытовой техники – достаточно хорошая устойчивость к воздействию солнечных лучей, влаги и растворителей.

Недостатки:

- высокая стоимость оборудования;
- ограничения по толщине и ширине материала;
- отсутствует устойчивость к воздействию некоторых видов растворителей (например, ракетного топлива);
- для изделий спецтехники – недостаточная устойчивость маркировки в очень жестких и длительных условиях эксплуатации.

6. Термотрансферная печать.

Достоинства:

- малая трудоемкость;
- быстрая печать;
- хорошая четкость маркировки, высокий контраст маркировки с фоном детали;

Недостатки:

- отсутствует стойкость к воздействию растворителей;
- высокая стоимость оборудования;
- необходимы затраты на получение пробных оттисков маркировки при каждой смене текста.

Добавки для лазерной маркировки невосприимчивых поверхностей

Некоторые материалы недостаточно восприимчивы к лазерной энергии и не позволяют оставить чёткую и высококонтрастную лазерную маркировку. В этом случае можно применять различные добавки. В качестве примера таких добавок можно привести:

- поверхностное напыление - Thermark;
- гранулированная добавка Micabs;
- двухцветная самоклеющаяся пленка TesaLaser;
- лазерные чернила LaserInk.

Добавка Thermark для распыления на поверхности готового изделия

Получаемая при нанесении Thermark маркировка является нестираемой, высококонтрастной и обладает высоким разрешением. При этом на сам субстрат оказывается минимальное термальное воздействие.

При лазерной маркировке добавки Thermark происходит термическая связка стекловидного материала и неорганического пигмента с поверхностью, что обеспечивает маркировке постоянство. Помимо этого, маркировка становится устойчивой к кислотам и щёлочи, ультрафиолету, абразивному воздействию и очень высоким температурам.



Одним из преимуществ добавки TherMark является то, что при лазерной маркировке воздействие на субстрат минимальное. При прямой лазерной маркировке происходит удаление материала либо его отжиг, что потенциально может привести к коррозии или структурному изменению материала. В случае же добавки TherMark для образования связи между материалом TherMark и поверхностью субстрата требуется меньшее количество термальной энергии. Это позволяет сохранить целостность субстрата, что требуется в таких критических отраслях, как аэрокосмос и промышленная керамика.

При использовании добавки с твердотельными лазерами возможно наносить чёрную или цветную маркировку на стекло и керамику, а также улучшить качество маркировки на металле, при этом снизив степень негативного воздействия на него.

Гранулированная добавка Micabs для добавления в маркируемый материал

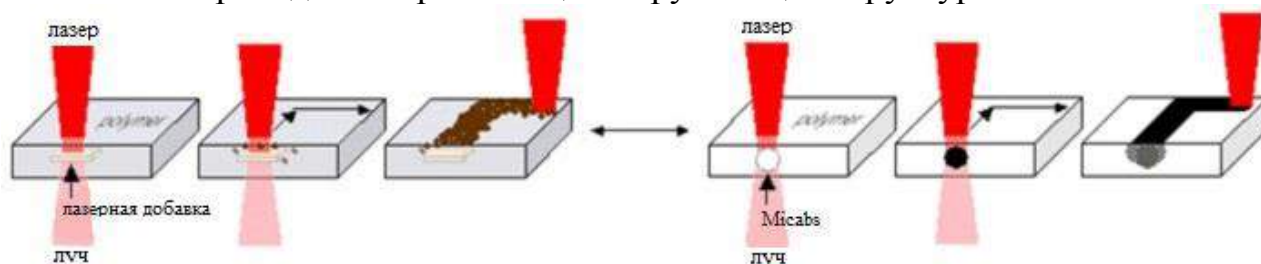
Micabs® позволяет наносить чёткую чёрную маркировку на термопластик. Micabs поставляется в виде гранул. Micabs® может использоваться для любых термопластичных полимеров, при этом сохраняются свойства базового полимера. Получаемая маркировка не стирается.

Технология

Отличие Micabs® от других технологий заключается в следующем.

Для нанесения маркировки маркируемый полимер должен иметь способность к поглощению лазерного излучения. Однако большинство полимеров практически прозрачны для длины волны лазерного излучения. Разные технологии предусматривают распыление материала на поверхности, чтобы поглотить лазерное излучение, трансформировать поглощённое излучение в тепло и карбонизировать (выжечь) маркировку.

Что касается Micabs, то этот гранулят добавляется при составлении рецептуры смеси либо посредством сухого перемешивания. Таким образом, достигается идеальная дисперсия лазер-активных частиц. При облучении лазером частицы поглощают лазерную энергию и изменяют свой цвет со светлого на тёмный. Лазерная маркировка реализуется внутри частицы Micabs и не приводит к карбонизации окружающей структуры.



Применение

Пластик, полиолефины, плохо поддающиеся маркировке полимеры, такие как силиконовая резина, и др. – везде можно применять Micabs для нанесения контрастной нестираемой маркировки.

Кабели, провода и трубки



Micabs решает проблемы с маркировкой оболочки кабелей, проводов и трубок. Лазерная маркировка обеспечит возможность долговременного считывания маркировки даже при жёстком химическом воздействии, в сырости и под землёй. Маркировка может наноситься в потоке с высокой скоростью.

Силиконовая кнопочная панель



При использовании добавки Micabs не возникает эффекта карбонизации, что делает её единственной добавкой для лазерной маркировки чёрных символов на силиконовой кнопочной панели, оболочке кабеля и пломбах.

Электротовары и электроника



При маркировке с использованием Micabs не оказывается влияния на критические электрические свойства. Высокая скорость маркировки, контраст и разрешение.

Упаковка: плёнка и ламинат

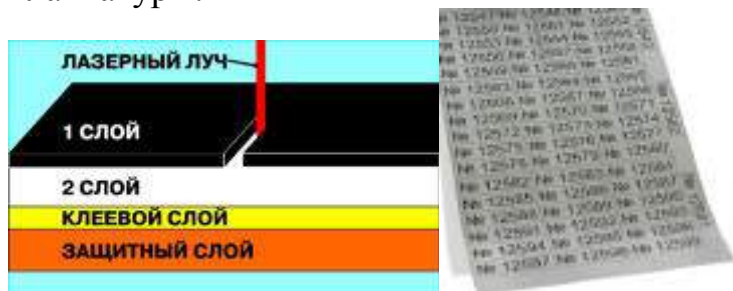


Частицы Micabs микронного размера можно добавить в полиолефиновые, полиэстровые, полиамидные и другие плёнки. Преимущество в том, что технология остаётся прежней, плёнка и ламинат остаются практически прозрачными. При этом можно наносить символы, штрих-коды и микромаркировку для предотвращения подделок, а также для целей отслеживания. Возможна печать рисунков с высоким разрешением.

Лазерная гравировка клавиатуры.

Русификация клавиатур ноутбуков, телефонов и смартфонов осуществляется нанесением лазером устойчивых к истиранию символов и букв на клавиши. При гравировке не требуется разборка клавиатуры и снятия клавиш.

Процесс лазерной гравировки, выполняемый на лазерном гравере МиниМаркер 2, не оказывает ни какого влияния на электронику внутри клавиатуры.



Лазерная маркировка символов на прочих клавиатурах, в том числе на кнопках клавишах с эффектом подсветки.

Маркировка символов может быть выполнена практически на любом типе клавиатуры. Нанесение символов на клавиши и корпус клавиатуры производится методом высококонтрастной лазерной маркировки без механического и химического воздействия на изделие. Нанесенные лазером символы не стираются при работе и не смываются, они так же долговечны, как сама клавиша даже при длительной интенсивной эксплуатации клавиатуры.

Возможно изготовление непрозрачных наклеек символами из специальной, устойчивой к истиранию пленки Tesa Laser, если лазерная гравировка самой клавиатуры, по каким – либо причинам, не возможна. Tesa Laser - специализированный материал для изготовления наклеек с помощью лазерных маркеров и граверов.

- Пленки Tesa®laser 6930, 6931 и 6940 имеют клейкий слой с высокой адгезией к различным материалам. Клейкий слой и повышенная хрупкость позволяют широко использовать данный материал для изготовления разнообразных наклеек и защитных этикеток.
- Tesa®laser обладает высокой стойкостью против химических и климатических воздействий, температуры, истирания.
- Наклеенные на сухую обезжиренную поверхность, этикетки снимаются только путем уничтожения.
- Пленки TesaLaser предназначены для маркировки твердотельными Nd-YAG и волоконными лазерами. Возможна также маркировка газовыми CO₂ лазерами.
- Нанесение изображений с помощью лазера обеспечивает исключительную контрастность текстов и картинок, при этом даже тончайшие линии штриховых кодов получаются очень четкими, что гарантирует их эффективное считывание.

Описание:

Основа лазерной этикетки представляет собой два различно окрашенных слоя твердого до хрупкости и исключительно устойчивого к истиранию полиуретан- акрилата. Этикетка наклеивается намертво, а если ее все же попытаться отделить, она ломается и расслаивается. Нанесение рисунков и текстов производится выжиганием верхнего окрашенного слоя при помощи лазера, такие изображения невозможно ни подтереть, ни иным образом сфальсифицировать. Такая "лазерная гравировка" обеспечивает исключительную контрастность текстов и картинок, при этом даже тончайшие линии штриховых кодов получаются очень четкими, что гарантирует их эффективное считывание.

Поскольку в состав применяемых красителей не входят галогены, неблагоприятные для окружающей среды, выделения газов при изготовлении этикеток сведены к минимуму.

Материал лазерной этикетки обладает очень высокой климатической и термостойкостью (от -50 до +200⁰С, кратковременно до +300⁰С), а также устойчивостью к воздействию бензина, масел, растворителей, щелочей, кислот и других агрессивных сред.

Готовые этикетки подрезаны по контуру и остаются наклеенными на основу ленты. Для их использования надо только отделить этикетку от основы и аккуратно наклеить в нужное место.

Комбинации поставляемых цветов:

| | цвет поверхности | цвет маркировки | цвет маркировки |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Tesa [®] laser 6930 | черный матовый | белый | 100 |
| | черный глянцевый | белый | 100 |
| | белый глянцевый | черный | 100, 120 |
| | серебристый матовый | черный | 120 |
| | серебристый матовый | черный | 100 |
| Tesa [®] laser 6931 | прозрачный | черный | 100 |
| Tesa [®] laser 6940 | красный | белый | 120 |
| | синий | белый | 120 |
| | желтый | черный | 120 |

Что такое технология «Лазерные чернила LaserInk»?

Данная технология предназначена для нанесения яркой, контрастной, четкой и несмываемой цветной гравировки на металлические поверхности СО2 лазером. На сегодняшний день доступны два цвета: глубокий насыщенный черный цвет и медно-красный.

- ✓ Гарантия стабильной, высококонтрастной маркировки с высоким разрешением;
- ✓ Возможность применять на широком спектре металлов (нержавеющая сталь, латунь, медь, титан, никель, алюминий и др.);
- ✓ Поставляется в виде порошкового концентрата – максимум экономии, легко хранить и просто использовать;

Основные преимущества использования лазерных чернил “LaserInk”.

1. Контрастная и стабильная маркировка;
2. Увеличение скорости нанесения маркировки;
3. Экономичный расход;
4. Удобное хранение – пользователь может смешать ровно необходимое ему количество чернил, остальное может храниться в порошкообразном виде длительный срок;
5. Высокая устойчивость при нанесении на различные виды металлов, включая такие особые металлы как латунь и медь;
6. Невосприимчивость к нагреву, охлаждению, воздействию сольвента и других растворителей, а также УФ излучению;
7. Расширенная палитра цветов станет доступна в ближайшем будущем.

Простота и удобство в использовании

1. Легко удалять остатки чернил с рабочей поверхности металла;
2. Безопасное хранение и транспортировка (вещество является полностью безопасным);
3. Простота нанесения чернил кистью, губкой или распылителем;
4. Готовый раствор лазерных чернил может храниться для будущего применения, просто добавь потом немного сольвента.

Преимущества по сравнению с аналогичными пастами и спреями.

1. Увеличенный срок хранения;

2. Покрывает примерно на 20% больше площадь материала, чем паста; Емкость порошкообразных чернил 50гр покрывает до 7 750см² поверхности;
3. В отличие от спрея исключено засыхание в распылителе дозатора;
4. Точечное применение непосредственно по месту исключает лишний расход материала;
5. Безопасность использования – отсутствие паров и капель в воздухе;
6. Экономичность в расходе: 1000г лазерных чернил заменяет от 20 и более баллонов спрея;
7. Возможность гравировки лазерами с низкими мощностями (мин мощность 12Вт).

Комплект поставки чернил “LaserInk”, что в него входит?

Лазерные чернила “LaserInk” поставляются в двух отдельных компонентах: порошковый концентрат: -50 г; -250 г; -500 г; - 1000 г и жидкость для его раствора: - 250 г; - 500 г; - 1000 г.

Как использовать лазерные чернила “LaserInk”?

Лазерные чернила могут наноситься на поверхность металлов с помощью: - кисти с жесткой щетиной, - губки, - распылителя.

Пропорции для смешивания:

1. При использовании кисти пропорции составляют 1:2 (одна часть порошкового концентрата на две части жидкости для раствора);
2. При нанесении распылителем пропорции составляют 1:3 (одна часть порошка на три части жидкости);
3. Смешайте порошок и жидкость с помощью кисти с жесткой щетиной. Наилучший результат достигается, когда порошок полностью растворен. Если частички порошка не растворяются до конца, подождите несколько минут и перемешайте снова;

Нанесение лазерных чернил “LaserInk” на рабочую поверхность:

1. Металлическая поверхность не должна быть покрыта лаком или какими-либо другими веществами. Убедитесь, что поверхность чистая и обезжиренная.
2. Нанесите хорошо смешанные лазерные чернила тонким равномерным слоем, чтобы добиться более контрастной гравировки. Для больших площадей поверхности рекомендуется использовать воздушный пульверизатор. Это сэкономит время. Если Вы используете распылитель, наносите равномерным слоем на расстоянии 15-30см от поверхности. Даже тонкого слоя нанесенных чернил достаточно для получения четкой контрастной гравировки с глубоким цветом, главное, чтобы слой нанесения был равномерным и без пробелов. После завершения работы промойте пульверизатор сольвентом или растворителем.
3. Если используете кисть, наносите равномерными поступательными движениями до тех пор, пока не покроете всю поверхность изделия, необходимую для гравировки. После нанесения кисть можно промыть в теплой воде. По завершении работы, если кисть засохла, ее можно промыть в небольшом количестве сольвента или растворителя.

4. Толщина нанесения слоя чернил влияет на контрастность результата гравировки. Чем толще слой нанесения, тем темнее будет гравировка.

Гравировка:

1. После того, как нанесли чернила на поверхность изделия, дождитесь ее полного высыхания. Высыхание происходит естественным образом за счет испарения из чернил спиртовых и сольвентных компонентов. Время высыхания зависит от окружающей температуры и толщины нанесенного слоя чернил. Можно ускорить процесс высыхания чернил нагревом рабочего изделия или подачей струи горячего воздуха. Нагретую поверхность изделия также можно гравировать, не дожидаясь ее остывания. В некоторых случаях это может даже усилить свойства чернил.
2. Рекомендуется сначала протестировать правильность настроек параметров скорости и мощности, затем можно перейти к другим параметрам, таким как DPI и PPI. Окончательные настройки рабочих параметров станка будут зависеть от типа материала и особенностей Вашего лазерного оборудования.
3. Добившись оптимального результата, мы рекомендуем сохранить выбранные настройки для дальнейшего их использования.
4. После гравировки необходимо удалить с поверхности материала остатки чернил на участках, где лазерная гравировка не производилась. Остатки чернил легко удаляются хлопковой или бумажной салфеткой.

Таблица рекомендованных параметров для гравировки LaserInk:

| CO2 лазерный гравер GCC LaserProSpirit LS 60Вт | | | |
|--|---------------|---------------|-----|
| | Мощность 60Вт | Скорость 2м/с | PPI |
| Нержавеющая сталь (V2A) | 95% | 30% | 500 |
| Высоколегированная сталь (V4A) | 95% | 15% | 500 |
| Латунь 95 | 95% | 30% | 500 |
| Алюминий (не анодированный) | 95% | 30% | 500 |
| Медь | 95% | 70% | 500 |
| Титан | 95% | 30% | 500 |

Примечание: качество гравировки зависит от нескольких факторов, включая рабочие параметры лазерного оборудования и физических свойств металлов. Приведенные выше параметры являются рекомендованными, но могут отличаться в зависимости от типа материала и характеристик станка. Экспериментируйте и добивайтесь высших результатов вместе с технологией лазерных чернил “LaserInk”!

| Техническая спецификация LaserInk | |
|-------------------------------------|--|
| Требования к лазерному оборудованию | CO2 лазер (мин 12Вт) |
| Обрабатываемые поверхности | Нержавеющая сталь Высоколегированная сталь Черный металл |

| | | |
|---|--|-----|
| | Латунь Алюминий (не анодированный) Медь Титановые сплавы Никель Другие металлы. | |
| Способ нанесения | Кисть (с жесткой щетиной) Губка Распылители и пульверизаторы | |
| Пропорции смешивания чернил | Кисть/губка | 1:2 |
| Порошковый концентрат / жидкость для раствора | Распылитель | 1:3 |

Условия хранения:

Лазерные чернила LaserInk должны храниться при комнатной температуре, в чистом, сухом и темном месте.

Заключение

Предлагаемые новые способы маркировки позволят повысить четкость и стойкость ее к разным климатическим воздействиям. Кроме того, добавкой Micabs позволит получить маркировку, стойкую к механическим воздействиям и действию растворителей, в том числе на силиконовой клавиатуре.

Список используемой литературы

1. ООО «Миксис». Добавки для лазерной маркировки невосприимчивых поверхностей <http://www.micsys.ru>
2. Лазерная маркировка металлов <http://www.lrt.ru>
3. Лазерная маркировка полимеров <http://www.polymer.ru>
4. ООО «Лазерный центр». Лазерная гравировка клавиатуры <http://www.newlaser.ru>

Маслова Татьяна Анатольевна,
инженер по рекламационной работе
СК №43, ЛВК

Наставник
Гайдабрус Геннадий Анатольевич,
начальник ЛВК

«Входной контроль. Подтверждение аутентичности»

Введение

Как правило, производители электронной аппаратуры доверяют поставщикам. Точнее, вынуждены доверять, так как капитальные затраты на оснащение входного контроля полноценной тестирующей аппаратурой слишком велики. Производителю легче выбрать добросовестного поставщика компонентов, чем организовать их входной контроль.

Распространенная практика получения компонентной базы от «второго поставщика» зачастую ограничивается лишь проверкой внешнего вида компонента. Однако для каждого элемента должен быть проведен комплекс испытаний на соответствие требуемым характеристикам, а также выполнена проверка его работы в критических и предельных условиях. Таким образом, для обеспечения надежности продукции, сертифицированные центры «второго» поставщика, а также участки входного контроля предприятий – производителей электроники должны быть оснащены современным контрольным и испытательным оборудованием.

Реалии современности

- Появилось такое понятие как контрафакт
- Нельзя доверять документам
- При приемке отечественных компонентов не соблюдаются стандарты
- Контрафакт бывает и среди отечественных компонентов с приемкой

Поддельными компонентами являются:

1. Компоненты, изготовленные или распространяемые с нарушением прав интеллектуальной собственности, копирайта или торговых марок;
2. Заменители или неразрешенные копии;
3. Компонент, в котором использованные материалы или его исполнение изменены без уведомления;
4. Нестандартный компонент, искаженный изготовителем или поставщиком с целью обмануть покупателя или ввести его в заблуждение, чтобы он поверил, что компонент является подлинным и законным;
5. Дефектные компоненты, забракованные изготовителем и маркированные как «новые и пригодные»;
6. Компоненты, выпускаемые по контракту для изготовителя компонентов (ОЕМ), но продаваемые без его разрешения;

7. Обновленные или предварительно использованные компоненты;
8. Перемаркированные компоненты с целью скрыть их отличие от оригинальных (название изготовителя, номер, дата изготовления и т.д.);
9. Компоненты, имеющие ошибочную или поддельную сопроводительную документацию.

Проблема контрафакта

- Это мировая проблема
- Защита – прямая поставка от производителя, что чаще всего не возможно по причине малого объема поставок.
- Выход – входной контроль

Исходя из проблемы, происходит необходимость найти наиболее подходящую стратегию выявления контрафактных изделий. Поэтому были выделены следующие методы: оптический, внутрисхемный и рентгеноскопический контроль [2]. На международном рынке существует множество компаний по производству оборудования для тестирования и контроля электронного оборудования. Так же данное направление получило развитие и на территории России. Группа компаний ОСТЕК является одним из крупнейших производителей в России и странах СНГ в области комплексных решений для производства.

Системы оптического контроля

В современном мире происходит тенденция к уменьшению габаритов, массы радиоэлектронной аппаратуры. Тенденция микроминиатюризации представляет собой непрерывный процесс. В связи с этим все более затруднительным представляется возможность контролировать качество элементов без специальных средств.

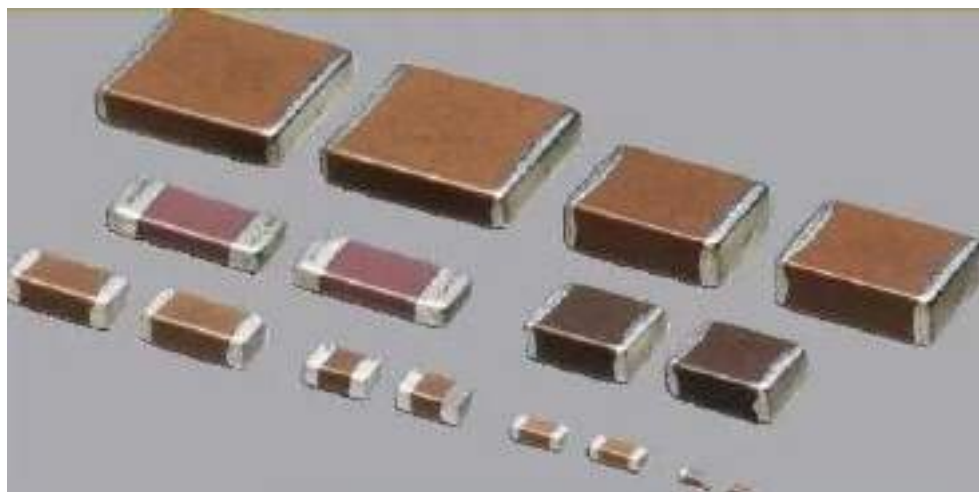


Рисунок 1 – миниатюризация элементной базы

При выборе системы оптического контроля необходимо определить необходимый функционал системы. На входном контроле для выявления контрафактной продукции с помощью оптических систем важно провести

контроль маркировки изделий и соответствие маркировки сопроводительной документации. Для этой цели подойдут более дешевые модели с небольшим функционалом.

При осмотре корпуса проверяется наличие признаков перемаркировки или нанесения нового покрытия, которые указывали бы на закраску, микроочистку или грунтовку. В первом из них пластиковая поверхность корпуса шлифуется до удаления оригинальной маркировки, после чего на поверхность наносится черное эпоксидное покрытие и печатается новый номер и код детали. Для удаления маркировки с поверхности устройств также применяется микроочистка с помощью мелкодисперсных веществ разных типов. В третьем методе используется вращающийся с невысокой скоростью полировальный круг и рыхлая смесь под небольшим давлением, с помощью которой обрабатывается поверхность корпуса. Во избежание следов полировки круг описывает фигуры в виде восьмерки.

С помощью оптических систем имеется возможность создание базы данных комплектующих изделий, с последующим установлением аутентичности.

Однако только визуального контроля не достаточно, чтобы определить контрафактную продукцию, с этой целью требуется выполнить намного более тщательное тестирование [4].



Рисунок 2 – пример системы оптического контроля Lynx-VS8

Технологии внутрисхемного контроля для проверки структуры компонентов

Технология внутрисхемного контроля (далее - ВСК) также используется для распознавания контрафактных компонентов, эту операцию можно выполнять на ней как до монтажа, так и на собранной плате. Установка ВСК с «летающими пробниками» ранее рассматривалась для применения в производстве для поиска дефектов пайки и проверки электрических параметров. Так же было отмечено, что данная система может быть использована на входном контроле электрорадио элементов (далее – ЭРЭ) и печатных плат для выявления контрафакта. Данный метод более

подходящий для многономенклатурного производства и не требует разработки дополнительных адаптеров и позволяет производить быструю переналадку на новое изделие, с вводом данных в базу системы для возможности определения аутентичности изделий [3].

Контроль электрических параметров:

- пассивных ЭРЭ;
- полупроводниковых ЭРЭ;
- моточных изделий;
- проводников печатной платы;
- аналоговых и цифровых микросхем;
- обнаружение деградации ЭРЭ.

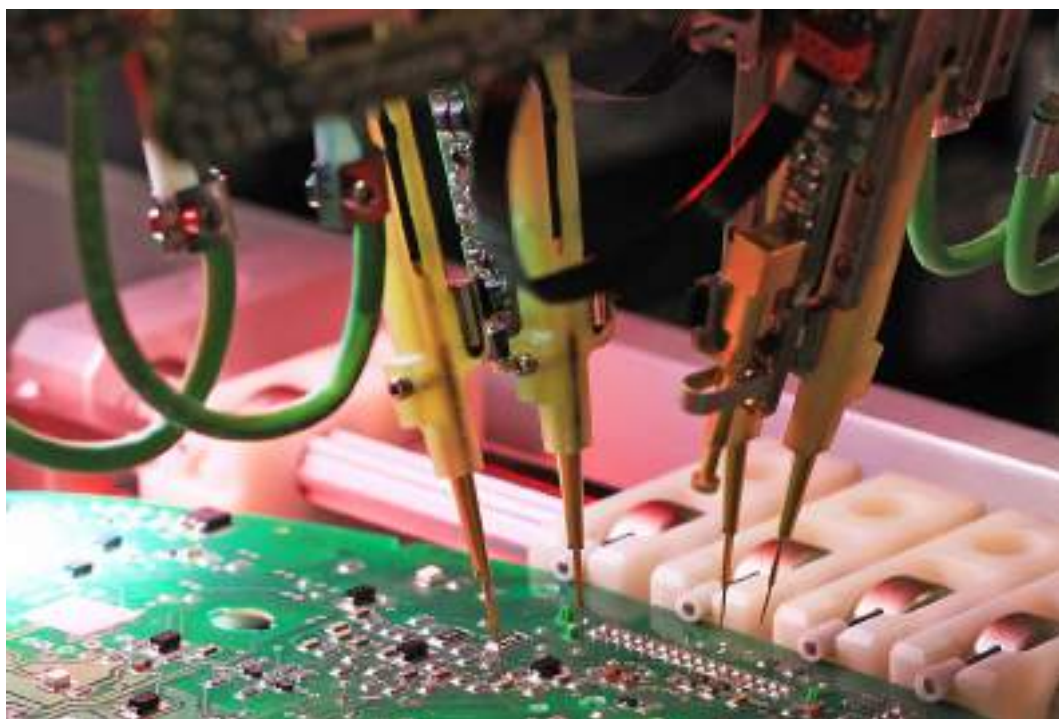


Рисунок 3 – технология «летающих пробников»

Рентгеновский контроль

Зачастую производители, анализируя причину серийно возникающего дефекта, ищут несоответствия в материалах, используемых для пайки, грешат на неправильно выстроенный термопрофиль, на неправильный конструктив изделия. Хотя причина гораздо проще — используемые микросхемы изначально оказываются несоответствующими оригиналу. Хуже всего, что при этом они могут быть рабочими, но не в состоянии обеспечить ожидаемые выходные характеристики. Визуально они совершенно неотличимы от оригинала, а что внутри?

Все вышперечисленное говорит о том, что нужен инструмент, который позволял бы «показать все, что скрыто». Причем показать, не нарушая внешнюю оболочку объекта, т.е. нужен инструмент для неразрушающего контроля. Поэтому широкое применение получили системы

рентгеновского контроля, обладающие возможностями заглянуть внутрь объекта, не разрушая его структуру. С помощью данного метода можно заглянуть внутрь элемента и проверить обрыв разварки, нарушение структуры кристалла или просто наличие кристалла.

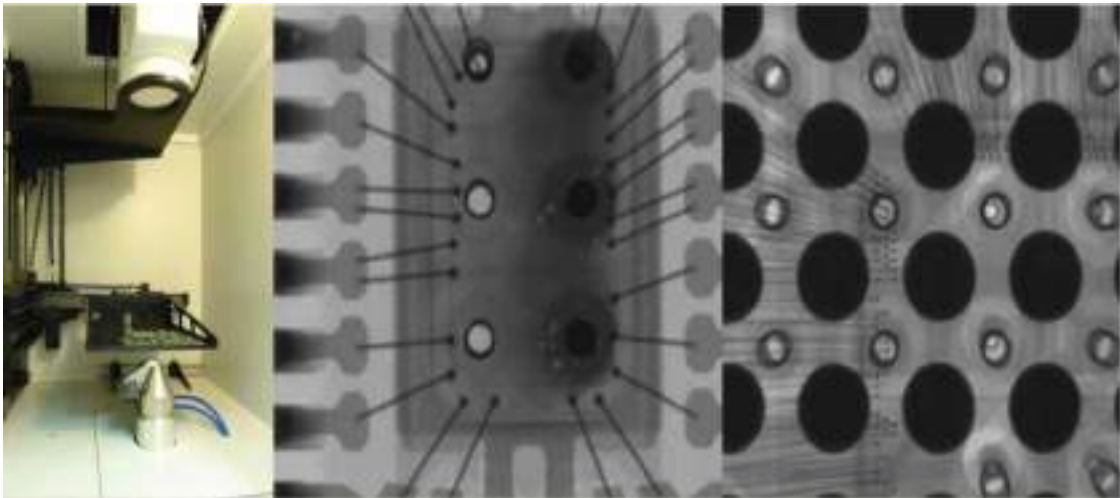


Рисунок 4 – рентгеноскопический контроль

Особенно рентгеновский контроль выгоден при работе с такими типами корпусов как: BGA, CSP, FC, WLP, POP, SIP, QFN; ввиду недостаточного качества оценки таких компонентов другими методами инспекции [1].

Заключение

Соответственно, именно комплексное тестирование электроники на входном контроле, т.е. совмещение различных методов в грамотной пропорции сегодня является оптимальным вариантом проверки и анализа качества. Представленные методы рассматривались на научных конференциях в различное время, и рассчитывалась экономическая эффективность для применения методов в процессе производства изделий. Однако если рассматривать эти технологии для применения на входном контроле с целью выявления контрафактной продукции и определения аутентичности, для проведения исследований не только для собственных нужд, но и для сторонних организаций, их экономическая эффективность может значительно возрасти.

Список используемой литературы

1. Вагин, А. HD x-ray: Рентгеноскопия высокой четкости [текст]/А. Вагин//Вектор высоких технологий. – 2014. - №5(10). – С. 18-28.
2. Семинар «Контроль качества изготовления радиоэлектронной продукции по электрическим параметрам. Примеры и методики раннего выявления контрафакта и предупреждение дефектов», группа компаний «OSTEC», С.8-19.

3. Как тестировать электронику на производстве: анализ современных технологий [Электронный ресурс]. URL:<https://www.m.habr.com/ru/company/promwad/blog/185356.html> (дата обращения 05.04.2019)

4. Эффективные методы выявления контрафактных компонентов [Электронный ресурс]. URL:<https://www.svetozarcom.ru/info.html> (дата обращения 03.04.2019)

Мосунов Дмитрий Геннадьевич,
начальник бюро НИОКР
КБ № 62

Наставник
Батурин Иван Сергеевич,
заместитель главного конструктора по НИОКР

«Повышение чувствительности радиоприемных устройств методом кросскорреляционной обработки сигналов»

Введение

Бурное развитие широкополосных систем связи приводит к повышению требований к приемо-передающим устройствам. Одной из основных характеристик приемных трактов, которая существенно влияет на дальность и качество радиосвязи, являются чувствительность. В связи с этим становятся актуальными вопросы повышения чувствительности приемных трактов.

В большинстве современных средств радиосвязи присутствуют тракты приема и передачи. Повышение чувствительности приемного тракта позволит увеличить дальность радиосвязи, её скрытность, либо снизить мощность передающего тракта, если дальности радиосвязи остается неизменной. В свою очередь снижение мощности передающего тракта приведет к уменьшению массогабаритных характеристик и энергопотребления приемо-передающих устройств.

Построение современных радиоустройств по технологии SDR

Современное использование радиоустройств требует унификации оборудования, с целью его применения для различных задач и целей. Технология SDR (Software Defined Radio, программно-определяемое радио) позволяет реализовать множество режимов работы, большое количество форм сигналов, которые добавляются программно в процессе работы.

Реализация приемного тракта, выполненного по технологии SDR, предполагает прямую оцифровку принимаемого сигнала во всем диапазоне частот, но из-за ограниченности возможностей элементной базы сделать это в настоящее время невозможно. Преодолеть это можно используя разные архитектуры построения радиочастотной части приемных трактов.

Рассмотрим приемник с нулевой промежуточной частотой (рисунок 1) который имеет в своем составе минимальное количество узлов, необходимых именно для приема сигналов. Приемник включает в себя три основные части:

- высокочастотную, в которой высокочастотный сигнал переданный от антенны поступает на преселективный фильтр, аттенюатор, малошумящий усилитель (МШУ), высокочастотный делитель и цифровой квадратурный демодулятор, последний осуществляет перенос спектра сигнала на нулевую промежуточную частоту и формирование I/Q сигналов;

- низкочастотную, в которой производится фильтрация высокочастотных составляющих и усиление сигнала до необходимого уровня;
- сигнальную, в которой при помощи АЦП производится преобразование аналогового сигнала в цифровую форму с последующей его обработкой в блоке ЦОС.

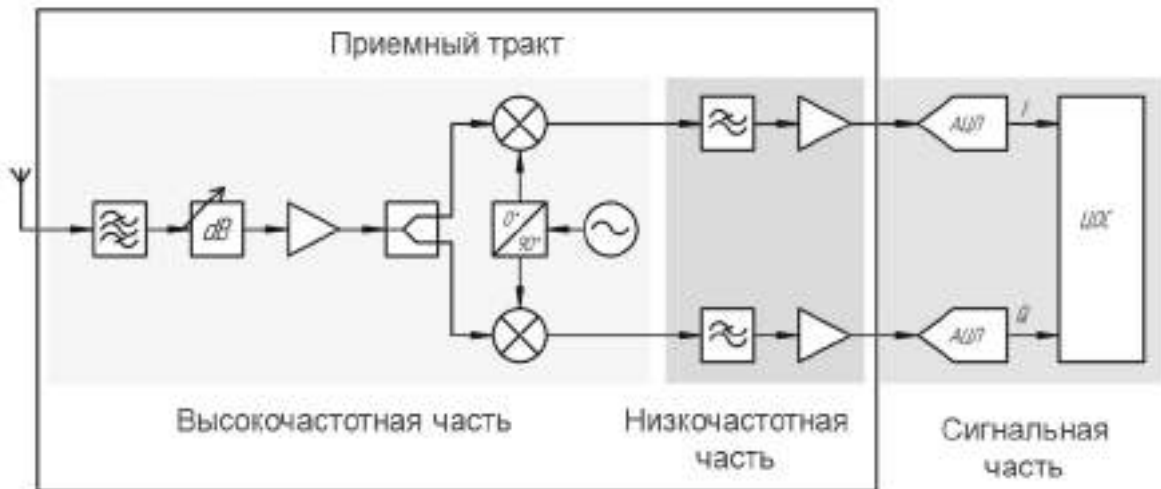


Рисунок 1 - Приемник с нулевой промежуточной частотой

Шум часто оказывается единственным фактором, ограничивающим уровень чувствительности приемника. Очевидно, что понимание причин возникновения и характеристик шумов — это ключ к достижению наивысшей чувствительности.

Распределение шумов в приемном тракте

Сегодня важно понимание природы и свойств электрического шума. Генерация шума свойственна всем электрическим компонентам, в том числе — всем полупроводниковым приборам и резисторам.

Источники шума в полупроводниках по виду графиков, отражающих их спектральную плотность, можно разделить на две категории. На высоких частотах доминирует белый шум, а на низких — розовый шум. Комбинация этих шумов дает спектральную плотность, график которой приведен на рисунке 2.

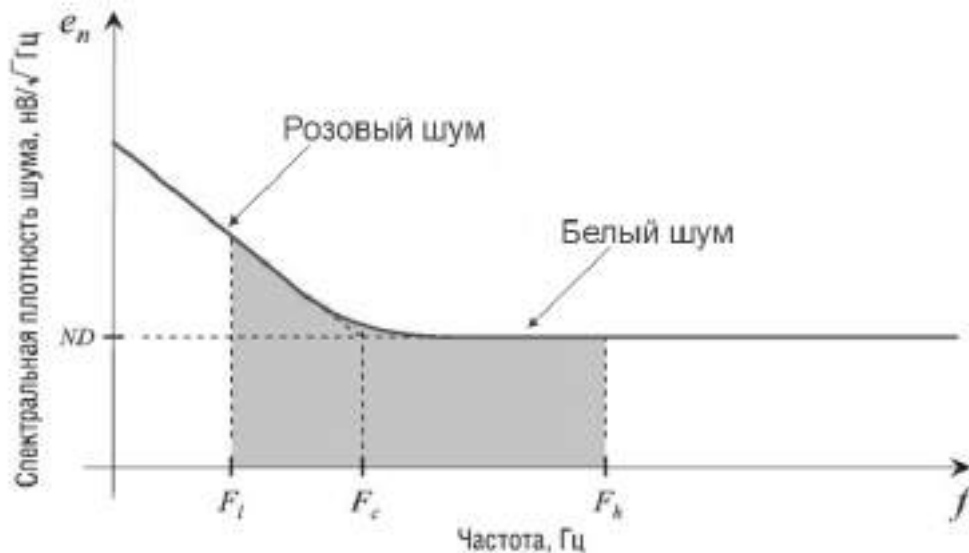


Рисунок 2 - Спектральная плотность шума

ND – спектральная плотность шума

FC – частота излома - граница между розовым и белым шумом.

Fl – нижняя граница полосы частот

Fh – верхняя граница полосы частот

Для белого шума характерна равномерная спектральная плотность с одинаковой энергией шумового сигнала в любой заданной полосе частот. Название для такого типа шума пришло из оптики, где свет с одинаковой амплитудой во всем спектре имеет белый цвет. Белый шум имеет характерный вид, показанный на рисунке 3. На рисунке 4 показан его спектр. В полупроводниковых приборах выделяют три источника белого шума: тепловой, дробовой и лавинный.

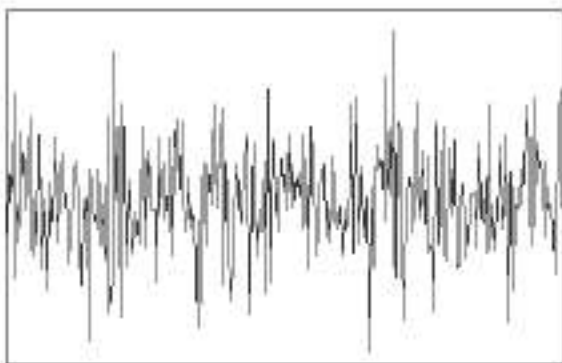


Рисунок 3 - Вид белого шума

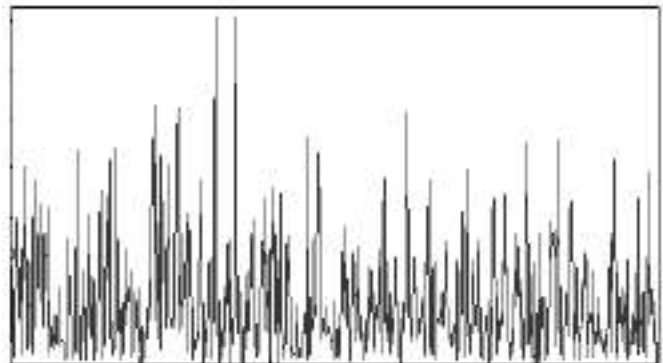


Рисунок 4 - Спектр белого шума

Розовый шум характеризуется спектральной плотностью, растущей по мере уменьшения частоты (рисунок 5). В данном случае энергия сигнала одинакова в каждой частотной декаде. Это создает спектральную плотность мощности, обратно пропорциональную частоте. Название для такого типа шума также пришло из оптики, где свет, в спектре которого доминируют низкочастотные составляющие, имеет розовый цвет. Розовый шум присущ всем активным и некоторым пассивным приборам.

В полупроводниковых приборах различают две разновидности розового шума — фликкер-шум (flicker noise) и шум, вызванный случайными скачками тока (popcorn noise).

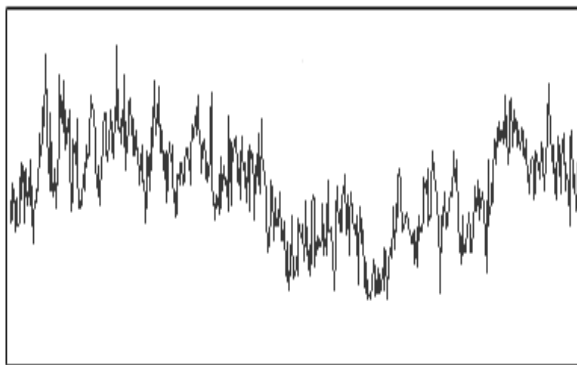


Рисунок 5 - Вид розового шума

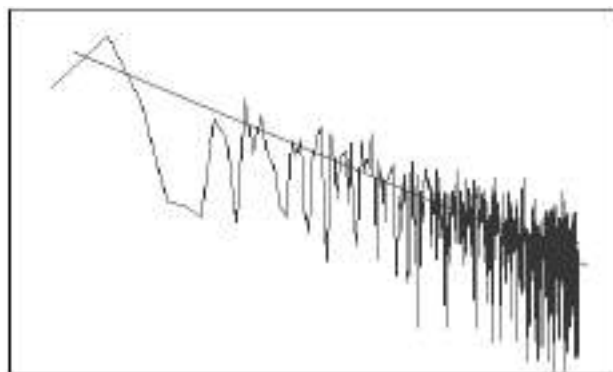


Рисунок 6 - Спектр розового шума

Шум подводимый к АЦП называется аналоговый шум (V_n) (рисунок 7).

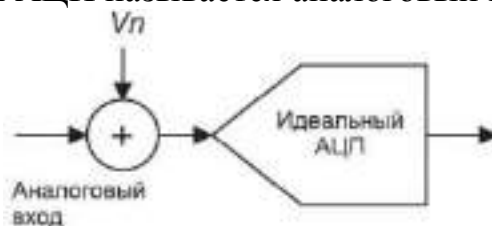


Рисунок 7- Аналоговый шум V_n , приведенный ко входу АЦП

Аналоговый шум V_n может порождаться внутренними или внешними источниками, это случайная величина, и предполагается, что она описывается распределением Гаусса (рисунок 8).

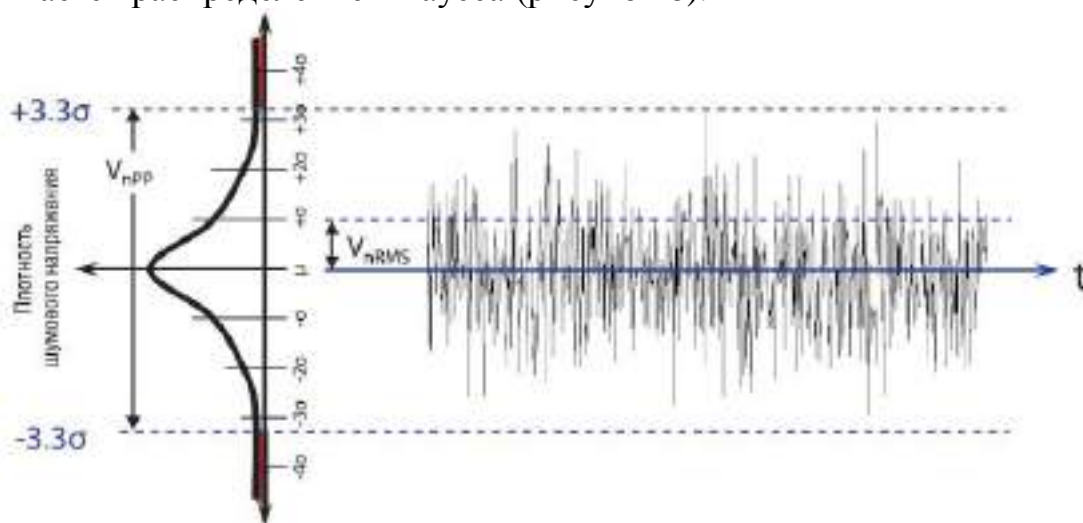


Рисунок 8 - Гауссовское распределение шума

Внутренние источники шума и их характеристики описаны выше.

Внешний шум может поступать из множества мест: источники питания, цифровые переключатели, высокочастотные и электромагнитные помехи. Следует помнить о внешних источниках шума и всегда разводить печатные платы должным образом, соблюдая правила соединения различных цепей и полигонов, находящихся под потенциалом «земли» в единой точке. Для

успешного использования развязывающих конденсаторов в цепях питания, низкочастотных фильтров, экранов высокочастотных и электромагнитных помех требуются глубокие знания, как на уровне компонентов, так и на системном уровне. Конденсаторы и их резонансные частоты, последовательно включаемые компоненты, такие как дроссели, ферритовые бусины и резисторы, — все это играет важную роль при минимизации уровня шумов.

Для повышения чувствительности радиоприемных устройств необходимо уменьшение аналогового шума в приемном тракте. Для этого необходимо использовать малозумящие компоненты, на которых реализован тракт. Такие компоненты имеют высокую стоимость. Однако при этом не всегда удается достичь желаемого результата. Требуются новые методы, которые позволят максимально уменьшить (исключить) шумы в приемных трактах, тем самым повысить чувствительность.

Методом кросскорреляционной обработки сигналов

Метод основан на двухканальной реализации приемного тракта (рисунок 9).

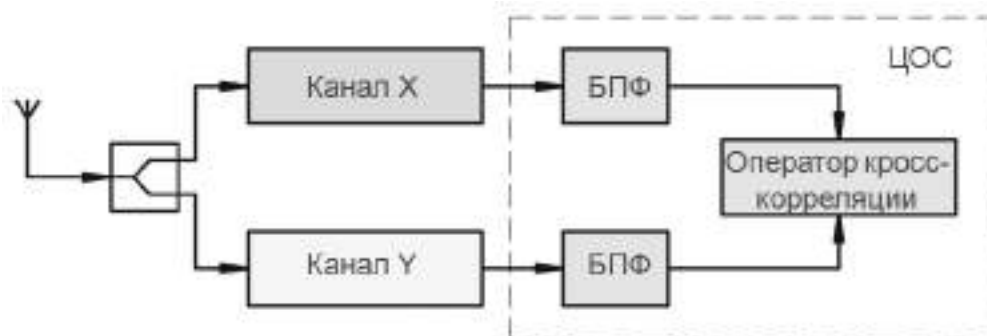


Рисунок 9 - Двухканальная реализация приемного тракта

Поскольку любые шумы, присутствующие в обоих каналах, когерентны, операция кросскорреляции не влияет на их вклад в результат измерения. В противоположность этому, собственные шумы каждого канала не когерентны, и поэтому операция кросскорреляции уменьшает их суммарный вклад в результат измерения пропорционально корню квадратному из числа циклов корреляций.

Число операций корреляции - ключевой фактор, от которого зависит общее время измерения. При увеличении числа корреляций уменьшается вклад шумов обоих каналов в результат измерения, но увеличивается время, требуемое для завершения измерения.

Цифровую обработку сигналов, поступающих с каждого канала, возможно реализовать на ПЛИС (FPGA). На рисунке 10 показана цепочка цифровой обработки I/Q-сигналов после дискретизации.

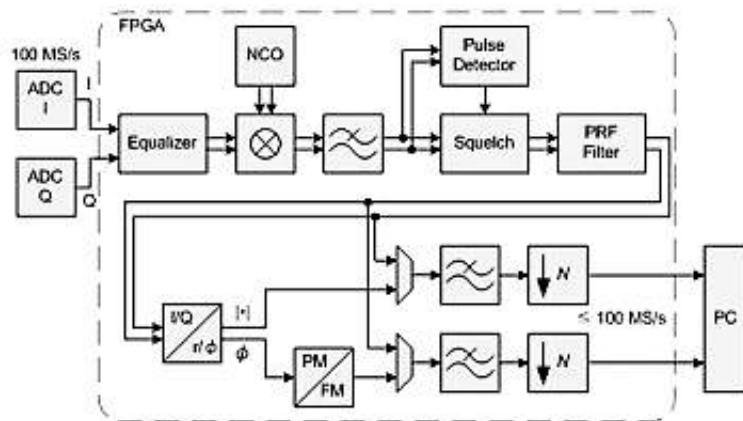


Рисунок 10 - Цифровая обработка сигналов для одного тракта приема

Корректор на входе тракта выполняет две функции. Во-первых, он выполняет компенсацию АЧХ фильтров в тракте аналогового сигнала отдельно для трактов I и Q. Во-вторых, он компенсирует I/Q-дисбаланс и постоянное смещение, вносимые аналоговым I/Q-смесителем. Сигнал корректора можно сдвинуть посредством произвольного смещения частоты, которое задается в генераторе с цифровым управлением (NCO). Это делается, чтобы сдвинуть центр спектра на несущую частоту. Последующий фильтр нижних частот удаляет компоненты сигнала, которые лежат за пределами интересующего спектра.

Расчеты кросскорреляции также выполняются в ПЛИС. На рисунке 11 показаны различные этапы обработки. Сигналы в ПЛИС подаются в кольцевые буферы, непрерывно прореживаются, чтобы обеспечить параллельную обработку нескольких частотных сегментов с различными полосами разрешения. Каждый сегмент преобразуется в частотную область посредством БПФ. Комплексное сопряженное умножение результатов БПФ и последующий блок усреднения используются для фактической кросскорреляции двух независимых трактов.

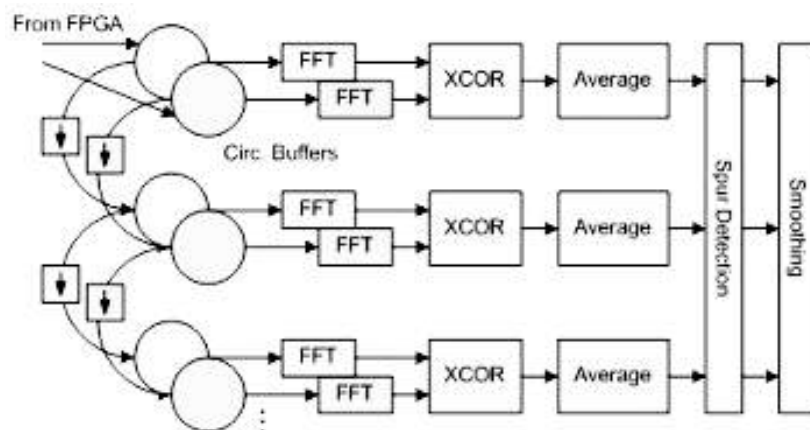


Рисунок 11 - БПФ и кросскорреляция

Спектральная плотность мощности для N корреляций между результатами БПФ первого канала X и второго канала Y можно выражается следующим образом:

$$S_{YX} = \frac{1}{N} \left| \sum_{i=0}^{N-1} Y_i \cdot \bar{X}_i \right| \quad (1)$$

Кросскорреляция уменьшает вклад шума некоррелированных сигналов шума, т. е. шум приемного тракта, возникающий после входного ВЧ делителя, с коэффициентом $5 \cdot \log_{10}(N)$ дБ, где N — количество корреляций. В таблице 1 представлена зависимость снижения уровня шума от количества корреляций. Пока некоррелированный шум тракта превышает коррелированный шум сигнала, результат (1) будет соответственно уменьшаться. Если коррелированный шум из сигнала начинает превышать усредненный некоррелированный шум, результат (1) соответствует истинному результату.

Таблица 1 - Зависимость снижения уровня шума от количества корреляций

| | | | | |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|
| N – количество корреляций | 10 | 100 | 1000 | 10000 |
| Снижение уровня шума | -5дБ | -10дБ | -15дБ | -20дБ |

На рисунке 12 представлена последовательность спектров коррелируемых сигналов, а на рисунке 13 зависимость уровня шума от количества корреляций.

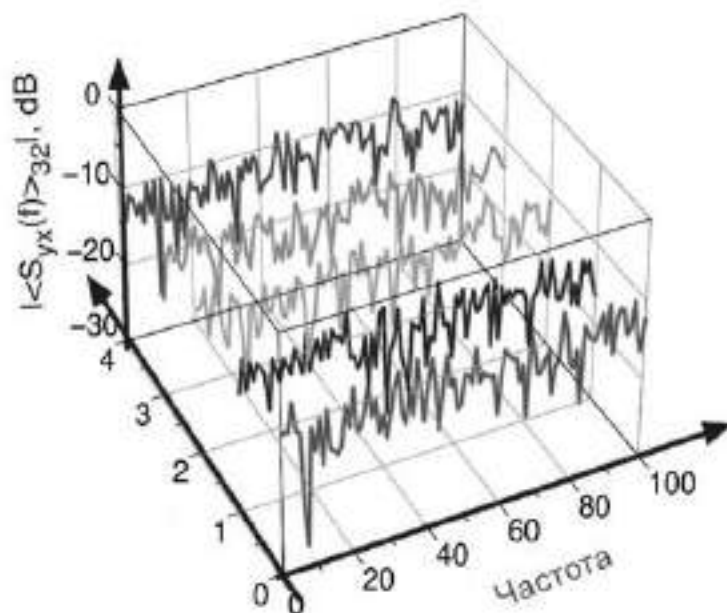


Рисунок 12 - Последовательность спектров

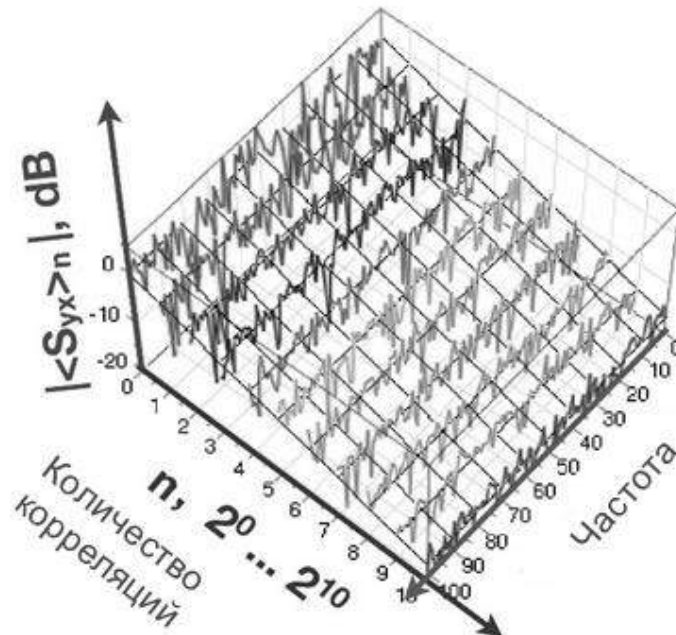


Рисунок 13 - Зависимость уровня шума от числа корреляций

Пример повышения чувствительности при использовании метода кросскорреляционной обработки сигналов показан на рисунке 14. Метод обеспечивает снижение уровня собственных шумов на 10 дБ, при количестве корреляций 100, что позволяет обнаружить незаметные ранее сигналы очень низкого уровня.

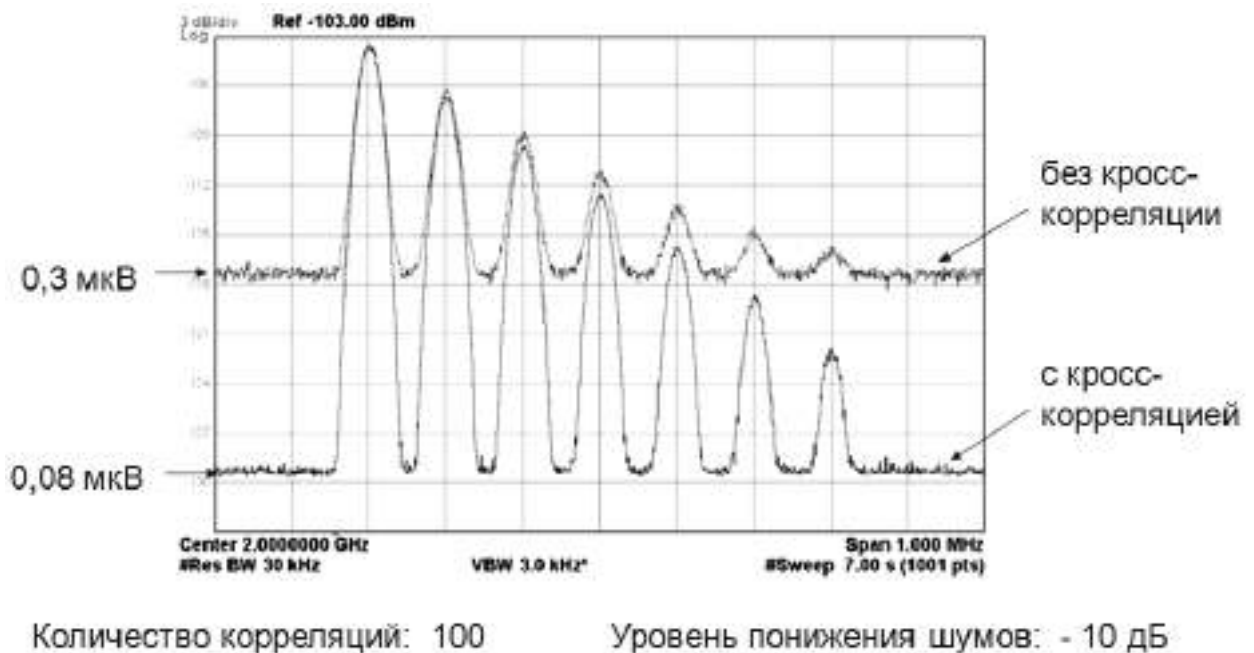


Рисунок 14 - Спектр сигнала

Заключение

В связи с тем, что метод двухканальной кросскорреляции основан на цифровой обработке сигналов, он повышает чувствительность, не требуя исключительно высоких характеристик аппаратных компонентов.

Число операций корреляции - ключевой фактор, от которого зависит общее время измерения. При увеличении числа корреляций уменьшается вклад шумов обоих каналов в результат измерения, но увеличивается время, требуемое для завершения измерения.

Список литературы

1. Прохоров С.А., Иващенко А.В., Графкин А.В.; Под ред. Прохорова С.А. Автоматизированная система корреляционно-спектрального анализа случайных процессов/ СНИЦ РАН, 2002. 286 с., ил.
2. E. Rubiola and V. Giordano. "Advanced interferometric phase and amplitude noise measurements". Rev. Sci. Instrum., Vol. 73, No. 6, June 2002.
3. Enrico Rubiola and François Vernotte. " The cross-spectrum experimental method", October 23, 2018.
4. C. W. Nelson, A. Hati and D. A. Howe. " Phase inversion and collapse of the cross-spectral function"
5. Ajay K. Poddar , Ulrich L. Rohde, Enrico Rubiola. " Phase noise measurement: Challenges and uncertainty" IEEE International Microwave and RF Conference (IMaRC) 2014.
6. R. Bagheri, A. Mirzaei, M. E. Heidari, S. Chehrazi, L. Minjae, M. Mikhemar, et al., "Software- defined radio receiver: dream to reality," Communications Magazine, IEEE, vol. 44, pp. 111- 118, 2006.

Новиков Руслан Андреевич,
инженер-электроник 3 категории
Отдел АСУП и ИТ №47

Наставник

Березкин Василий Евгеньевич,
начальник бюро АСУП и ИТ №47 обслуживания сетей
и программного обеспечения

«Анализ и мониторинг корпоративной информационной сети и устройств»

Введение

Информационные технологии на сегодняшний день предоставляют большие возможности по совершенствованию работы предприятий, повышая рост производительности труда и снижая затраты на персонал.

Все это стало возможным, благодаря использованию сетевых технологий, информационных систем и сервисов.

При нарушении работы корпоративной сети трудно выявить причину возникновения проблемы, на это тратится много времени что влечет за собой снижение производительности работы сотрудников, а также простои в работе. Таким образом, для поддержания работоспособности сети необходима система мониторинга сети.

Система мониторинга сети – это программное обеспечение, позволяющее отслеживать состояние сетевых устройств, их работоспособность, исправность и другие характеристики. При этом системы мониторинга сети позволяют оповещать администраторов при возникновении каких-либо сбоев.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Архитектура Zabbix

Для быстрого реагирования на проблемы корпоративной сети предприятия используется система мониторинга на основе Zabbix.

Zabbix–свободная система мониторинга и отслеживания статусов разнообразных сервисов компьютерной сети, серверов и сетевого оборудования.

Данная система состоит из:

- Сервера мониторинга, который выполняет периодическое получение данных, обработку, анализ и запуск скриптов оповещения
- База данных MySQL, используемая для хранения данных.
- Веб интерфейса на PHP, настройка и управления системой мониторинга.
- Агентов – которые выполняют сбор данных

Основными агентами системы мониторинга является протокол SNMP – это стандартный протокол для управления устройствами в IP-сетях. С его помощью устройства могут обмениваться информацией о своем текущем состоянии.

Протокол SNMP помогает определить:

- параметры и текущую загрузку каналов передачи данных коммутаторов и маршрутизаторов;
- параметры ИБП;
- параметры сетевых принтеров и МФУ.

Протокол межсетевых управляющих сообщений ICMP – сетевой протокол, входящий в стек протоколов TCP/IP. В основном ICMP используется для передачи сообщений об ошибках и других исключительных ситуациях, возникших при передаче данных, например, запрашиваемая услуга недоступна, или хост, или маршрутизатор не отвечают.

Zabbix-агенты – устанавливаются на наблюдаемых узлах для активного мониторинга локальных ресурсов и приложений (статистика жестких дисков, памяти, процессоров и т.д.). Агент локально собирает оперативную информацию и отправляет данные серверу мониторинга для дальнейшей обработки. Zabbix – агент может запускать пользовательские скрипты, что позволяет расширить функционал данного агента под требования системных администраторов. На пример перезапускать завершенные с ошибкой службы, выполнять резервное копирование и проверять его выполнение.

Мониторинг сетевого оборудования

Для мониторинга сетевого оборудования такие как коммутаторы, маршрутизаторы и сетевые принтеры используются протоколы SNMP и ICMP. По протоколу SNMP запрашиваются:

- инвентарные данные устройств (серийный номер, версия прошивки, месторасположение).
- Данные по загруженности каждого порта (полученные данные, отправленные данные, ошибки пакетов, скорость передачи)
- Данные о количестве тонера, распечатанных страницах на принтерах.

С помощью протокола ICMP отправляются запросы на доступность узла сети с заданной периодичностью.

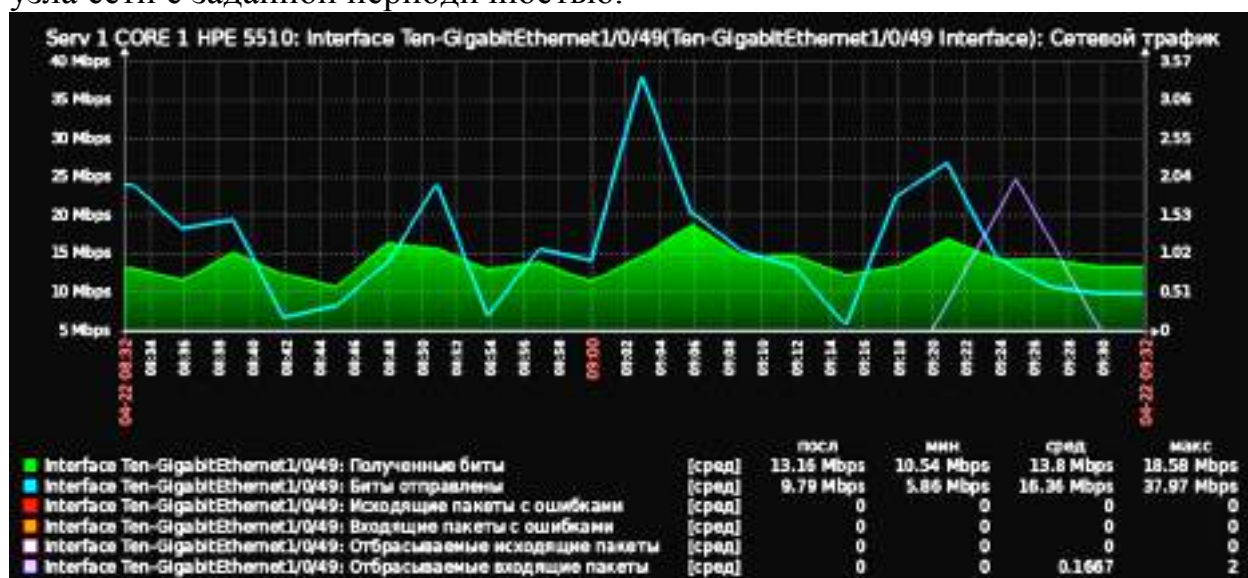


Рис.1 – Данные по загрузке порта №49 на коммутаторе HPE 5510

Обзор данных

| Имя гига | Стор. RAM | Время работы ЦП | Время загрузки системы | Время загрузки драйверов | Время загрузки устройств | Модель процессора | Пользователь | Системный журнал | Модель видеодрайвера - Драйвер | Модель видеодрайвера - Аппаратный интерфейс | Модель видеодрайвера - Тип процессора/карты | Модель видеодрайвера - Объем памяти | Модель видеодрайвера - Тип процессора/карты | Модель видеодрайвера - Объем памяти | Модель видеодрайвера - Тип процессора/карты | Модель видеодрайвера - Объем памяти |
|--------------------|-----------|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| STP12 Konica 224e | Уч (1) | 8.0мс | 31740 | 453352 | 20557 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | AS11K021013335 | 81 % | 1 % | 74 % | 82 % | 24 % | 82 % | 82 % | |
| STP12 Konica 224e | Уч (1) | 8.0мс | 32789 | 242469 | 14052 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | AT98021115886 | | | | 15 % | 21 % | 84 % | 40 % | |
| Уч M01 Konica C22T | Уч (1) | 8.0мс | 43113 | 66564 | 305 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | ATM321623683 | | | | | | 40 % | | |
| Уч M01 Konica C22T | Уч (1) | 8.0мс | 29511 | 18857 | 49276 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | AT98021116244 | | | | | 87 % | 88 % | 87 % | 74 % |
| Уч M02 Konica C22T | Уч (1) | 8.0мс | 15964 | 28448 | 2147 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | ATM321612241 | 91 % | 32 % | 82 % | 83 % | 82 % | 83 % | 80 % | |
| Уч M05 Konica 224e | Уч (1) | 8.0мс | 32120 | 422371 | 41782 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | AS11K021013361 | 29 % | 1 % | 84 % | 74 % | 20 % | 74 % | 55 % | |
| Уч M05 Konica 224e | Уч (1) | 8.0мс | 32879 | 287110 | 14250 | KONICA MINOLTA beta... | 0 % | AS11K021013348 | 50 % | 1 % | 8 % | 35 % | 50 % | 35 % | 55 % | |

Рис.2 – Данные по МФУ Konica Minolta

Мониторинг Источников Бесперебойного питания

Для выполнения мониторинга за ИБП, отвечает дополнительный физический сервер, с установленным ПО «Network UPS Tools» которое позволяет опрашивать состояние ИБП по интерфейсу USB и COM. Установленный на данном сервере Zabbix-агент, используя пользовательские скрипты выполняет запросы с помощью «Network UPS Tools» и отправляет полученные данные на сервер мониторинга.

Обзор данных

| Имя гига | Время работы от батареи | Входная мощность | Выходное напряжение на ИБП | Зарядка ИБП | Использованные ресурсы ИБП | Напряжение на выходе ИБП | Статус ИБП | Температура батарей ИБП |
|-----------|-------------------------|------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| UPS BNU-2 | 00:42:30 | 49.9 Вт | 225 V | 18 % | 100 % | 229 V | OL | 25.3 °C |

Рис.3 – Данные по источникам бесперебойного питания

Оповещение и визуализация.

За оповещение о проблемах отвечают триггеры – это логические выражения, которые «оценивают» данные и отражают текущее состояние системы. Выражения триггеров позволяют задать порог, при котором состояние данных «нормальное». Таким образом, если входящие данные превышают приемлемое состояние, триггер меняет состояние на «ПРОБЛЕМА».



Рис.4 – Интерфейс меню «Проблемы»

Для того что бы быстро сориентироваться с каким именно узлом сети произошла проблема была построена карта сети. Когда сработает триггер он отображает проблему на карте сети и воспроизводит звуковое уведомление оповещая сотрудников отдела №47.

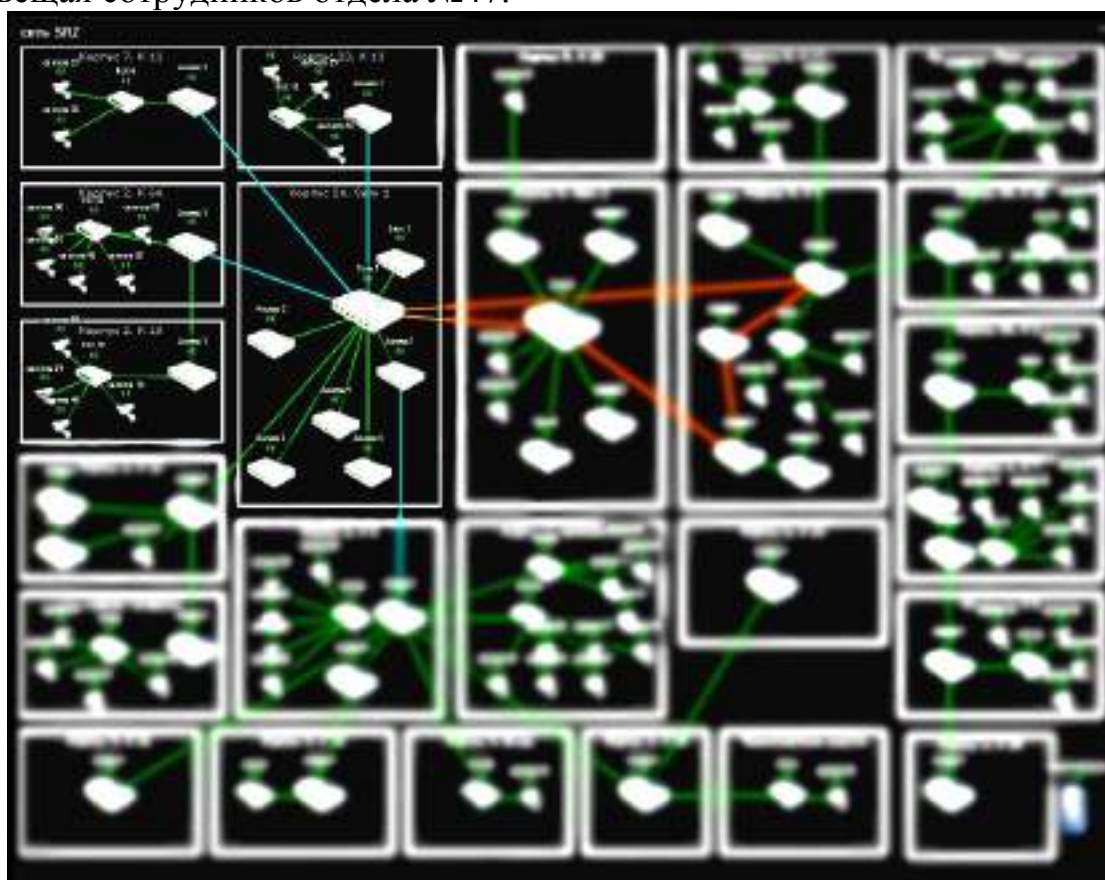


Рис.5 – Карта сети АО «Сарапульского радиозавода»

Для удобного вывода информации используются два широкоформатных монитора установленных в кабинете «Бюро обслуживания сети и программного обеспечения». На мониторах отображается карта сети, данные о проблемах, графики нагрузки на коммутаторы, данные о количестве тонера на сетевых принтерах.



Рис.6 – Фото мониторов в кабинете АСУП и ИТ №47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря наличию средств для реализации всех этих функций администратору больше не нужно проверять вручную состояние каждой составляющей системы, проблемы и поломки устраняются более оперативно, диагностика осуществляется многомерно и точно, а также можно планировать расширение инфраструктуры.

Использование систем мониторинга позволило:

- оптимизировать использование информационных ресурсов;
- повысить качество ИТ – сервисов и скорость устранения сбоев в работе оборудования и программного обеспечения, минимизировать время простоя сервисов;
- обеспечить надежность, безопасность и согласованное функционирование всех компонентов ИТ – инфраструктуры;
- облегчить модернизацию ИТ – инфраструктуры;
- в несколько раз повысить эффективность работы ИТ – подразделения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт Zabbix [Электронный ресурс] – Режим доступ: <https://www.zabbix.com/> – Вкладка «Documentation». - (Дата обращения: 14.04.2019)
2. Сайт Wikipedia [Электронный ресурс] – Режим доступ: <https://ru.wikipedia.org/> – Вкладка «Zabbix». - (Дата обращения: 14.04.2019)
3. Сайт Wikipedia [Электронный ресурс] – Режим доступ: <https://ru.wikipedia.org/> – Вкладка «ICMP». - (Дата обращения: 14.04.2019)
4. Сайт Wikipedia [Электронный ресурс] – Режим доступ: <https://ru.wikipedia.org/> – Вкладка «SNMP». - (Дата обращения: 14.04.2019)

Носков Александр Николаевич,
главный специалист - руководитель группы конструирования
КБ №62

Наставник
Мосунов Дмитрий Геннадьевич,
начальник бюро НИОКР

«Изготовление крупногабаритных полых изделий из полимерных материалов»

Введение

Под технологией получения крупногабаритных полых изделий применительно для применения на АО «СРЗ», понимается изготовление пластиковых кейсов – контейнеров и контейнеров используемых в качестве упаковки длительного хранения для изделий выпускаемых АО «СРЗ». Упаковка в пластиковые кейсы – контейнеры характеризуется долговечностью (срок службы не менее десяти лет), удобством эксплуатации, удобством упаковывания и транспортирования, значительно меньше подвержена воздействию климатических факторов в отличие от деревянной тары, изготовленной в соответствии с требованиями ГОСТ 2991-85.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать полимерные материалы, подходящие по эксплуатационным характеристикам для изготовления кейсов – контейнеров.
2. Рассмотреть и выбрать методы получения крупногабаритных пластиковых изделий и выбрать оптимальный.

Выбор полимерных материалов для изготовления крупногабаритных деталей из полимерных материалов

Полимерные материалы, применяемые для изготовления пластиковых кейсов должны обладать амартизационными и эластичными свойствами, должны выдерживать значительные механические нагрузки и обеспечивать длительный срок эксплуатации.

Исходя из перечисленных выше требований и примеров применения материалов предприятиями специализирующимися на изготовлении кейсов - контейнеров, делаем вывод: для изготовления кейсов – контейнеров оптимально использовать следующие материалы:

- пластик АБС (сополимер акрилонитрила бутадиена и стирола);
- SB пластик (стирол - бутадион);
- полипропилен.

Учитывая специфику применения кейсов АО "СРЗ" оптимальными полимерными материалами будут являться пластик АБС и полипропилен.

Для изготовления крупногабаритных полых изделий из полимерных материалов, наибольшее распространение получили методы литья и экструзии с раздувом, термоформование, ротационное формование.

Существующие методы изготовления крупногабаритных полых изделий, отличаются способом изготовления заготовки и способом её получения:

1. Экструзия заготовки с её немедленным раздувом;
2. Разогрев предварительно экструдированной и охлаждённой заготовки, с подачей её на раздув;
3. Изготовление заготовки методом литья под давлением, её полное или частичное охлаждение в литьевой форме с дальнейшим переносом в раздувную форму;
4. Термоформирование полуформ с последующей сваркой;
5. Изготовление изделий методом ротационного формования.

1. Экструзия и литьё с раздувом

а. Экструзия с раздувом

На рис. 1 представлена схема экструзионно – раздувного формования

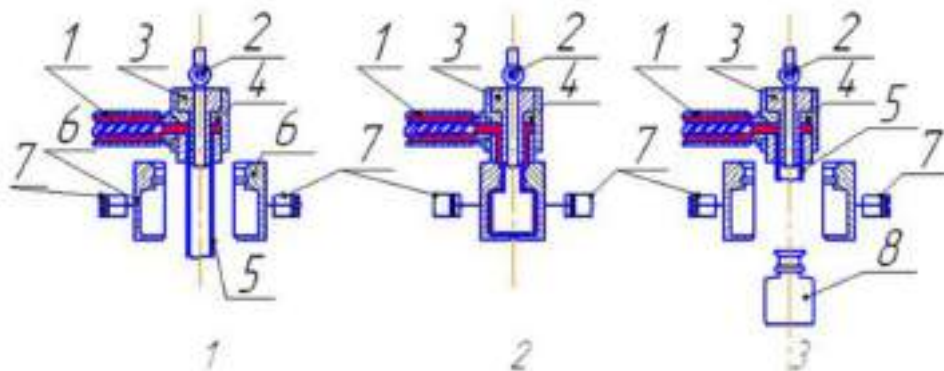


Рис. 1

Где: 1 – пластицирующий экструдер; 2 – кран; 3 – дорн; 4 – головка; 5 – заготовка; 6 – полуформы; 7 – пневмоцилиндр; 8 – изделие.

Пластицирующий экструдер 1 подаёт расплав термопласта в головку 4, откуда он выдавливается в виде трубчатой заготовки кольцевого сечения 5 в пространство между разомкнутыми полуформами 6 (поз. 1). Как только длина заготовки достигает требуемой величины, полуформы с помощью пневмоцилиндров 7 смыкаются (поз. 2). При этом нижний конец заготовки пережимается и сваривается, а верхний конец плотно обжимается на выступающей части сердечника (дорна) 3 головки. Кран 2 открывается, и сжатый воздух через центральное отверстие в дорне 3 подаётся внутрь заготовки, раздувая и обжимая её по холодной формообразующей поверхности формы. Происходит охлаждение и затвердевание материала отформованного изделия. Как только изделие становится достаточно формоустойчивым, пневмоцилиндры 7 раскрывают полуформы 6, изделие 8 извлекается и вновь начинается экструзия заготовки (поз. 3); цикл повторяется.

Недостатком этого метода являются:

1. Разнотолщинность изделий из-за неоднородной степени вытяжки заготовки в различных местах;

2. Значительные отходы материала в виде облоя;
3. Циклический режим работы экструдера с частичными включениями.

б. Литьё с раздувом

На рисунке 2 представлена схема метода литья с раздувом

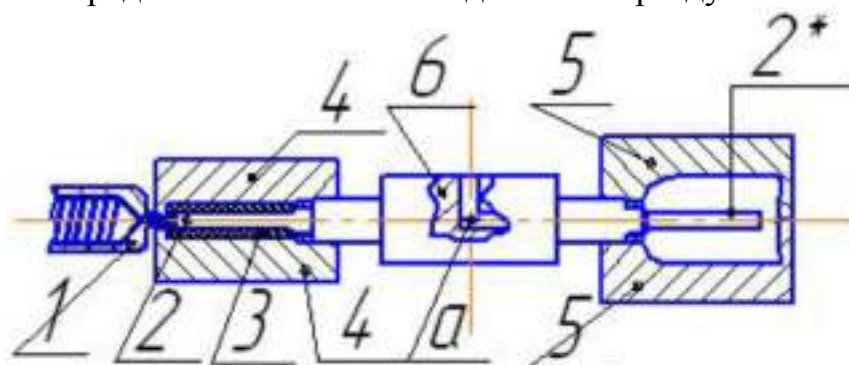


Рис.2.

Где: 1 - узел пластикации и впрыска литейной машины;
 2, 2* - сердечники; 3 - заготовка; 4 - литейная форма; 5 - раздувная форма;
 6 - поворотное устройство.

Две формы – литейная 4 и раздувная 5 установлены на плитах узла смыкания литейной машины. Между формами имеется поворотное устройство 6, несущее на себе два противоположно направленных сердечника 2 и 2*. Узел пластикации и впрыска литейной машины 1 впрыскивает расплав в литейную форму 4, и в ней отливается заготовка 3, по форме напоминающей пробирку. В это время в раздувной форме 5 формируется изделие из заготовки, отлитой в предшествующем цикле на сердечнике 2*. Когда заготовка в форме 4 охлаждается до температуры, при которой возможен её раздув, а изделие в форме 5 охлаждается до температуры, при которой возможно её изъятие, формы раскрываются, изделие извлекается из формы 5, а отформованная заготовка остаётся на сердечнике 2. Устройство 6 поворачивается вокруг оси 0 на 180°, и сердечник 2 с заготовкой переносится в раздувную форму 5, а освободившейся сердечник 2* – в форму 4. Происходит смыкание форм, и через канал, а подаётся воздух для раздува заготовки. В это время в литейной форме отливается заготовка на сердечнике 2*. По завершении этих операций цикл повторяется.

Отличие от обычного литья, заключается в том что, заготовка пребывает в форме меньшее время и охлаждается не до твёрдого состояния, а до температуры близкой к температуре перехода из вязкотекучего состояния в высокоэластическое. Чтобы в процессе охлаждения на наружной поверхности не образовывался слой затвердевшего материала, препятствующий дальнейшему раздуву заготовки, температуру формы поддерживают несколько выше температуры затвердевания полимера.

Преимущества литья, по сравнению с экструзией с раздувом:

1. Позволяет получать комбинированные изделия. Отдельные элементы этих изделий формируются литьём под давлением, а остальная часть – раздувом;
2. Имеется возможность получать заготовку с любым требуемым распределением толщины стенки, как по высоте, так и по периметру;

3. Один из концов заготовки получается со сплошным дном. Дно изделия из таких заготовок не имеет сварного шва и поэтому более прочно. Изделие к тому же получается без облоя.

Термоформование

Термоформование состоит из трёх стадий:

1. Нагрев листа термопласта до температуры, лежащей в температурном диапазоне высокоэластического состояния материала;

2. Создание разности давлений воздуха в пространствах, примыкающих к противоположным сторонам разогретого листа, под действием этой разности, лист деформируется, облекая формующую поверхность холодной формы;

3. Выдержка отформованного листа в контакте с холодной формой с целью охлаждения материала до температуры, лежащей ниже температуры перехода в твёрдое состояние (температуры стеклования или кристаллизации).

Метод термоформирования состоит из следующих стадий, рис. 3

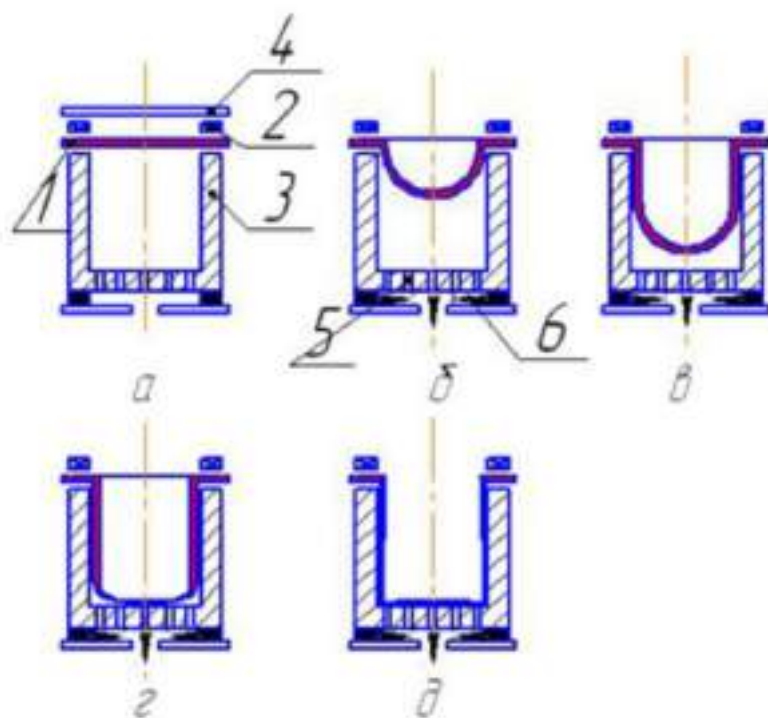


Рис. 3

Где: 1- лист; 2- рама; 3- форма; 4-нагреватель; 5- вентиляционные каналы; 6- дренажная полость.

1. На первой стадии (рис.3а), лист 1 рамкой 2 герметично поджимается к торцевой поверхности формы 3, и над листом размещается нагреватель 4. Происходит нагрев листа;

2. На второй стадии (рис.3б,в,г,) нагреватель отводится, и из полости формы через вентиляционные каналы 5 отсасывается воздух. В полости создается разрежение, и лист, находясь в высокоэластическом состоянии, под воздействием атмосферного (над листом) и остаточного (в полости) давлений начинает втягиваться в полость, облекая холодную формообразующую поверхность;

3. На третьей стадии (рис.3.д) отформованный лист, контактируя с формой, охлаждается. В высокоэластическом состоянии развившиеся в материале деформации обратимы, поэтому во избежание искажения приобретённой листом конфигурации на него должно оказываться давление вплоть до полного его отвердевания. По этой причине вакуум в дренажной полости б поддерживается вплоть до конца третьей стадии.

Существуют следующие разновидности пневмовакуумформования:

1. Формование с механической вытяжкой;
2. Формование с пневматической вытяжкой;
3. Формование с пневмомеханической вытяжкой;
4. Пневматическое формование.

При пневмовакуумформовании происходят три следующих основных процесса: нагрев листа, его деформирование и охлаждение изделия

Нагрев листа для поддержания высокой производительности машины должен быть осуществлён за минимально возможное время. Качество прогрева оценивается неоднородностью распределения температуры по площади листа и по его толщине к концу стадии нагрева. При неоднородности нагрева по площади листа, превышающих 3-5К, деформативность его оказывается столь неравномерной, что при последующем формовании приводит к неодинаковой вытяжке в различных местах изделия, образованию складок и морщин. Неоднородность температуры по толщине листа, измеряемая разностью температур обогреваемой и нейтральной поверхностей листа, не должна превышать диапазона оптимальных температур формования.

Вторым процессом является деформирование листа, которое сводится к его двухосному растяжению (вытяжке). На первом этапе (рис.3.б) заготовка листа втягивается в полость формы, не касаясь стенок. Площадь свободной поверхности заготовки растёт, а объём остаётся постоянным. За счёт этого толщина листа уменьшается, оставаясь одинаковой по всей поверхности.

Как только заготовка коснулась холодной стенки формы, на некоторой длине, на образовавшейся поверхности контакта в заготовке появился тонкий слой отвердевшего материала. Этот слой препятствует дальнейшей вытяжке участка заготовки по длине. Дальнейшей вытяжке подвергается лишь часть заготовки со свободной поверхностью, и новый участок контакта с формой образуется уже при новой, меньшей толщине листа. Таким образом, чем позже точка поверхности листа вступит в контакт с формой, тем тоньше будет изделие в области этой точки.

Очевидно, что разнотолщинность изделия – это недостаток метода формования.

Третьим процессом является охлаждение отформованного изделия за счёт контакта с холодной формой.

После сравнения всех, вышеперечисленных, технологий производства крупногабаритных полых полимерных изделий, несмотря на длинные технологические циклы, ротационное формование является наиболее рациональным, а зачастую и единственно возможным методом получения крупногабаритных изделий.

Ротационное формование

Этот способ переработки термопластичных полимеров в основном служит для изготовления больших полых изделий технического применения. Технология переработки термопластов методом РФ предусматривает проведение процесса в три стадии, которые протекают при атмосферном давлении:

На первой стадии в холодную форму, представляющую собой полую раковинообразную конструкцию, загружается определенное количество полимерного материала;

На второй стадии, в камере нагрева, происходит нагрев формы с помещенным в неё материалом, в результате чего происходит формообразование изделия. При этом форма вращается относительно двух перпендикулярно ориентированных относительно друг друга осей. При вращении формы расплавленный полимер образует однородный слой на внутренней поверхности формы;

На третьей стадии происходит охлаждение формы со сформировавшимся изделием.

Ротационное формование позволяет:

- изготавливать полые изделия;
- изготавливать изделия сложной формы с возможностью изменения толщины стенки без изменения формы;
- устанавливать металлические или пластиковые закладные;
- изготавливать сразу несколько разных изделий;
- получать изделия без внутренних напряжений и без ориентации полимера;

С точки зрения стоимости оборудования и оснастки, ротационное формование имеет наибольшее преимущество в сравнении с другими методами получения крупногабаритных изделий.

Описание оборудования для ротационного формования

Ротационное формование производится на установках непрерывного, или периодического действия.



Рис. 4. Комплекс ротационного литья Jingsan JC-006 произведено фирмой Anhui, China (Mainland), ориентировочная стоимость 50 000 – 100 000 долларов США. Габаритные размеры (17.5×11.5×5.5) м

Неподвижная часть установки состоит из последовательно расположенных рабочих мест:

- стола, на котором осуществляется замыкание форм, их заполнение перерабатываемым материалом, а также размыкание форм и извлечение готовых изделий (иногда эти операции производятся на различных столах);
- туннельной печи с входными и выходными дверцами;
- охлаждающей камеры.

Подвижная часть установки для двухосного вращения форм состоит из карусели

Карусель обычно оснащают тремя шпинделями. В трёхшпиндельных установках карусель поворачивается через определенный промежуток времени на 120° . При этом один шпindel попадает на рабочий стол для извлечения готового изделия и заполнения формы материалом, другой находится в это же время в печи, а третий — в охлаждающей камере.

Формы нагревают в печи горячим воздухом, в открытом газовом пламени или ИК - лучами.

Охлаждающая камера должна быть оборудована душами, из которых на форму подается холодная вода. Иногда охлаждение формы осуществляют не в камере, а на оборудованной душами открытой площадке.

Формы изготовляют из литого алюминия или листов мягкой стали.

Алюминиевые формы оптимально использовать для производства изделий сложной конфигурации, а также для конструкций, имеющих линии разреза более чем в одной плоскости.

Сварные формы из листовой стали применяют для выпуска крупногабаритных изделий простой конфигурации с невысоким качеством поверхности.

Для отработки технологии изготовления пластиковых кейсов на базе АО "СРЗ" необходимо следующее оборудование:

1. Установка для ротационного формования.
2. Форма для ротационного формования (материал формы - алюминий) с устройством нагрева формы до температуры плавления материала.
3. Ручной экструдер для пайки пластмасс.
4. Необходимое количество материала для изготовления пластиковых кейсов.

Заключение: при внедрении технологии ротационного формования на АО «СРЗ» будет возможность полностью обеспечить потребность в пластиковых кейсах - контейнерах, расширить номенклатуру производимых кейсов – контейнеров, так же при изучении спроса на рынке гражданской продукции возможность изготовления и реализации продукции гражданского назначения.

А.А. Солоткова,
техник – технолог 2 категории

Наставник
О.В. Налобина,
ведущий инженер - технолог

«Автоматизированное рабочее место сборки монтажа («Умное рабочее место»)

Секция: «Конструкторско-технологическая»

Введение

Увеличение сложности радиоэлектронной аппаратуры, печатных узлов приводит к тому, что возрастает вероятность возникновения ошибок при сборке, а, следовательно, к увеличению затрат времени на нахождение и исправление этих ошибок. Применение в аппаратуре большого количества микросхем и полупроводниковых приборов, чувствительных к воздействию статического электричества и требующих при монтаже соблюдения определенных режимов пайки, приводит к увеличению степени ответственности персонала за выполняемую работу.

Программно-аппаратный комплекс «Умное рабочее место» предназначен для минимизации этого риска, а также снижения трудоёмкости выполнения операций, повышения эффективности выполнения ручных операций за счет снижения влияния человеческого фактора, гарантии обеспечения технологических режимов пайки и соблюдение требований по защите статического электричества, повышения уровня производительности ручного труда, оптимизация процессов планирования и контроля работ.

Функциональные возможности комплекса

Комплекс состоит из двух основных частей:

- Рабочие места оснащены оборудованием для выполнения производственных операций, средствами автоматизации и «умными» приборами.
- Система управления ручным производством предназначена для повышения производительности ручного труда, качества выполнения производственных операций и эффективности управления производственными участками с большим количеством рабочих мест.



Рисунок 1 – Схема «умного» рабочего места

Основные задачи, которые должен решать программно-аппаратный комплекс «Умное рабочее место»:

- повышение уровня производительности труда и снижение трудоемкости выполнения операций;
- минимизация времени обучения и подготовки новых специалистов и снижение влияния человеческого фактора на качество выпускаемой продукции;
- повышение уровня производственной дисциплины и контроль над соблюдением технологических режимов выполнения операций;
- получение в режиме реального времени полной информации о состоянии выполнения заказов и выполнения плановых показателей;
- сбор реальных данных о производительности труда и трудоемкости выпуска изделий и комплектующих;
- сбор данных для анализа причин возникновения брака и снижения качества выпускаемой продукции;
- обеспечение ритмичного выпуска продукции и снижение вероятности срыва выполнения планов и заказов.

В данном комплексе реализован функционал, позволяющий специалистам на рабочих местах получать визуализацию всех процессов и интерактивные инструкции по выполнению технологических операций. Производится регистрация производственного брака на рабочих местах с указанием типа дефекта с последующим статистическим анализом, в результате чего уменьшается время на ремонт, снижение вероятности срыва выполнения планов и заказов в срок, что не приводит к незапланированным затратам для предприятия. Также с помощью интерактивных инструкций уменьшается время на освоение новых изделий. Отображение на рабочем месте последовательности операций существенно сокращает время обучения персонала.



Рисунок 2 – Интерактивный сборочный чертеж

Еще один важный вопрос – необходимость комплексного изменения бизнес-процессов на всех уровнях. «Умное рабочее место» может быть локально внедрено в отдельном цехе и подразделении, даже если на предприятии нет глобальных управляющих систем. Если на производстве уже внедрены действующие MES-, ERP-системы, то «Умное рабочее место» не будет параллельной или «конкурентной» системой, оно будет дополнением к системам высокого уровня. «Умное рабочее место» – это комплекс, который всегда можно доработать под специфику бизнес-процессов любого предприятия.

«Умное рабочее место» гибко подстраивается под потребности и задачи заказчика. На заводе АО «Сарапульский радиозавод» данный комплекс может работать совместно с программой Arrius для просмотра всей конструкторской и технологической информации (технологические карты, операционные карты с описанием осуществляемого действия и выделением места установки компонента, сборочные чертежи).

Управление планированием и контроль

- Учет выполненных операций, мониторинг выполнения плана по всему производственному участку (цеху, заводу) и отдельным рабочим местам.
- Прогнозная оценка возможности выполнения плана в срок.
- Выявление факторов, негативно влияющих на выполнение плана.
- Помощь в распределении производственных заданий по рабочим местам.

Внедрение программно-аппаратного комплекса существенно помогает в сборе информации как по отдельному сотруднику (рабочему месту), так и в целом по цеху или участку. Получая в режиме реального времени полную картину по загрузке сотрудников, выполнению планов, наличию проблемных ситуаций руководитель подразделения сможет более оперативно предпринимать корректирующие действия. Все данные поступают

руководителю непосредственно с рабочих мест, где фиксация и отметка о выполнении операций происходят с минимальными трудозатратами, Благодаря такой фиксации в дальнейшем можно сформировать цифровой паспорт на каждое изделие с информацией обо всех стадиях производственного процесса.

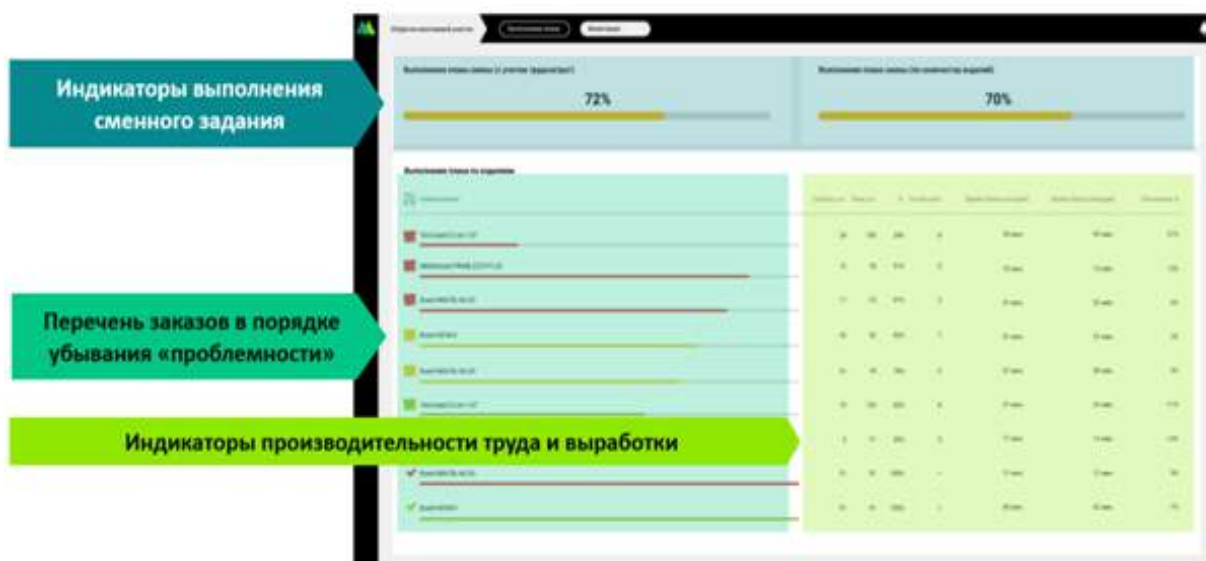


Рисунок 3 – Контроль выполнения плана

Хранение истории выполнения производственных операций по каждому собранному изделию в привязке к идентификатору изделия (штрихкод, RFID-метка). Фотофиксация результатов выполнения операций для сохранения в цифровом паспорте изделия и последующего анализа.

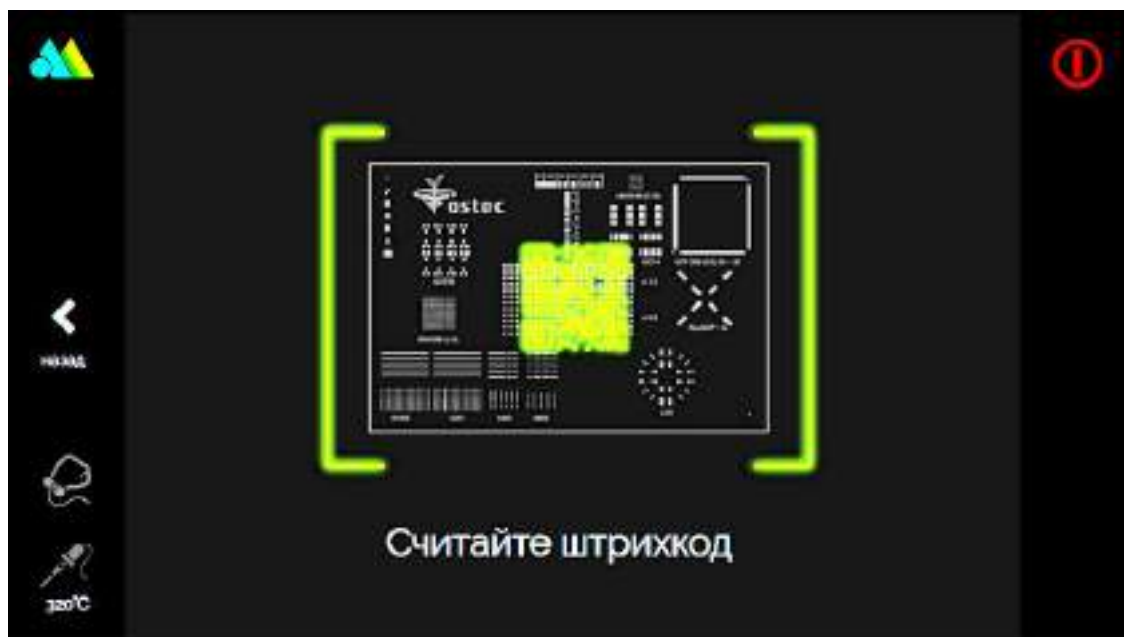


Рисунок 4 – Хранение истории выполнения производственных операций в привязке к штрихкод

Управление персоналом и минимизация влияния человеческого фактора

- Формирование отчетов о выработке и эффективности персонала с возможностью экспорта в ERP-систему предприятия.
- Учет рабочего времени и идентификация персонала на рабочем месте с помощью биометрических технологий, бесконтактных карт и авторизации на компьютере.

В комплексе реализован ряд модулей контроля производственной дисциплины. С помощью специального технического оснащения можно контролировать фактическое время работы по отдельным операциям и получать реальную фотографию рабочего дня сотрудников. Время прихода и начала работы контролируется с помощью авторизации на рабочем месте через логин/пароль или Проху-карту. Помимо дополнительного контроля, у сотрудников появляется возможность оперативно получать информацию о любых внештатных ситуациях на рабочих местах, приводящих к незапланированным простоям. И зачастую причины этих простоев не связаны с нарушением производственной дисциплины, а лежат в области организационных проблем (отсутствие комплектации или материалов, выход из строя оборудования и т. д.). Информация об этом также будет поступать руководителю, отображаться на мониторе и фиксироваться в системе сбора данных.

С помощью «Умного рабочего места» также решается задача актуализации в режиме реального времени рабочей документации на всех рабочих местах и уход от бумажного документооборота, что минимизирует вероятность использования сотрудниками «устаревшей» документации и вероятность ошибочной сборки изделий.

Контроль соблюдения технологии и управление качеством

- Автоматический контроль соблюдения технологических требований к выполнению производственных операций на основе показаний датчиков и информации с подключенного оборудования.
- Автоматический контроль соблюдения требований к антистатической защите.
- Регистрация производственного брака на рабочих местах с указанием типа дефекта с последующим статистическим анализом.
- Формирование аналитических отчетов для задач управления качеством.
- Оповещение об отклонениях в показателях качества в режиме реального времени.

В «Умном рабочем месте» реализован функционал контроля параметров оборудования (температурный профиль, подключение антистатических браслетов), контроля корректности сборки изделий, отображаются интерактивные инструкции по сборке.

Рассматривая вопрос эффективности, нельзя не сказать о такой важной детали рабочего места, как эргономика. Одна из эргономических

составляющих УРМ — возможность оперативно отметить выполнение/частичное выполнение операций или работ на сенсорном мониторе. Программно-аппаратный комплекс «Умное рабочее место» предоставляет широкие возможности для повышения эффективности производственных участков ручного монтажа, и в большой степени — за счет оптимизации организационных процессов и планирования.

Компания Ostec предлагает программно-аппаратный комплекс, ориентировочная цена которого составляет 900 000 тыс. руб. в полной комплектации. В условиях крупносерийного производства данное оборудование может окупиться за 4-5 лет.

Заключение

Таким образом, внедрение комплекса «Умное рабочее место» позволит уменьшить количество ошибок при установке радиоэлементов и микросхем, повысить эффективность выполнения ручных операций за счет снижения влияния человеческого фактора, гарантировать обеспечение отслеживания режимов пайки и соблюдение требований по защите статического электричества. Также позволит увеличить степень ответственности монтажников радиоаппаратуры за выполнение операций, повысить качество изделий, уменьшить количество радиоэлементов и микросхем, требуемых замены в результате неправильной установки или отказавших в результате пробоя при воздействии статического электричества, сократить количество дефектов и время, затрачиваемое на их поиск, оптимизировать процесс планирования и контроля работ. Программно-аппаратный комплекс позволит повысить престиж предприятия, его конкурентоспособность по сравнению с другими поставщиками.

Список литературы

1. Лыско Р. «Умное» рабочее место: как внедрить цифровое производство на участках ручного труда // Технологии в электронной промышленности. 2018. №6
2. Как «Умное рабочее место» повышает эффективность работы [Электронный ресурс] URL: [https://www. controleng.ru/ wp-content/ up loads/ 10863.pdf](https://www.controleng.ru/wp-content/uploads/10863.pdf) (дата обращения 04.03.19)
3. Умное рабочее место [Электронный ресурс] URL: [https:// www.ostec-smt.ru/smart-workcentre](https://www.ostec-smt.ru/smart-workcentre) (дата обращения 04.03.19)

Фомичева Алеся Васимовна,
инженер по качеству 1 категории – руководитель группы
СК №43, группа анализа и аудита

Наставник
Роженцов Артем Николаевич,
начальник СК №43

«Критерии результативности процессов СМК»

Введение

В стандартах ИСО серии 9000 одним из основных инструментов совершенствования деятельности организации в области качества является измерение результативности действующей системы менеджмента качества. Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015, Результативность СМК – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Первым объектом, к которому были применены количественные методы оценки показателей, качества, стала продукция промышленных предприятий. Современные международные стандарты в области менеджмента качества требуют сосредоточения нашего внимания на процессах СМК, а не только на их результатах, так как качество результатов - это следствие качества исполнения самого процесса.

Соответственно, главной задачей специалистов в области качества является реализация возможности количественной оценки качества выполнения вверенных им процессов. Отметим, что одним из важнейших показателей качества выполнения процессов - их результативность.

Мониторинг результативности процессов СМК необходим для оценки уровня развития системы и её влияние на работу организации.

Все процессы и их процедуры деятельности организации, влияющие или способные повлиять на соответствие требованиям к продукции, подлежат контролю и анализу в целях оценки, удовлетворяют ли они предъявляемым требованиям, и определения возможностей улучшения.

Для этих целей в каждом СТО СМК приведены Карты процедур, в которых определены вход, выход, показатель, критерии результативности процедуры и метод для оценки результативности и осуществления действий, необходимых для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения всех процессов. Форма карты процедуры представлена на рисунке 1.

КАРТА ПРОЦЕДУРЫ
Наименование процесса и процедуры

| | |
|---|--|
| Руководитель процедуры | Должность _____ «__» _____ 20__ г. (подпись) (расшифровка подписи) |
| Вход процедуры | |
| Выход процедуры | |
| Подразделение, предоставляющее информацию в ГАиА | |

Показатели и критерии оценки результативности процедуры

| | Наименование и обозначение показателя | Ед. изм. | Методика определения показателя | Критерии результативности | | | Результат подсчетов |
|--|---------------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------|----|----|---------------------|
| | | | | Р | ПР | НР | |
| | | | | | | | |

Условные обозначения

Р - цель результативна; рекомендуется рассмотреть возможность постановки новых целей, корректировки критериев оценки;

ПР - цель практически результативна; требуется проведение действий для улучшения результативности;

НР - цель не результативна; требуется принятие безотлагательных мер для выявления и устранения причин.

Рисунок 1 – Форма карты процедуры

Ответственность за проведение мониторинга и измерений процедур и процессов, проведение корректирующих (предупреждающих) действий и действий по улучшению возложена на руководителей процессов и процедур. Если, запланированные результаты не достигаются, то предпринимаются необходимые коррекции и корректирующие действия. С целью повышения объективности оценки функционирования процедуры, дополнительно к отчету процесса, составляется «Предложение» потребителем этой процедуры.

Теперь рассмотрим структуру показателей, понять, как надо их вычислять. Показатель в большинстве случаев будет вычисляться как процент от абсолютной результативности. Сами расчетные формулы будут просты и обманчивы своей простотой. Вся трудность будет заключаться в том, где и какую информацию взять, чтобы произвести расчет. В большинстве случаев потребуются некоторые организационные преобразования, чтобы нужная информация накапливалась и сохранялась.

Представим, как все это должно выглядеть схематично. Схема определения результативности СМК представлена на рисунке 2.

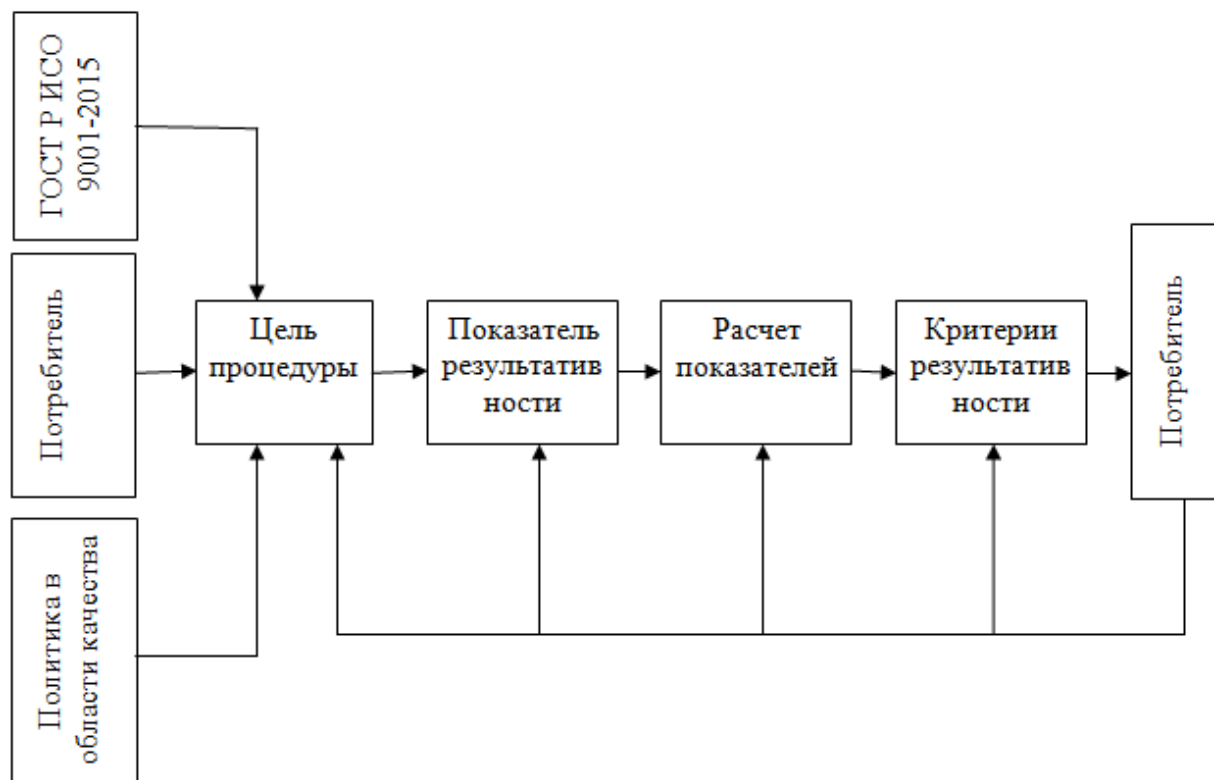


Рисунок 2 – Схема определения результативности СМК

В первую очередь установить цель по каждой процедуре, исходя из:

- требований потребителей процесса (как внешних, так и внутренних);
- стандарта ГОСТ Р ИСО 9001;
- «Политики в области качества» предприятия.

Вторым вопросом, является определение показателей результативности процедуры. Показатель может определяться в процентах, как отношение фактического и планового значения, либо в абсолютных величинах, т.е. это единица измерения качественного уровня процесса - некий коэффициент.

Конкретный набор показателей результативности СМК зависит от специфики организации. На заводе определены 10 процессов. Каждый процесс разделяется на процедуры.

Для каждой процедуры владельцем разрабатываются критерии и устанавливаются их плановые значения, по которым в дальнейшем и будет определяться результативность.

Процедура вычисления отношений необходима для определения отношения между фактическим и плановым значением по каждому критерию. Данные значения будут использоваться при разработке корректирующих и/или предупреждающих действий по управлению процедурой.

Процедура вычисления результативности процедуры определяет результативность процесса, как отношение суммы фактических значений к сумме плановых значений критериев. Пример заполнения карты процедуры представлен на рисунке 3.

КАРТА ПРОЦЕДУРЫ

Управление документацией. Порядок разработки и изменения стандартов организации системы менеджмента качества

| | |
|---|---|
| Руководитель процедуры | Директор по качеству _____ «__» _____ 20__ г. (подпись) (расшифровка подписи) |
| Вход процедуры | Потребность в разработке или изменении документированного процесса/процедуры |
| Выход процедуры | Разработанный/измененный СТО СМК |
| Подразделение, предоставляющее информацию в ГАиА | СК |

Показатели и критерии оценки результативности процедуры

| | Наименование и обозначение показателя | Ед. изм. | Методика определения показателя | Критерии результативности | | | Результат подсчетов |
|---|--|----------|---|---------------------------|-------|-----|---------------------|
| | | | | Р | ПР | НР | |
| 1 | Разработка/внесение изменений СТО СМК в срок | % | $K_{\text{срок}} \cdot 100 / K_{\text{ии}}$, где $K_{\text{срок}}$ – количество ИИ, выпущенных в срок; $K_{\text{ии}}$ – общее количество извещений об изменении по СТО СМК, выпущенных за год | >98 | 80-97 | <80 | |

Условные обозначения

Р - цель результативна; рекомендуется рассмотреть возможность постановки новых целей, корректировки критериев оценки;

ПР - цель практически результативна; требуется проведение действий для улучшения результативности;

НР - цель не результативна; требуется принятие безотлагательных мер для выявления и устранения причин.

Рисунок 3 – Пример заполнения карты процедуры

Процедура разработки действий по улучшению процедуры. После того, как была проведена оценка результативности и на основании полученного значения были сделаны выводы, владелец процедуры приступает к разработке корректирующих действий, учитывая при этом отношение между фактическим и плановым значением по каждому критерию.

Заключение

Оценка результативности процессов формируется из оценок результативности процедур на основании критериев, установленных в документах по стандартизации. Данные включаются в итоговый отчет о функционировании СМК.

Результаты анализа используются для постоянного улучшения процессов СМК путем реализации корректирующих и предупреждающих действий и внесения изменений в документацию по стандартизации СМК.

Улучшение процессов СМК способствует:

- стабильному выпуску и поставке продукции и предоставление услуг;

- удовлетворению требований потребителей и применимым к ним законодательным и нормативным правовым требованиям;
- появлению возможностей повышение удовлетворенности потребителей;
- демонстрации соответствия установленным требованиям системы менеджмента качества.

Список используемой литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Система менеджмента качества. основные положения и словарь, Стандартиформ, 2015.

Четвериков Алексей Алексеевич,
инженер-конструктор
КБ № 62

Наставник
Клабуков Иван Петрович,
Инженер - конструктор 2 категории

«Современные химические источники тока»

Введение

В статье рассматриваются типы современных химических источников тока (далее ХИТ), направления развития современных ХИТ, перспективные типы возобновляемых ХИТ, и их применение в средствах связи.

В связи с развитием радиоаппаратуры и мобильных технологий, требований к большему времени работы изделий и диапазону рабочих температур, целью доклада является поиск наиболее перспективных разработок вторичных ХИТ с лучшими характеристиками в сравнении с применяемыми и возможная замена применяемых на перспективные разработки.

Химический источник тока (*сокр.*, ХИТ) (англ. chemical current source или electrochemical cell) - устройство, в котором химическая энергия заложенных в нем активных веществ непосредственно преобразуется в электрическую энергию при протекании электрохимических реакций. Принцип преобразования химической реакции в электрическую в ХИТ показан на рисунке 1.

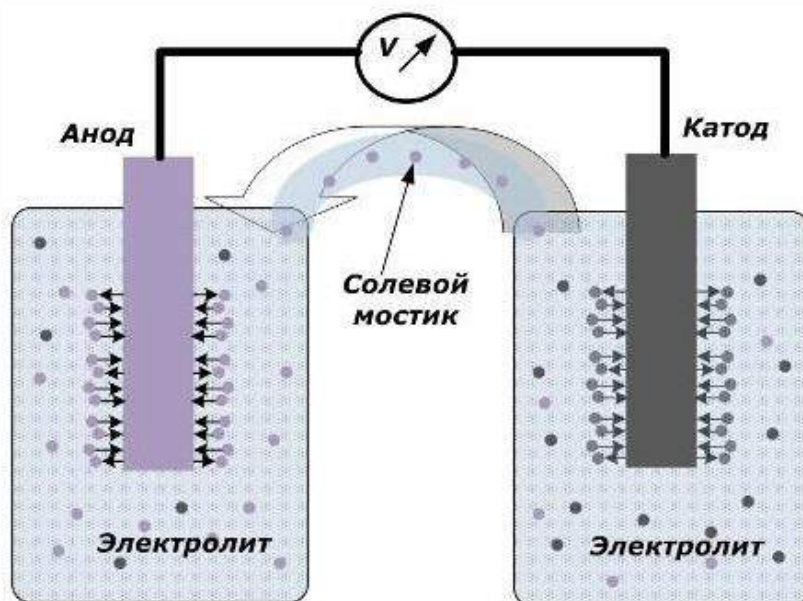


Рисунок 1 - Принцип преобразования химической энергии в электрическую

Химические источники тока состоят из двух электродов: катода, содержащего окислитель, и анода, содержащего восстановитель, которые контактируют с электролитом. Между электродами устанавливается разность потенциалов — электродвижущая сила, соответствующая свободной энергии окислительно-восстановительной реакции. Действие химических источников тока основано на протекании при замкнутой внешней цепи пространственно разделенных процессов: на катоде восстановитель окисляется, а образующиеся свободные электроны переходят, создавая разрядный ток, по внешней цепи к аноду, где они участвуют в реакции восстановления окислителя.

Классификация химических источников тока

В зависимости от эксплуатационных особенностей и от используемой электрохимической системы (совокупности электродов и электролита), химические источники тока делятся на:

- **первичные ХИТ** (невозобновляемые; гальванические элементы; «батарейки»), которые, как правило, после полного разряда становятся неработоспособными;

- **вторичные ХИТ** (возобновляемые; аккумуляторы), в которых реагенты регенерируются при зарядке — пропускании тока от внешнего источника;

- **батареи топливных элементов** (далее ТЭ, электрохимические генераторы) работают по принципу гальванических элементов, но для проведения электрохимической реакции в таких ХИТ вещества поступают извне, а все выделяющиеся продукты удаляются из электролита. Это позволяет организовать непрерывный процесс выделения электрической энергии.

Классификация ХИТ показана на рисунке 2.

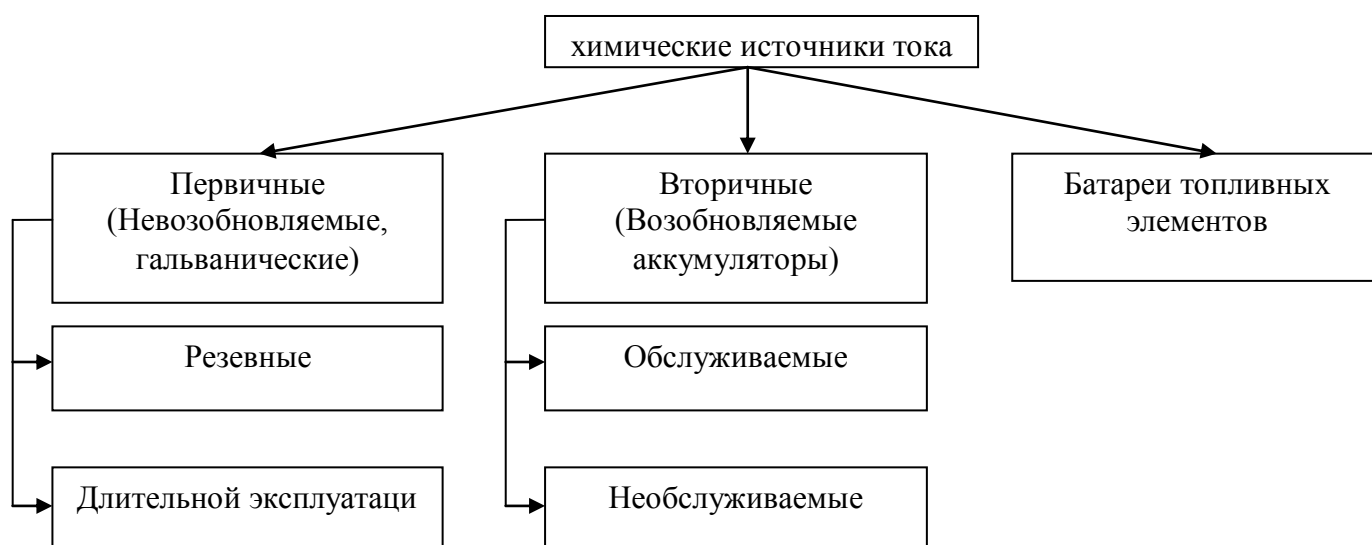


Рисунок 2 - Классификация ХИТ

Первичные ХИТ по характеру использования разделяются на две категории:

- *резервные ХИТ*, которые хранятся в состоянии, когда электролит изолирован от электродов, что в свою очередь исключает протекание окислительно-восстановительной реакции и обеспечивает готовность к вводу в работу. Они не используются повторно. Срок хранения резервных химических источников тока ограничен в 10÷15 лет.

- *ХИТ длительной эксплуатации*, предназначены для длительного применения. В их состав входят реагенты (окислители и восстановители), которые участвуют в прямом преобразовании энергии. Выработка тока прекращается после того, как реагенты полностью израсходуются. Срок использования ограничен до 10÷15 лет, с током нагрузки сопоставимым с током саморазряда.

Пример первичного источника тока показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – первичный ХИТ

Достоинства:

- длительный срок службы ХИТ;
- выдает бесперебойное напряжение питания;
- большой срок хранения, до 15 лет,
- широкий диапазон рабочих температур.

Недостатки:

- одноразовое применение;
- не выдает высокие токи для постоянного использования;
- не имеют большой емкости.

Типы батарей топливных элементов. Примером ТЭ в виде прямого метанолового топливного элемента представлен на рисунке 4.

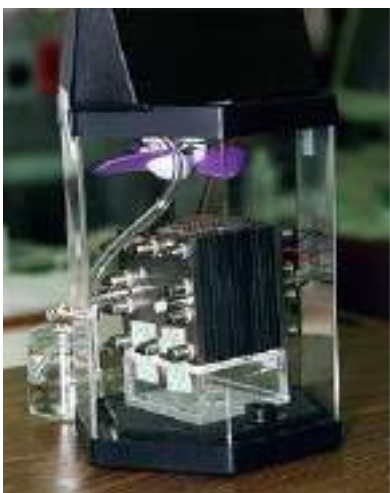


Рисунок 4 - Прямой метаноловый топливный элемент.

Прямой метаноловый топливный элемент ([англ. Direct-methanol fuel cells, DMFC](#)) -, это разновидность [топливного элемента с протонообменной мембраной](#), в котором топливо, [метанол](#), предварительно не разлагается с выделением водорода, а напрямую используется в [топливном элементе](#).

Классификация ТЭ по типам электролита, носителей заряда и рабочим температурам показана в таблице №1.

Таблица №1 - Классификация ТЭ по типам электролита, носителей заряда и рабочим температурам.

| Тип ТЭ | Тип иона | Тип электролита | Рабочая температура, °С | Топливо и окислитель |
|---|-------------------------------|---|-------------------------|--|
| Щелочной (AFC) | ОН ⁻ | КОН | 60-120 | H ₂ / O ₂ |
| На основе ортофосфорной кислоты (PAFC) | H ⁺ | H ₃ PO ₄ | 220 | Чистый H ₂ |
| На основе расплавленного карбоната (MCFC) | CO ₃ ²⁻ | Li ₂ CO ₃ Na ₂ CO ₃ | 600-700 | H ₂ , CO, CH ₄ (и др. углеводороды) |
| С протонно-обменной мембраной (PEMFC) | H ⁺ | ПЭМ (Нафион) | 80 | Чистый H ₂ |
| Твердотельный оксидный (SOFC) | O ²⁻ | Твердооксидный электролит | 700-1000 | H ₂ , CO, CH ₄ (и др. углеводороды) |
| Метанольный (DMFC) | H ⁺ | ПЭМ | 80 | Метанол |

Сравнение топливных элементов показано в таблице №2.

Таблица №2 - сравнение топливных элементов.

| Тип ТЭ | КПД, % без когенерации/ с когенерацией | Недостатки | Достоинства |
|-------------------------|--|---|---|
| Протонно-обменные (PEM) | 35-50% / 60% | Требуется отвод тепла и воды; Чистый водород; Отравление катализатора; Дороговизна изготовления. | Компактный дизайн; Продолжительное время работы; Быстрый холодный старт; Принят производителями автомобилей. |

| | | | |
|---|--------------|--|---|
| Фосфорнокислые (PAFC) | 35-50% / 60% | Низкий КПД; Дорогой катализатор; Непродолжительный срок службы. | Когенерация; Коммерчески доступные; Не требует чистого водорода. |
| На основе расплавленного карбоната (MCFC) | 45-60% / 85% | Нестабильный электролит; Непродолжительный срок службы. | Высокий КПД; Когенерация Не требует чистого водорода. |
| Твердоокисдные (SOFC) | 45-60% / 85% | Требуются редкие материалы; Дороговизна изготовления; Коррозия; Низкая удельная мощность. | Высокий КПД; Когенерация Не требует чистого водорода. Не требуется внешний риформинг |
| Щелочные (AFC) | 40-60% | Большие размеры; Чистый водород и кислород; Агрессивный щелочной электролит. | Быстрая кинетика на катоде; Дешевизна изготовления. |

Топливные элементы применяются в стационарных, портативных системах электропитания и в транспортной отрасли. ТЭ на основе водорода активно применяются в качестве источника энергии в космической сфере. Впервые ТЭ использовали в таких проектах как «Джемини» и «Аполлон» в середине 60-х годов. Общий вид одной секции батареи топливных элементов, созданных по программе «Аполлон» показан на Рисунке 5.

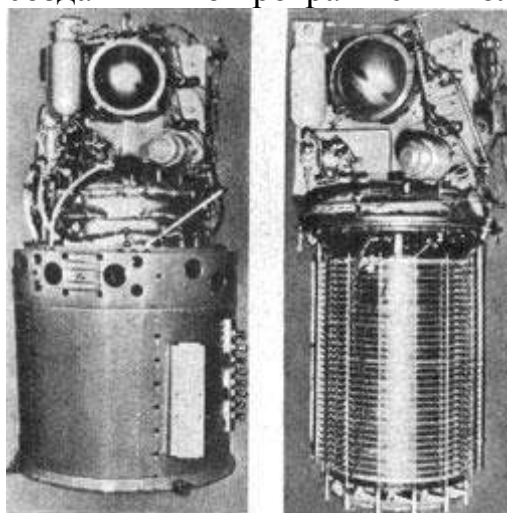


Рисунок 5 - Общий вид одной секции батареи топливных элементов, созданных по программе «Аполлон»; на фото справа видны 31 последовательно соединенный элемент; общая мощность — около 1,5 киловатта.

Исходя из таблицы №2 можно сделать вывод, что решение использования в производстве водородных топливных элементов, на основе химической реакции водорода

и кислорода, которые могут быть в состоянии производить воду с выделением большого количества энергии, наиболее продуктивно, хоть и это дорогостояще.

Вторичные ХИТ (аккумуляторы).

Вторичный ХИТ - гальванический элемент, предназначенный для многократного разряда за счет восстановления емкости путем заряда электрическим током.

Существует два основных типа вторичных ХИТ:

- *обслуживаемые ХИТ* требуют контроля в обслуживании (долива электролита или дистиллированной воды, зарядки);
- *необслуживаемые ХИТ* эксплуатируются без вмешательства извне.

Так же аккумуляторы подразделяются по характеру эксплуатации:



К возимой аппаратуре (ИИБ - источник бесперебойного питания) относятся такие аккумуляторы как:

- Свинцово-кислотные батареи с жидким электролитом – это батареи, корпус которых разделён на отсеки. В отсеки залит электролит — водный раствор серной кислоты, и в этот раствор погружены пластины, разделённые сепараторами — микропористым пластиком, между положительными и отрицательными пластинами протекает ток;
- AGM батареи имеют технологию, в результате которой электролит в корпусе батареи находится не в свободном жидком или гелеобразном виде, а абсорбирован в высокопористой волокнистой стеклоткани-сепараторе, плотно прижатой к пластинам (при этом сам электролит – жидкий). В итоге достигается высокая степень контакта электролита с активной массой пластин и, как следствие, снижается собственное сопротивление батареи;
- Гелевые батареи - это модификация стандартных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, в которых вместо жидкого электролита используется так называемый "загущенный": в электролит добавляется загуститель, в результате чего он переходит из жидкого состояния в гелеобразное.

В носимой аппаратуре используются типы ХИТ:

1. Никель-кадмиевые (Ni-Cd). Хорошо отработанная и изученная технология, но обладает низкой плотностью энергии. Используется там, где важны долговечность, способность обеспечить высокий ток нагрузки и малая стоимость.

Основные области применения: портативные радиостанции, медицинское оборудование, профессиональные видеокамеры и электроинструмент. Ni-Cd ХИТ содержат токсичные материалы и являются экологически грязными.

2. Никель-металлогидридные (Ni-Mh). По сравнению с Ni-Cd имеют более высокую плотность энергии, но меньшее время жизни. Ni-Mh не содержат токсичных материалов. Применяются в мобильных телефонах и портативных компьютерах.

3. Никель-водородный ХИТ относятся к щелочному типу ХИТ. Обозначаются как Ni-H₂. У них два электрода: никелевый и водородный. От популярных Ni-Mh аккумуляторов отличаются тем, что в них используется водород в газообразной форме. Он хранится в герметичном ХИТ под давлением 82,7 бара. В этих ХИТ элементах находится 26%-ный раствор КОН (гидроксида калия). Он используется в качестве электролита. Срок службы до 15 лет. Энергетическая плотность равна 75 Вт×ч/кг. Напряжение на выводах при разомкнутой цепи 1,55 вольта, а при разряде - 1,25 вольта. энергетическая плотность меньше, чем у литиевых ХИТ, но их сильной стороной является длительный срока эксплуатации. Никель водородные ХИТ батареи выдерживают до 20 тысяч циклов заряд-разряд. Поэтому Ni-H₂ используются в сфере авиации и космонавтики. (К примеру, МКС оборудована никель-водородными ХИТ элементами. На телескопе Хаббл такие ХИТ заменили только через 19 лет после запуска).

4. Литий-ионные (Li-ion). Li-ion дороже всех других ХИТ. При эксплуатации необходимо строго соблюдать режимы заряда и разряда, указанные производителем из соображений безопасности. Применяются в компьютерах и сотовых телефонах.

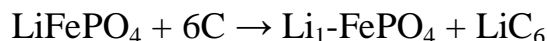
5. Литий-полимерные (Li-polymer). Задуманы как удешевленная версия Li-ion ХИТ. Этот тип химии по плотности энергии аналогичен Li-ion. Это позволяет делать Li-polymer ХИТ очень компактными. Широкая сфера использования: от портативной электроники до системы солнечной энергии.

6. Литий-железо фосфатные ХИТ (LFP) (LiFePO₄)

LFP ХИТ были разработаны Массачусетским Технологическим Университетом в 2003 году. Их основа – усовершенствованная технология Li-ion с измененным химическим составом: для анода используется лития феррофосфат вместо кобальтата лития. Широкое распространение ХИТ получили благодаря таким компаниям, как Motorola и Qualcomm.

LFP ХИТ состоят из электродов, плотно прижатых к пористому сепаратору с обеих сторон. Для питания устройств и катод, и анод подключаются к токосъемникам. Все компоненты помещены в пластиковый корпус, залиты электролитом. На корпус помещается контролер, который регулирует подачу тока во время зарядки.

Принцип работы LiFePO_4 химических источников тока основан на взаимодействии литий феррофосфата и углерода. Сама реакция протекает по формуле:



Переносчиком заряда ХИТ выступает положительно заряженный ион лития. Он имеет способность внедряться в кристаллическую решетку других материалов, с образованием химических связей.

Достоинства:

- надежность и долговечность (в 10 раз больше циклов чем у никель-кадмиевых);
- отсутствие «эффекта памяти»;
- сохранение достаточного напряжения вплоть до полного разряда батареи;
- устойчивость к перегрузкам и перегреванию;
- ускоренная зарядка (15-20 минут);
- рабочий диапазон температур от -30°C до $+60^\circ\text{C}$ при сохранении емкости.

Недостатки:

- требует специальное зарядное устройство;
- Пример литий-фосфатного ХИТ показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Литий-фосфатный ХИТ

7. Разновидностью литий-ионных ХИТ считаются литий-титанатные ХИТ, у которых в качестве электрода, соединяемого с положительным источником питания (анода) используется титанат лития, химическая формула которого $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

Достоинства литий-титанатные ХИТ ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, LiTiO , LTO):

- очень большой ресурс (10000 - 50000 циклов заряда-разряда)
- повышенный срок службы (10 - 30 лет)
- возможность заряда и разряда при низких температурах (ниже -40°C)
- возможность заряда и разряда высокими токами (10°C - 60°C)

- на порядок меньшая деградация ХИТ при длительных критических условиях эксплуатации по сравнению с другими литиевыми источниками тока
- безопасность использования ХИТ при высоких температурах и механических воздействиях

Недостатки:

- плотность энергии на 1кг веса меньше, чем у других типов литий-ионных ХИТ
- высокая цена

Параметры ХИТ показаны в таблице №3.

Таблица №3 - Параметры вторичных ХИТ.

| | $U_{ном}$ (В) | $U_{пред}$ | Ток разряда максимальный | Количество циклов заряд/разряд | Диапазон рабочих температур (°С) | Удельная емкость (Вт×час/кг) |
|---|---------------|------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Ni-Cd | 1.25 | 1.5-1.8 | 5-10С | До 1000 | От минус 40 до 60 | 65 |
| Ni-Mh | 1.2 | 1.8 | 3С | до 2000 | От минус 20 до 60 | 50-80 |
| Ni-H ₂ | 1.25 | 1.55 | 0.1С | 20000 | От минус 40 до 50 | 75 |
| Li-ion | 3.6 | 4.2 | 2С | 700 | От минус 40 до 50 | 140 |
| Li-pol | 3.6 | 4.2 | 2С | 1000 | От минус 40 до 50 | 280 |
| LiFePO ₄ | 3.3 | 3.6 В | 1С | до 2000 | От минус 30 до 55 | 120 |
| Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ | 2.4 | 2.75 | 10С | до 5000 | от минус 40 до 55 | 80 |

ХИТ типа Ni-Cd применяются на речных и морских судах, авиации.

Ni-Mh аккумуляторы активно используются в ракетно-космической технике, в системе автономного электроснабжения, радиоаппаратуре и в медицине (дефибрилляторы). Ni-H₂ ХИТ используются в сфере космонавтики. Литиевые ХИТ нашли применение в транспорте, телекоммуникации, системе солнечной энергии и в мобильных источниках питания.

Перспективные разработки возобновляемых ХИТ

Несмотря на многообразие существующих и проверенных временем возобновляемых ХИТ, в мире технологии ведутся разработки новейших ХИТ для достижения наиболее лучших характеристик. Далее в статье рассмотрены новейшие типы аккумуляторов и разработки в данной сфере,

способных в ближайшем будущем значительно улучшить параметры современных ХИТ. Среди них выделяются наиболее перспективные направления:

- Литий-серные;
- Магниево-серные;
- Фторид-ионные;
- Литий-воздушные;
- Аллюминиево-ионные (графитные);
- Натрий-ионные.

Далее рассмотрим подробнее новые виды аккумуляторов и сделаем сравнительный анализ вариантов.

Литий-серные ХИТ.

В таком источнике питания используется жидкий катод с содержанием серы, при этом он отделен от электролита особой мембраной. Именно за счет взаимодействия литиевого анода и серосодержащего катода была в существенно увеличена удельная емкость. Первый образец подобного ХИТ появился в 2004 г. С того момента был достигнут определенный прогресс, благодаря чему усовершенствованный литий-серный ХИТ способен выдержать 1500 циклов полной зарядки-разрядки без серьезных потерь в емкости.

На данный момент производит Li-S ХИТ компания Oxis Energy. Пример их ХИТ показан на рисунке 7, а его характеристики на рисунке 8.



Рисунок 7 - Li-S ХИТ.

| Type | High Power | High Energy |
|---|-------------------------------|-------------|
| Part Number | POA0343 | POA0412 |
| Availability | Evaluation Sample | |
| Operating Voltage (V) | 1.9-2.6 | |
| Nominal Voltage (V) | 2.1 | |
| Typical Capacity (Ah) 0.2C discharge at 20°C to 1.9V | 19.5 | 14.7 |
| Gravimetric Energy (Wh/kg) | 300* | 400** |
| Max. Peak Discharge (C) <30s, 50% SoC, 20°C | 6 | 3 |
| Max. Continuous Discharge (C)*** | 2 | 1 |
| Max. Charge Rate (Hours) | 4 | |
| Cycle Life (Cycles) 100% DoD****, 80% BoL | 80-100 | 60-100 |
| Cycle Life (Cycles) 80% DoD, 60% BoL | ~200 | |
| Operating Temperature (°C)***** | 0 to 30 | |
| Storage Temperature (°C) | -30 to 30 | |
| Pouch Format (mm) Length x width x thickness | 151x118x10.5 | 145x78x10 |
| Tab Dimensions (mm) Length x width x height | 27x20x0.1 | |
| Cell Weight (g) | 137 | 85 |
| Abuse Safety Testing | In-House to IEC62133 standard | |

Рисунок 8 - Характеристики Li-S ХИТ

Преимущества Li-S ХИТ:

- широкий диапазон рабочих температур;
- отсутствие необходимости в использовании усиленных компонентов защиты и сравнительно низкую себестоимость.
- Неограниченный срок хранения (ХИТ Oxis могут храниться неограниченное время в разряженном состоянии, их не требуется подзаряжать каждые 3-6 месяцев, чтобы не допустить полного разряда и потери гарантии.)

Недостатки:

- Необходимость эффективного способа утилизации серы;
- нестабильность работы источника питания в условиях смены температурного или влажного режима.

Магниево-серные ХИТ (Mg-S)

Это ХИТ базирующиеся на соединении магния и серы. Образец магниево-серного ХИТ включает в себя анод из магния, сепаратор, катод из серы и новый электролит. Такие ХИТ способны обойти по потенциалу литиевые. Правда, до последнего времени никто не мог обеспечить

взаимодействие этих элементов в одной ячейке. Сам магниевый-серный ХИТ выглядит очень интересным, ведь его энергетическая плотность может достигать до более чем 4000 Вт×ч/л.

Фторид-ионные ХИТ

При той же конструкции ХИТ фториды металлов могут заменить дорогостоящий химически активный литий. Фторсодержащий электролит, металлический анод и металл-фторидный катод позволяют достичь гораздо большей емкости и более высокого уровня безопасности.

Принцип работы фторид-ионного ХИТ показан на рисунке 9. Фторсодержащий электролит отделяет металлический анод от металл-фторидного катода.

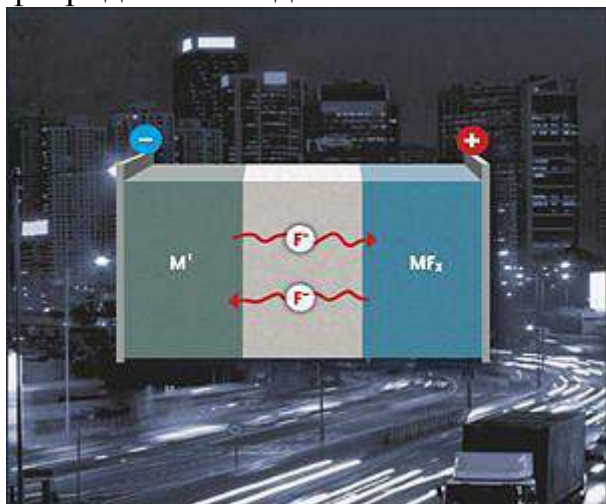


Рисунок 9 – Принцип работы фторид-ионного ХИТ

В новом аккумуляторе заряд переносится не катионом лития, а анионом фторида. При этом на катоде и аноде образуются и распадаются фториды металлов. Поскольку на одном атоме металла можно перенести несколько электронов, новый аккумулятор обладает чрезвычайно высокой плотностью энергии - до десяти раз большей, чем у обычных литий-ионных ХИТ. В перспективе фторид-ионный ХИТ может воплотить в себе все достоинства литий-ионного ХИТ и избавиться от его недостатков.

Но несмотря на перспективную технологию, разработанную немецкими учеными: такой прототип работает с твердым электролитом при высоких температурах, необходим подходящий жидкий электролит для использования нового ХИТ при комнатной температуре.

В настоящее время ведутся работы над совершенствованием материалов и архитектуры ХИТ для повышения начальной емкости и циклической стабильности фторид-ионного ХИТ.

Литий-воздушные ХИТ (Li-O₂)

Принцип работы их следующий: вместо оксидов металла в положительном электроде применяется углерод, который вступает в химическую реакцию с воздухом, в результате чего создается ток. То есть для выработки энергии частично используется кислород.

Использование кислорода дает свои существенные преимущества:

- неисчерпаемость;

- минимальная затратность.

В теории плотность энергии у литий-воздушных ХИТ сможет достигать впечатляющей отметки в 10000 Вт×ч/кг. ХИТ подобного типа, выпущенные для мобильных устройств, уже можно встретить в продаже под названием PolyPlus. На рисунке 10 показан стенд с Li-O₂ ХИТ компании PolyPlus.

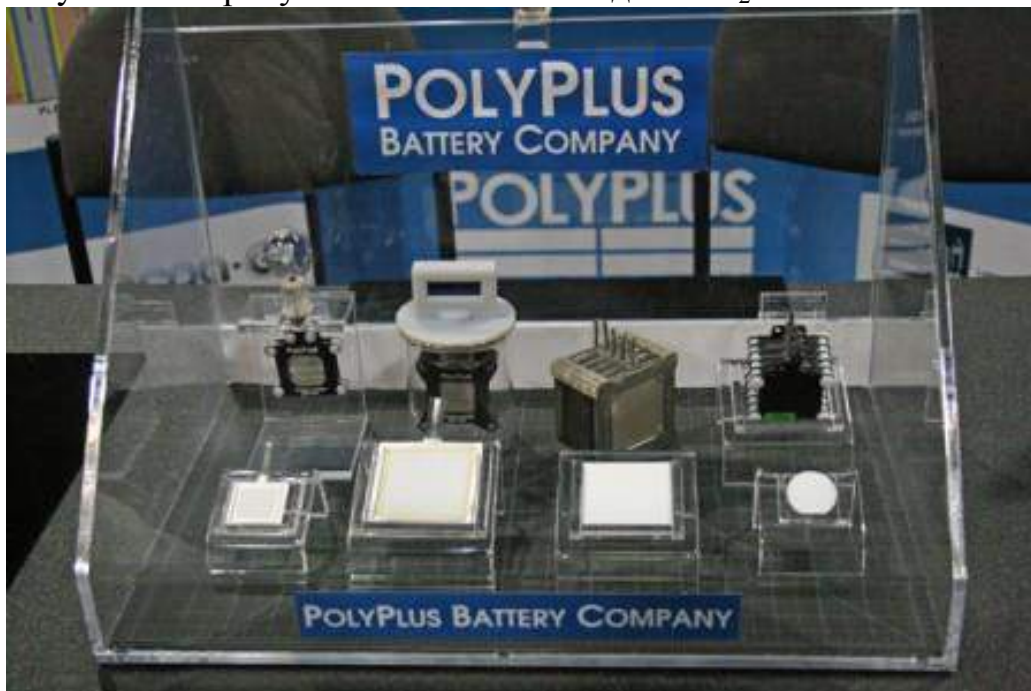


Рисунок 10 - стенд с Li-O₂ ХИТ компании PolyPlus

Аллюминиево-ионные ХИТ

Аллюминий-ионная ХИТ, как и ХИТ всех других типов, состоит из двух электродов, отрицательно заряженного анода, изготовленного из аллюминия. А положительно заряженный катод изготовлен из особого вида графита. Все это содержимое упаковано в корпус с полимерным покрытием и залито внутри ионной жидкостью. Электролит ХИТ не имеет кислотного происхождения, его основу составляет жидкий раствор совершенно безопасной соли. Принцип работы Аллюминиево-ионного ХИТ показан на рисунке 11.

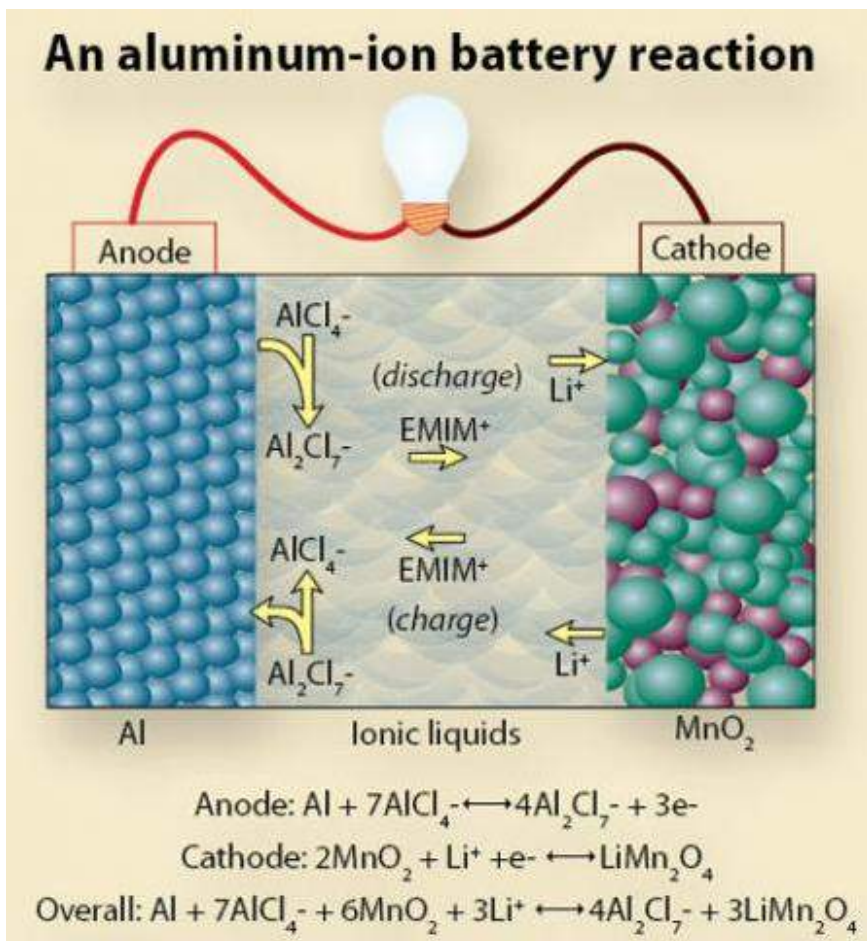


Рисунок 11 – Принцип работы алюминиево-ионного ХИТ.

Достоинства:

- Время заряда составляет одну минуту;
- Невоспламеняемый электролит. Риск к возгоранию сводится к нулю.
- Наиболее дешевое производство по сравнению с литиевыми ХИТ.

Недостатки:

- обеспечивает вдвое меньшее напряжение чем Li-ion.

Натрий-ионные ХИТ (Na-ion)

Натрий-ионный ХИТ (Na-ion) — тип электрического ХИТ, который имеет практически идентичные литий-ионному ХИТ энергетические характеристики, но стоимость применяемых в нём материалов значительно ниже (натрий примерно в 100 раз дешевле лития).

Разработка этого типа ХИТ шла необычно долго, с 1990-х, а серийный выпуск начался лишь в начале 2015 года (компания [Aquion Energy](#) (англ.) выпустила первую Na-Ion батарею в формате батареи 18650. В ноябре 2017 французская компания Electrochemical Energy Storage (RS2E) анонсировала новую улучшенную батарею формата 18650, имеющую напряжение 3,5 В, ёмкость 90 Вт×ч/кг, количество циклов заряд-разряд 2500 без существенной потери ёмкости, что соответствует примерно 10 годам эксплуатации.

Сводные характеристики перспективных разработок ХИТ приведены в таблице №4

Таблица №4 - параметры перспективных разработок типов ХИТ

| Тип ХИТ | $U_{ном}$ (В) | $U_{пред}$ | Ток разряда максималь- ный | Количе- ство циклов заряд /разряд | Диапазон рабочих температур | Удельная емкость (Вт× час/кг) |
|-------------------|---------------|------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Li-S | 2.1 | 2.6 | 2С | 1500 | Минус 60 до 20 | до 500 |
| Mg-S | 1.7 | - | - | - | - | 128 |
| Фторид- ионные | 3.5 | 4.2 | 2С | - | - | 800 |
| Li-O ₂ | 1.7 | 3.2 | - | 50 циклов лабора тории | - | 1300 |
| Al-ion | 2 | 2.6 | 0.1С | 7500 | - | 140 |
| Na-ion | 3.5 | - | - | 2500 | - | 90 |

Заключение

В данной статье рассмотрены различные типы химических источников тока, выполнен обзор наиболее распространенных типов вторичных химических источников тока. В зависимости от области применения, наиболее подходящие для портативной аппаратуры ХИТ с литиевым катодом с различными вариациями химических соединений. Для систем бесперебойного питания возимой аппаратуры на данный момент наилучшим решение по соотношению цена/качество будет кислотный ХИТ AGM.

Среди перспективных разработок особенно выделяются ХИТ типов: Li-S ,Li-O₂, Al-ion.

Li-S ,Li-O₂ имеют широкий диапазон рабочих температур и более высокую удельную емкость по сравнению с выпускаемыми типами ХИТ.

У ХИТ Al-ion показатель цикличности заряд-разряд достигает 7500 циклов, в то время как современный Li-pol имеет 1000 циклов. Так же ХИТ Al-ion взрыво- и пожаробезопасны.

Вероятное появление серийных образцов данных типов ХИТ возможно через пять лет, т.к. они находятся на стадии доработки.

Все ж сейчас преимущественно используются литий-ионные ХИТ с высокими удельными характеристиками (с возможностью разряда при температуре -40 °С). Так же следует отметить литий-железо-фосфатные ХИТ, как альтернатива литию, т.к. они дешевле в производстве и более безопасны в применение, и литий-титанатные ХИТ, которые широко используются в системах бесперебойного питания и имеет долгий срок службы.

Список используемой литературы

- 1) ГОСТ 15596-82 Межгосударственный стандарт источники тока химические. Термины и определения Current generator cells. Terms and definitions.
- 2) Д.А. Хрусталеv "Аккумуляторы" - М.; Изумруд, 2003. - 224с.
- 3) D. Yakisir, F. Mighri, and M. Bousmina, "Development of Porous Electrode Gas Diffusion Layers for Proton Exchange Membrane Fuel Cells," J. Fuel Cell Sci. Technol., vol. 5, no. 3, pp. 031008–031008, May 2008.
- 4) "Анализ гибридного источника энергии на основе суперконденсаторов и топливных элементов" Выполнил: Д. Д. Аманбаев Руководитель проекта: соучредитель ООО «ТПС» В. В. Ворожейкин. Научный руководитель: Профессор А. Г. Насибулин Москва 2016
- 5) <https://batteryuniversity.com/>
- 6) <https://best-energy.com.ua/support/battery/bu-205>
- 7) <http://elenergi.ru/uchenye-sozdali-litij-vozdushnye-batarei-sposobnye-xranit-v-pyat-raz-bolshe-energii.html>
- 8) <https://dnevnik.ykt.ru/%D0%A1%D1%83%D1%80+%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%B5/541273>
- 9) <https://oxisenergy.com/products/>

Шадрин Петр Васильевич,
ведущий инженер-программист
Отдел АСУП и ИТ №47

Наставник

Кириянов Иван Николаевич,
начальник отдела АСУП и ИТ №47 –
главный конструктор по направлению информационных технологий

«Расширение функционала текущего мониторинга состояния станков на АО «СРЗ» Введение

В мае 2017 года от руководства предприятия поступило предложение рассмотреть возможность самостоятельного сбора и обработки времени работы станков с ЧПУ на предприятии. В следствии чего на станках были размещены считыватели, которые позволяют достичь поставленной задачи.

Для считывателя была выбрана платформа на базе одноплатного компьютера RaspberryPi 3 Model B (далее RPi). У данного компьютера есть GPIO интерфейс (General Purpose Input Output) - это низкоуровневый интерфейс ввода-вывода прямого управления, а так же к нему могут быть подключены различные USB устройства, что позволяет расширить ранее заявленный, требуемый функционал.

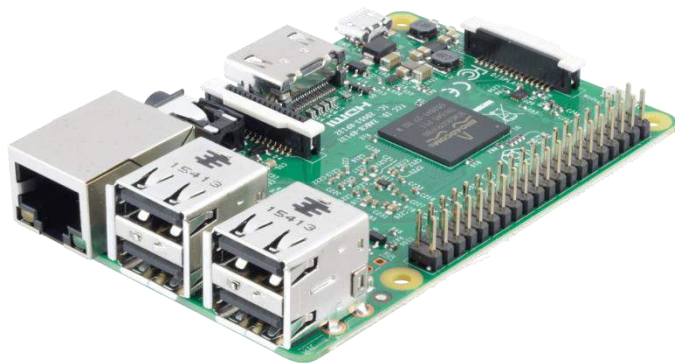


Рисунок 1 – одноплатный компьютер RaspberryPi 3 Model B

Текущая ситуация.

На данный момент на станках находятся считыватели, которые подключены к заводской сети через PoE соединение. К станку считыватель подключен через не большую самодельную плату - модуль для считывания, которая в свою очередь подключена к RPi через GPIO. Считыватель фиксирует состояние станка и размещает полученные данные в базу, откуда уже полученные данные можно предоставить всем заинтересованным в виде отчёта в 1С Документооборот.



Рисунок 2 – действующая система мониторинга

Расширение функционала.

Платформа для считывателя была выбрана с учётом дальнейшего увеличения функционала без её замены. Расширение функционала может привести к кардинальным изменениям текущего функционала.

1. Для получения большего количества различных данных от станка необходимо увеличение количества различных модулей для считывания, для чего в свою очередь требуется их разработка в КТЦ.

Например модуль считыватель нагрузки на шпиндель, который позволит определить не работает ли станок в холостую. А так же данный модуль возможно позволит установку считывателей на станки без ЧПУ.

2. Наличие сенсорного дисплея или блока кнопок со световой индикацией, позволит увеличить получаемую информацию от оператора станка с ЧПУ, а так же выводить какую-либо информацию для оператора станка с ЧПУ.

Например оператор может указать причину длительного простоя оборудования.

3. Наличие считывателя пропусков - позволит определить кто из операторов или техников выполняет какие-либо операции со станком.

Например бригада ремонтирует/ведет профилактику станка, можно узнать кто и когда там присутствовал.

4. Наличие сканера штрих кодов - позволит получить все данные о задании которое планируется выполнять на данном станке с листа задания на производство.

Например можно автоматизировать процесс актуализации информации о прохождении партии ДСЕ по маршруту или получить управляющую программу по текущей детали на USB Flash накопитель.

5. Наличие ПК с сенсорным дисплеем позволит предоставить оператору всю необходимую информацию по отсканированному заданию.

Выводы.

Конечно каждое из добавлений влечёт за собой переделку программного обеспечения, конструктивной части считывателя, изменение регламента работы с оборудованием, а так же созданием или изменением сопутствующих баз данных.

Но в итоге у нас может получиться система, удовлетворяющая всем требованиям предприятия.



Рисунок 3 – предполагаемое развитие системы

Литература.

1. www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/ - официальный сайт raspberry-pi
2. wiki.amperka.ru/rpi:raspberry-pi-3-model-b - хорошее описание raspberry-pi
3. www.python.org/ - официальный сайт python
4. pythonworld.ru/ - уроки по python
5. www.intechology.ru/ - система мониторинга промышленного оборудования «диспетчер»
6. www.omnicube.ru/ - интеллектуальный мониторинг промышленного оборудования
7. sapr.ru/article/25344 - статья по мониторингу станков с ЧПУ в России