



Акционерное общество  
«Сарапульский радиозавод»

# ВЕКТОР РАЗВИТИЯ

## ВЫПУСК №9

Контактные данные:  
Сайт: [srz@srzudm.ru](mailto:srz@srzudm.ru)  
г. Сарапул, ул. Гоголя, 40  
Телефон: +7 (34147) 3-26-50

Сборник докладов инженерных чтений

2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### Инженерные чтения

А.Ю. Белоусов

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА НА БАЗЕ ПЛИС.....3**

Г.А. Благодатский

А.Н. Копысов

В.В. Хворенков

А.С. Батулин

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ МАРШРУТАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ  
В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ .....8**

Н.Н. Буланова

С.М. Якупов

**ФРИКЦИОННОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И  
ПРИЕМУЩЕСТВА .....15**

*А. А. Зыкин*

*М.А Бояришинов*

*Р.А. Хатбуллин*

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ  
РАДИОСИСТЕМ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИЙ  
RONDE & SCHWARZ.....24**

*А.С. Колотов*

*М.Ю. Васильев*

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ  
ГАРНИТУР В СОСТАВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ И ПОРТАТИВНОЙ  
РАДИОСТАНЦИИ .....30**

*А.Н. Короткова*

*Н.Ф. Кондратьев*

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ ПУ-50УК ИВ2.390.013.....39**

*Р.В. Пахомов*

*В.Г. Килин*

*А.С. Свояков*

**МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБУЧАЮЩИХ  
СРЕДСТВ .....44**

*Р.А. Прокопьев*

*С.А. Седых*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ  
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
УСТАНОВКАХ .....52**

*А.А. Четвериков*  
*О.И. Вечтомов*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ  
БОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ ТЕПЛОВИЗОРА ГСП ПРИ  
ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И СВЕТОВЫХ ФАКТОРОВ.....63**

*Шаимов А. Ю.*

**СТРУКТУРА НАЗЕМНОГО ОТКРЫТОГО СЕГМЕНТА СПУТНИКОВОЙ  
СВЯЗИ В ВАИ И СВОЙСТВА ЕЁ ОЦЕНКИ .....74**

*Е.Н. Щипицын*

*О.А. Маслов*

**«РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ «ALTIUM  
DESIGNER» В СОПРЯЖЕНИИ С КИС «ОМЕГА» ДЛЯ  
МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ» .....78**

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА НА БАЗЕ ПЛИС

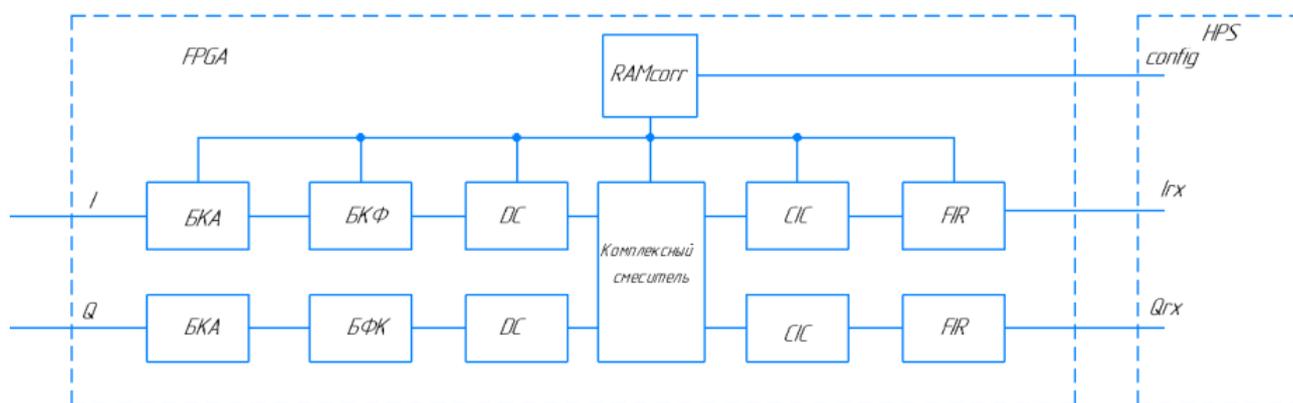
А.Ю. Белоусов, Инженер-конструктор 3 категории, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

При прохождении через канал связи сигнал подвергается искажениям, таким как: фазовый и частотный сдвиг, амплитудно-фазовый дисбаланс между квадратурными составляющими сигнала и расстройка по частоте генераторов передающей и приемной стороны [1]. Поэтому является актуальной задача компенсации возникающих искажений в режиме реального времени. В статье предложен метод интегральной обработки сигнала на базе программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

*Ключевые слова:* квадратурный дисбаланс, компенсация искажений, интегральная обработка сигнала, ПЛИС.

В настоящее время широко применяются системы на кристалле. Такая система включает в себя процессор и ПЛИС, размещенные на одном кристалле. Это позволяет добиться компактной конструкции и исключить некоторые интегральные микросхемы, чьи функции выполняет ПЛИС, а в ядре процессора HPS (Hard Process System) выполняются сложные математические операции, требующие большой точности.

На рисунке 1 представлена структурная схема обработки принятого сигнала.



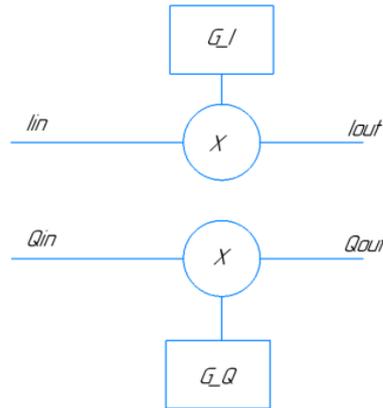
**Рисунок 1** Структурная схема обработки принятого сигнала

Компенсация квадратурного дисбаланса выполняется в ПЛИС в режиме реального времени. Это возможно благодаря параллелизму – особенности ПЛИС выполнять несколько вычислений одновременно. Вычисления выполняются над числами с фиксированной точкой [2].

Ниже представлено описание работы схемы.

Квадратурные составляющие принятого сигнала I и Q поступают в ПЛИС и подвергаются цифровой обработке.

На рисунке 2 представлена структура блока коррекции амплитуды БКА.



**Рисунок 2** Структурная схема блока коррекции амплитуды

Блок соответствует следующим выражениям (1) и (2):

$$I_{out} = I_{in} * G\_I \quad (1)$$

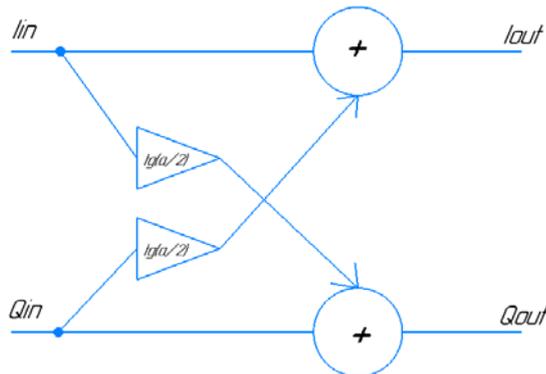
$$Q_{out} = Q_{in} * G\_Q, \quad (2)$$

где  $I_{in}$  и  $Q_{in}$  –квadrатурные составляющие на входе,

$G\_I$  и  $G\_Q$  – коэффициенты коррекции амплитуды,

$I_{out}$  и  $Q_{out}$  – квадратурные составляющие после коррекции.

Далее на рисунке 2 представлена структурная схема блока коррекции фазы БКФ.



**Рисунок 3** Структурная схема блока коррекции фазы

Если фазовая ошибка равна  $\alpha$ , то векторы I и Q должны быть повернуты на  $\frac{\alpha}{2}$  в разные направления [3]. Формулы коррекции фазы (3) и (4) представлены ниже:

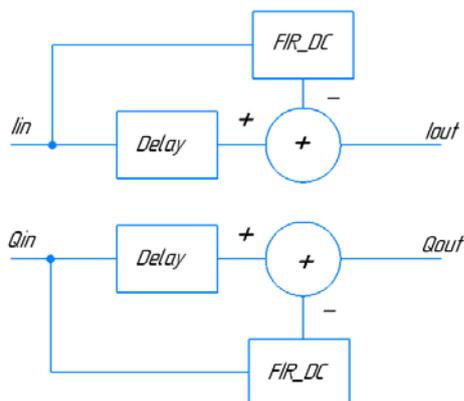
$$I_{out} = I_{in} + Q_{in} * \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (3)$$

$$Q_{out} = Q_{in} + I_{in} * \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (4)$$

В случаях, когда ошибка фазы мала, то используется аппроксимация [4]:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \approx \frac{\alpha}{2}.$$

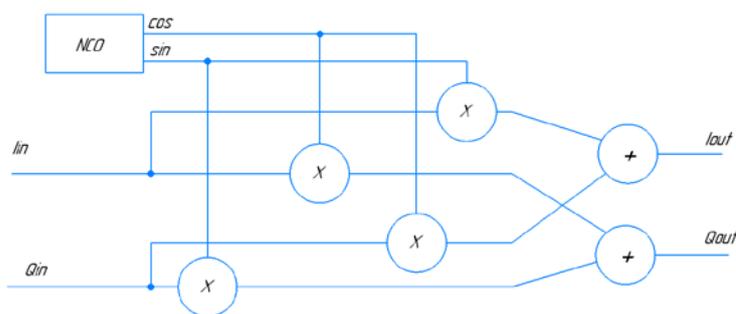
Так же существует множество причин возникновения постоянной составляющей в принятом сигнале от которой необходимо избавиться. На рисунке 4 представлена структурная схема блока компенсации от постоянной составляющей DC [5].



**Рисунок 4** Структурная схема блока компенсации постоянной составляющей

Блок включает в себя фильтр вычисления постоянной составляющей *FIR\_DC*, элемент задержки *Delay* и сумматор. Фильтр *FIR\_DC* вычисляет постоянную составляющую, которая затем вычитается из сигнала. Элемент задержки необходим для синхронизации отсчетов сигнала, так как фильтр задерживает сигнал на значение, равное его порядку.

После избавления от постоянной составляющей, сигнал подается на комплексный смеситель. На рисунке 5 представлена структурная схема смесителя.



**Рисунок 5** Комплексный смеситель

Комплексный смеситель необходим для переноса полосы сигнала с несущей частоты на нулевую. NCO (Numerically-controlled oscillator) – генератор гармонического колебания. Так как из-за несоответствия генераторов передающей и приемной частоты возникают частотные сдвиги в сигнале, то необходимо тщательно корректировать частоту генератора NCO.

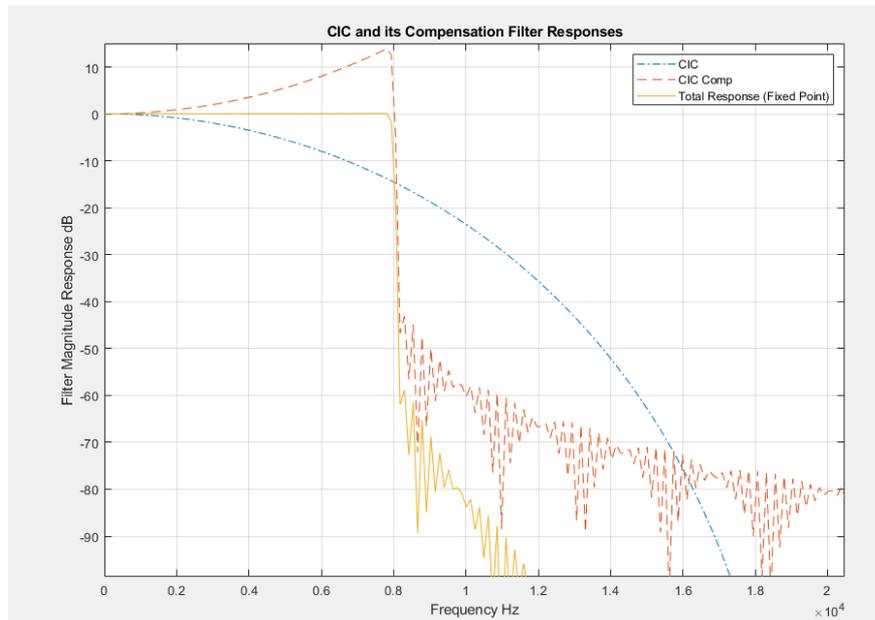
Смеситель соответствует следующим выражениям [6]:

$$I_{out} = I_{in} \cos(\omega t) + Q_{in} \sin(\omega t), \quad (5)$$

$$Q_{out} = I_{in} \sin(\omega t) + Q_{in} \cos(\omega t), \quad (6)$$

где  $\omega$  – частота несущего сигнала.

Перед тем как передавать сигнал в процессор, необходимо провести децимацию. Децимация – это процесс уменьшения частоты дискретизации сигнала прореживанием отсчетов. Децимация позволит избавиться от лишних отсчетов в сигнале и снизит требования к быстродействию процессора. Сигнал децимируется при помощи каскадного гребенчато-интегрального CIC (Cascaded integrator-comb) фильтра. Недостатком CIC фильтра является неравномерность амплитудно-частотной характеристики в полосе сигнала. Для выравнивания характеристики используется фильтр-корректор FIR [7]. На рисунке 6 представлены амплитудные характеристики CIC фильтра, фильтра-корректора и взаимная характеристика.



**Рисунок 6** Процесс коррекции амплитудной характеристики CIC фильтра

Расчет коэффициентов коррекции амплитуды и фазы требует сложных математических операций с большой точностью. Поэтому расчет производится в процессоре, а результат передается в ПЛИС в блок хранения коэффициентов RAMcorr. Задаются корректирующие коэффициенты для формул 1-6. Блок RAMcorr так же задает частоту для генератора NCO, коэффициент децимации CIC фильтра и коэффициенты для фильтра-корректора.

Таким образом предложенный метод позволит проводить обработку сигнала в режиме реального времени и повысить помехоустойчивость приемного устройства.

## Список литературы

1. Цифровая связь, Прокис Джон, пер. С англ. Под ред. Д.Д Кловского, – М.: Радио и связь. 2000. 800 с.
2. Поляков А. К. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 320 с.
3. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2004. – 992 с.
4. Гурьянова К.Н., Алексеева У.А., Бояршинов В.В. Математический анализ: учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Урал. Ун-та, 2014. 330 с.
5. Steven W. Smith, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing Second Edition, California Technical Publishing San Diego, California, 1999 , 688 p.
6. Ушаков В. Н., Сергиенко А. Б., Иванов М. Т. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов. Питер. 2016. 233 с.
7. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. М.: Радио и связь. 1985. 312 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ МАРШРУТАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ

*Благодатский Григорий Александрович*, к.т.н., доцент, инженер-программист КБ «Радиосвязь»,

*Копысов Андрей Николаевич*, к.т.н., доцент, заместитель директора КБ «Радиосвязь»,

*Хворенков Владимир Викторович*, д.т.н., профессор, директор КБ «Радиосвязь»,

*Батурин Андрей Сергеевич*, начальник КТЦ – главный конструктор АО "СРЗ".

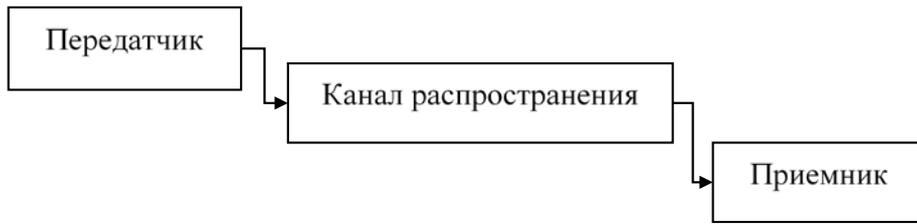
В работе приводится постановка задачи на принятие решений о выборе эффективных путей передачи информации в гетерогенной среде. Рассмотрено понятие радиолинии, введено понятие гетерогенной среды, как графа с различным типом узлов. Введено понятие маршрута и его эффективности. Предложено применение критериев принятия решений для выбора лучших маршрутов в нестационарных условиях.

*Ключевые слова: эффективность, радиолиния, маршрут, гетерогенность, критерии принятия решений.*

### **Постановка задачи**

Гетерогенная среда передачи информации характеризуется множеством участников информационного обмена. Участники этого обмена обладают различным оборудованием и используют разные каналы передачи данных. Выбор канала передачи данных должен быть оптимален по нескольким направлениям. Выбор должен обеспечивать повышение (соответствие) уровня надежности, снижение ресурсоемкости (энергетическая, частотная, вычислительная эффективность), повышение скорости информационного обмена [1, 2, 5, 7...8]. При переходе информации по каналу от одного участника к другому изменяются характеристики цели оптимизации передачи сообщений. В качестве меры эффективности передачи информации от одного участника к другому необходимо использовать специальный показатель, который связывает в одну структуру цели, преследуемые при этом обмене, средства их достижения и программно-аппаратные комплексы.

Будем рассматривать гетерогенную среду передачи данных, в которой между различными радиостанциями идет обмен информацией по различным радиолиниям. Под радиолинией мы будем понимать систему из передатчика, канала распространения и приемника (рис. 1).



**Рисунок 1** Радиолиния.

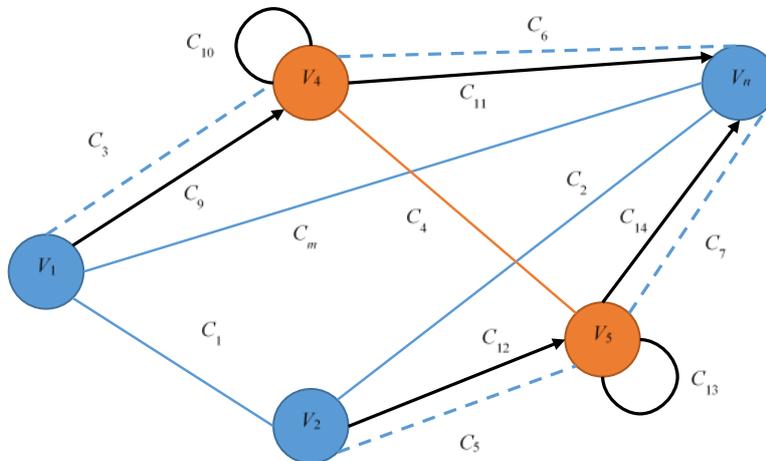
Представление системы в виде графа.

Представим данную среду, как взвешенный, ориентированный граф  $G = (V, C)$ . Граф содержит множество узлов  $V = \{V_i\}$  и множество дуг  $C = \{C_j\}$ . Каждая дуга графа  $C_i$  соответствует конкретной радиолинии рассматриваемой радиосистемы, где  $C_i = \{V_k, V_l, c_i^e\}$  – дуга, ведущая из вершины  $V_k$  к вершине  $V_l$ , с весом  $c_i^e$ . Вес дуги  $c_i^e = \|\{l_j\}\|_1, j=1, n$ , (где  $l_j$  – характеристики радиолинии, влияющие на эффективность передачи данных по ней) определяется как норма вектора  $l$ . Типовые  $l_j$  – энергия, затрачиваемая на передачу единичного объема информации; соотношение сигнал-шум в канале; скорость передачи единицы информации; задержка при передаче единицы информации, стоимость в денежном выражении на передачу единицы информации.

Определим вес дуги  $c_i^e$ , как показатель [2] *эффективности связи*,

$$c_i^e = \|l_j\|_1^n = \sum_{j=1}^n w_j l_j \quad (1)$$

где  $w_j$  – вклад параметра  $l_j$  радиолинии  $C_i$  в общую эффективность передачи данных  $c_i^e$  этой линии. Вектор  $w$  определяется при анализе иерархической структуры, показывающую воздействие при разных целях управляющих параметров на прием-передачу сообщений между узлами  $V_i$  и  $V_j$  [3, 4, 6]. Узлы гетерогенной среды представлены несколькими типами радиостанций  $T = \{T_i\}$  (рис. 2).



**Рисунок 2** Гетерогенная среда передачи информации.

Введем понятие смежности. Если возможен прямой информационный обмен между узлами  $V_i$  и  $V_j$ , то они считаются смежными. Смежность узлов будем задавать матрицей смежности  $H=(h_{ij})$ , где  $h_{ij}$  – количество ребер, соединяющих узлы  $V_i$  и  $V_j$ .

Введем понятие инцидентности. Если из узла  $V_i$  передается информация в вершину  $V_j$  через дугу  $C_l$ , то вершина  $V_i$  инцидента дуге  $C_l$ . Инцидентность дуг будем задавать матрицей  $U=(u_{ij})$ , где  $u_{ij}=1$ , если дуга  $C_j$  исходит из  $V_i$ , и  $u_{ij}=-1$ , если входит.

В гетерогенной среде передачи информации существуют установившиеся маршруты передачи информации. При изменении существующих маршрутов затрачиваются ресурсы на переключение узла с одной радиолинии на другую. Данное переключение позволяет повысить общую эффективность передачи информации по маршруту, не смотря на затраченные ресурсы, так как прежний маршрут передачи информации может быть еще более затратным.

Необходимо учитывать вероятность  $p_{ij}$  успеха установления соединения при реализации маршрута передачи информации между узлами графа с переключением радиолиний.

Будем рассматривать эффективность передачи данных по маршруту  $M_{V_k V_l}$ , в виде мультипликативной модели

$$M_{V_k V_l}^e = \prod_{i \in M_{V_k V_l}} c_i^e p_i, \quad (2)$$

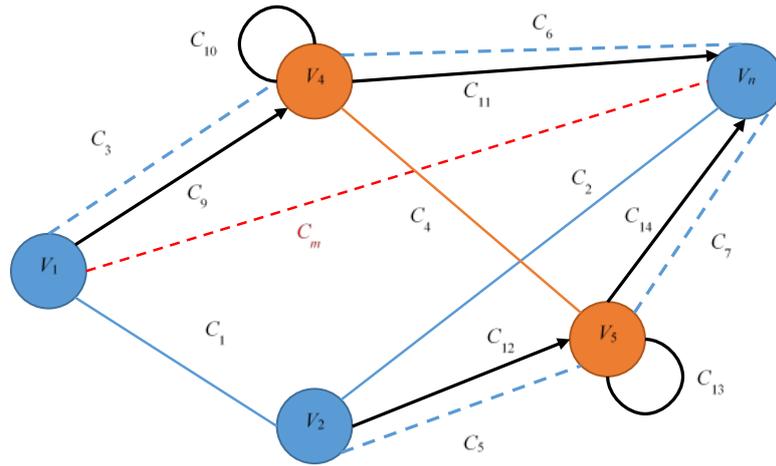
где,  $V_k$  – начало маршрута,  $V_l$  – конец маршрута,  $i$  – номер дуги, входящей в маршрут  $M_{V_k V_l}$ ,  $c_i^e$  – длина  $i$ -й дуги,  $p_i$  – вероятность успешной передачи данных по  $i$ -ой дуге.

Введем обозначение маршрута передачи данных

$$M_i = \{C_j\} \subset C_{V_k V_l}^i, i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где  $m$  – количество альтернативных маршрутов,  $\{C_j\}$  – подмножество множества дуг графа, принадлежащего маршруту  $M_i$  из вершины  $V_k$  в вершину  $V_l$ .

Рассмотрим выход из строя (потерю возможности использовать) радиолинии  $C_m$  между узлами  $V_1$  и  $V_n$  (рис. 3, прямая линия между  $V_1$  и  $V_n$ ). Существует множество альтернативных вариантов маршрутов передачи информации между узлами  $V_1$  и  $V_n$ .



**Рисунок 3** Маршруты альтернативной передачи информации в гетерогенной среде.

Пусть первый вариант маршрута передачи информации задействует однотипные узлы  $V_1, V_2, V_n$  (ретрансляция осуществляется в гомогенной среде приемо-передатчиков), тогда маршрут  $M$  будет состоять из ребер  $C_1, C_2$  и иметь соответственно эффективность  $M^e_1 = c^e_1 * c^e_2$ . Второй вариант маршрута передачи информации задействует другой тип узла  $V_4$ , тогда она сложится из ребер  $C_3$  (установление связи между узлами  $V_1$  и  $V_4$ , установление связи проходит с вероятностью  $p_{14}$ ),  $C_{10}$  (настройка режима ретрансляции узла  $V_4$  на тип радиолинии узла  $V_2$ ),  $C_3$  (ответ о готовности к ретрансляции),  $C_9$  (трансляция сообщений на узел  $V_2$ ),  $C_{11}$  (ретрансляция сообщений на узел  $V_2$ ). Эффективность данного маршрута  $M^e_2 = (c^e_3 * c^e_{10} * c^e_3 * c^e_{11} * p_{14})$ . Альтернативный маршрут может быть более эффективным, чем маршрут в гомогенной среде приемо-передатчиков  $M^e_2 > M^e_1$ , поэтому необходимо выработать алгоритм переключений на него.

Принятие решений в условиях стохастического состояния внешней среды.

Введем задачу принятия решений о выборе маршрута передачи, в условиях стохастического внешнего окружения.

Лучший  $M_i$  выбирается с учетом внешних условий  $F_j, j = \overline{1, n}$ , где  $n$  – количество рассматриваемых ситуаций, в которых необходим выбор маршрута. Наступление  $F_j$  характеризуется вероятностью  $q_j$ .

Каждый  $M_i$  при каждой комбинации внешних условий  $F_j$  и  $q_j$  характеризуется своим значением функции эффективности (2). Обозначим значение функции (2) маршрута  $M_i$  при факторе  $F_j$  через  $e_{ij}$ :

$$e_{ij} = M^e_i(F_j) = \prod_{k \in M_i} c^e_k(F_j) p_k(F_j) \quad (4)$$

Составим матрицу решений  $\{e_{ij}\}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ .

$$\begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & \dots & & \\ \dots & & & \\ e_{m1} & \dots & & e_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Для решения задач выбора оптимальных решений при стохастических внешних ситуациях разработаны критерии принятия решений [5]. В соответствии с конкретным критерием  $Z_k$  принятия решений каждый  $M_i$  характеризуется результирующим значением  $e_{ir}$ . Таким образом, задача выбора оптимального режима работы системы сводится к решению задачи принятия решений:

$$M_o = \{M_i : e_{ir} = Z_k, i = \overline{1, m}\} \quad )$$

Используя (5) составим расширенную матрицу решений для  $l$  вариантов  $Z_k$ :

$$\begin{array}{c|cccc|cccc} F_j & F_1 & F_2 & \dots & F_n & & & & \\ M_i & q_1 & q_2 & \dots & q_n & Z_{k_1} & \dots & Z_{k_l} & \\ \hline M_1 & e_{11} & e_{11} & \dots & e_{1n} & e_{1r1} & \dots & e_{1rl} & \\ M_2 & e_{21} & \dots & & e_{2n} & e_{2r1} & \dots & & \\ \dots & & \dots & & & \dots & & & \\ M_m & e_{m1} & & \dots & e_{mn} & e_{mr1} & \dots & e_{mrl} & \end{array} \quad (7)$$

Будем рассматривать множество  $l$  критериев принятия решений  $Z_k$ . Возьмем  $Z_k = \{Z_{MM}, Z_{BL}, Z_S\}$ .

$Z_{MM}$  – минимаксный критерий (7). Критерий характеризуется крайней осторожностью при принятии решений. Применяется в случае, когда необходимо исключить любой риск.

$$Z_{MM} = \max_i e_{ir}, e_{ir} = \min_j e_{ij}. \quad (8)$$

$Z_{BL}$  – критерий Байеса – Лапласа (8). Критерий предполагает знание вероятностей появления состояний  $F_j$ .

$$Z_{BL} = \max_i e_{ir}, e_{ir} = \sum_{j=1}^n e_{ij} q_j, \quad (9)$$

где  $\sum_{j=1}^n q_j = 1$ .

$Z_S$  – критерий Сэвиджа (9). Критерий ориентирован на отыскание заведомо не худших  $E_i$ .

$$Z_S = \min_i e_{ir}, e_{ir} = \max_j a_{ij}, \quad (10)$$

где  $a_{ij} = \max_i e_{ij} - e_{ij}$ , величина  $a_{ij}$  понимается, как максимально возможный результат от применения в состоянии  $F_j$  оптимального для этого состояния варианта  $E_i$ .

По каждому из критериев определим множество  $M_o = \{M_i : e_{ir} = Z_k, i = \overline{1, m}\}$ . Выбирая предпочтительный критерий  $Z_k$  или находя пересечение множеств  $M_o$  для группы предпочтительных критериев (определим предпочтительность критериев методом парных сравнений), выберем оптимальные маршруты для рассмотренных внешних ситуаций  $F_j, j = \overline{1, n}$ .

### Выводы

В работе проведена постановка задачи на принятие решений о выборе эффективных путей передачи информации в гетерогенной среде. Гетерогенная среда передачи информации характеризуется множеством участников информационного обмена. Участники этого обмена обладают различным оборудованием и используют разные каналы передачи данных. Выбор канала передачи данных должен быть оптимален по нескольким направлениям. Выбор должен обеспечивать повышение (соответствие) уровня надежности, снижение ресурсоемкости (энергетическая, частотная, вычислительная эффективность), повышение скорости информационного обмена.

Введено понятие гетерогенной среды, как графа с различным типом узлов. Представим данную среду, как взвешенный, ориентированный граф  $G = (V, C)$ . Граф содержит множество узлов  $V = \{V_i\}$  и множество дуг  $C = \{C_j\}$ . Каждая дуга графа  $C_i$  соответствует конкретной радиолинии рассматриваемой радиосистемы, где  $C_i = \{V_k, V_l, c_i^e\}$  – дуга, ведущая из вершины  $V_k$  к вершине  $V_l$ , с весом  $c_i^e$ . Вес дуги  $c_i^e = \|\{l_j\}\|, j = \overline{1, n}$ , (где  $l_j$  – характеристики радиолинии, влияющие на эффективность передачи данных по ней) определяется как норма вектора  $l$ . Типовые  $l_j$  – энергия, затрачиваемая на передачу единичного объема информации; соотношение сигнал-шум в канале; скорость передачи единицы информации; задержка при передаче единицы информации, стоимость в денежном выражении на передачу единицы информации.

Введено понятие маршрута и его эффективности. Будем рассматривать эффективность передачи данных по маршруту  $M_{V_k V_l}$ , в виде мультипликативной модели (2)  $M_{V_k V_l}^e = \prod_{i \in M_{V_k V_l}} c_i^e p_i$ , где,  $V_k$  – начало маршрута,  $V_l$  – конец маршрута,  $i$  – номер дуги, входящей в маршрут  $M_{V_k V_l}$ ,  $c_i^e$  – длина  $i$ -й дуги,  $p_i$  – вероятность успешной передачи данных по  $i$ -ой дуге. Предложено определять  $M_{V_k V_l}$  по модели (3)  $M_i = \{C_j\} \subset C_{V_k V_l}^i, i = \overline{1, m}$  из вершины  $V_l$  в вершину  $V_k$ .

Предложено применение критериев принятия решений для выбора лучших маршрутов в нестационарных условиях. Для определения оптимальных маршрутов рекомендовано выбирать предпочтительный критерий  $Z_k$  на основе метода парных сравнений. В случае нескольких критериев необходимо найти пересечение множеств  $M_o$  для группы.

## Список литературы

1. Благодатский Г.А., Копысов А.Н., Хворенков В.В., Батурин И.С. Анализ иерархической модели автоматизированной системы управления параметрами радиолиний когнитивной радиосистемы // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2018. Т. 10. № 6. С. 51–67. doi: 10.24411/2409-5419-2018-10187.
2. Благодатский Г.А., Копысов А.Н., Хворенков В.В., Батурин И.С. Алгоритм управления режимами работы системы когнитивного радио // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2019. Т. 22, № 4. С. 93–106. DOI: 10.22213/2413-1172-2019-4-93-106.
3. Blagodatsky G.A., Kopysov A.N., Khvorenkov V.V., Baturin I.S. Research and development of hierarchical models of automated control systems for the parameters of the radio-line of the cognitive radio system // Сборник трудов ИТНТ-2019 [Текст]: V международная конференция и молодежная школа "Информационные технологии и нанотехнологии": 21-24 мая: в 4 т. / Самарский национальный-исследовательский университет им. С. П. Королева, Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН; [под ред. В.А. Соболева]. - Самара: Новая техника, 2019. – Т. 3: Математическое моделирование физико-технических процессов и систем. 2019. – С. 1 – 11.
4. Копысов А.Н., Благодатский Г.А., Хворенков В.В. К вопросу применения метода парных сравнений при разработке когнитивных систем связи // Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции Технологии разработки и отладки сложных технических систем / Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Центр инженерных технологий и моделирования «Экспонента». Москва, 27–28 марта 2019 г. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2019. с. 106 – 115.
5. Мюшик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир. 1990. 208 с.
6. А.Ю. Шаимов, А.Н. Копысов, Д.Ю. Полин, В.В. Хворенков, А.А. Богданов, М.М. Марков Создание модели инфокоммуникационной сети на базе OMNeT++ // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2016, № 4(21). Ижевск: изд-во ИжГТУ, 2018. – С. 141-150.
7. 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 радиоэлектроники. 2018. №12 – С. 71-76.
8. Alexander Zhidyaev, Yuri Zagidullin, Andrey Kopysov, Vladimir Khvorenkov, Igor Klimov "Development of Signal Detection Algorithm for Multi-Rate HF Telecommunication System", 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), vol., no., pp.1,3, 12-14 May. 2016. ISBN: 978-1-4673-8382-0, DOI 10.1109/SIBCON.2016.7491834.

## **ФРИКЦИОННОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИЕМУЩЕСТВА**

*Буланова Н.Н.*, инженер-конструктор, АО «СРЗ» КБ№62

*Якупов Сабит Махматович*, инженер-конструктор, КБ №62

В данной статье рассмотрен метод фрикционного сверления, как один из оптимальных для получения отверстий в деталях.

*Ключевые слова:* фрикционное сверление, сверление тонкостенных материалов.

### **Введение**

Обработка деталей – неотъемлемая часть технологического процесса на любом металлообрабатывающем производстве. Одной из наиболее распространенных слесарных операций по металлу является сверление. Большинство стальных конструкций имеют соединения – шпоночные, заклепочные, болтовые, и под каждое из них нужны отверстия.

В продукции АО «СРЗ» часто применяются детали из тонкостенного материала. Известно, что традиционная технология сверления не позволяет получить качественные отверстия под резьбу в тонкостенных заготовках из-за невозможности формирования достаточного количества витков резьбы. На практике данная проблема решается за счет резьбовых втулок, гаек, что усложняет конструкцию резьбовых отверстий. Рассмотрим способы получения отверстий и выберем наиболее технологичный.

### **Способы получения отверстий**

Сверление, как основной способ получения отверстий, характеризуется полным проходом инструмента через обрабатываемую тонкостенную заготовку. В процессе выполнения работ необходимо внимательно следить за подачей сверла: при выходе из отверстия сопротивление материала уменьшается. Если ничего не менять, инструмент резко опустится, что может привести к его заклиниванию или поломке. Чтобы этого не произошло, используют специальные методы защиты столешницы или верстака. Это может быть многослойная подкладка из дерева и металла или обычный брусок со сквозным отверстием (рисунок 1). При использовании станков на финальной стадии процесса токари рекомендуют переходить на ручную подачу. Для обработки тонкостенных конструкций используют перьевые сверла, поскольку классический спиральный инструмент может повредить кромки детали.



**Рисунок 1** Защита столешницы при сверлении

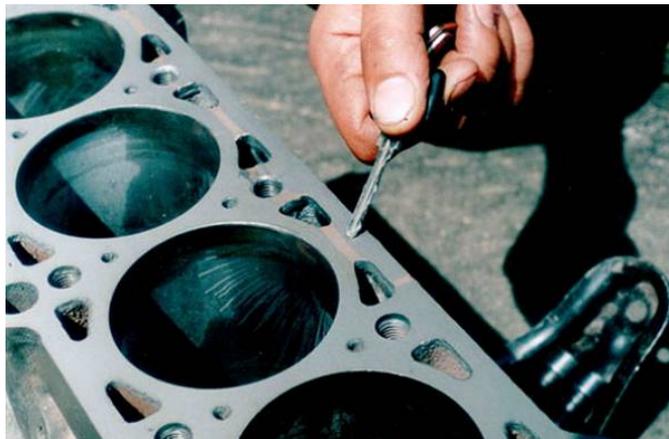
Пробивание - это способ получения отверстий в металле с помощью давления (рисунок 2), с применением пуансона и матрицы. Пробивание отверстий - операция более производительная по сравнению со сверлением, поэтому ее имеет смысл применять там, где требуется получить большое количество отверстий в короткие сроки. Наиболее всего востребована эта технология при производстве деталей для металлоконструкций с последующей сборкой.



**Рисунок 2** Отверстия, изготовленные методом пробивания

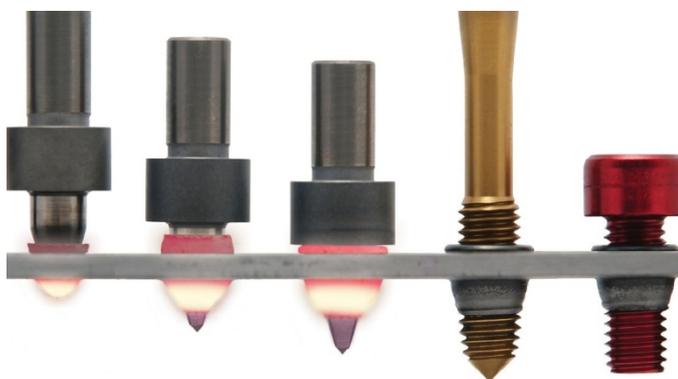
При пробивании отверстий для получения необходимого давления применяются матрицы и штампы, произведенные из высокопрочной инструментальной стали. Однако использование технологии пробивания металла имеет ряд существенных недостатков, которые накладывают ограничения на ее применение. В частности, при таком воздействии, вокруг пробитых отверстий могут возникать радиальные микротрещины (рисунок 3), которые опасны тем, что в них может начать развиваться коррозия. Кроме того, отверстия, полученные пробиванием, будут иметь небольшие заусенцы на кромках, а их диаметр с одной стороны стального листа будет несколько больший, чем с другой. Так же при изготовлении группы отверстий можно встретить такой дефект, как смещение отверстий относительно друг друга или сторон листа. Этот дефект, может проявиться из-за ошибок в программе, неправильных настроек станка и пр. Нередки случаи появления борозд на

поверхности отверстия вдоль его оси. Они вызваны наличием дефектов поверхности пуансона.



**Рисунок 3** Дефекты на поверхности металла

Фрикционное сверление реализуется в результате фрикционного разогрева и пластификации материала заготовки под действием комбинации осевой силы и вращения инструмента, с последующим формированием в заготовке вытянутого участка в виде втулки с отверстием под резьбу (рисунок 4). При этом получаемые отверстия имеют более высокую точность и низкую шероховатость по сравнению с традиционными методами формирования отверстий.



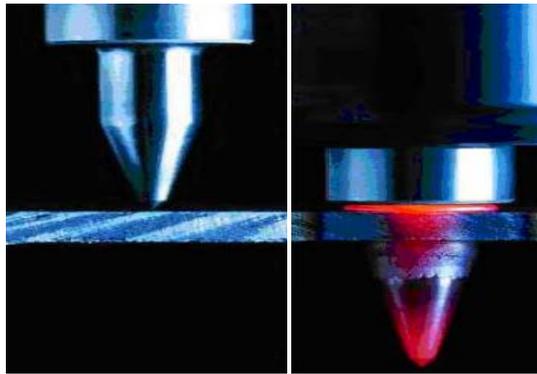
**Рисунок 4** Фрикционное сверление

### **Процесс фрикционного сверления**

На рисунке 5 изображен процесс фрикционного сверления.

Вначале пуансон располагается так, чтобы он слегка касался поверхности материала, затем к нему прилагается высокое осевое усилие.

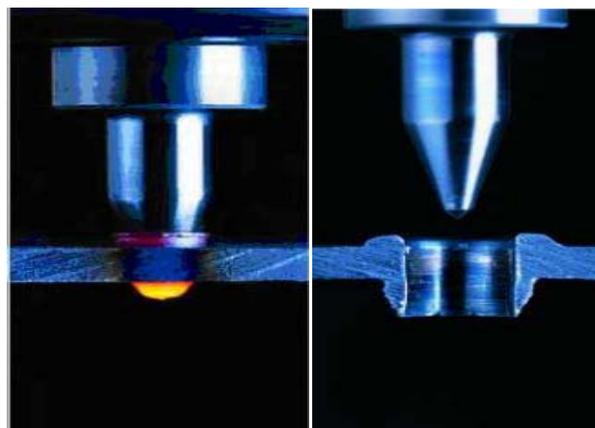
За счет давления подачи и скорости вращения пуансона возникает нагрев металла до температуры достаточной для придания материалу пластичности (порядка  $600^{\circ}\text{C}$ ). После чего проникает в материал за считанные секунды .



**Рисунок 5** Процесс фрикционного сверления

### **Сверление с вытеснением металла**

Сверло вытесняет металл в горизонтальном и вертикальном направлениях, преимущественно вниз, формируя втулку (рисунок 6). Постепенно давление подачи уменьшается, а скорость подачи увеличивается по мере проникновения в металл.

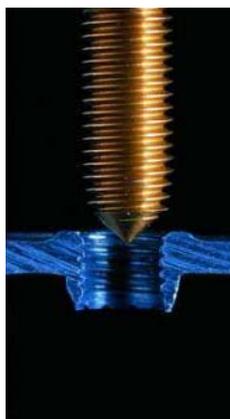


**Рисунок 6** Сверление с вытеснением металла

В итоге получается законченная втулка. Материал, вытесненный против направления подачи, преобразуется в обрамляющий бортик в форме кольца. Это кольцо может быть срезано в процессе аналогичной операции формовки отверстия в случае использования специального торцующего пуансона, который имеет режущую площадку на пояске.

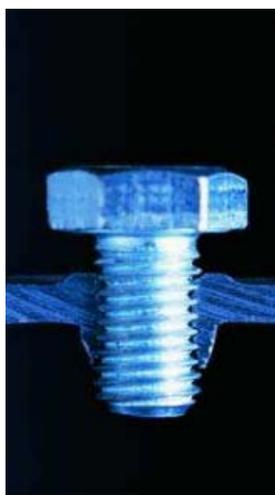
### **Формовка резьбы во втулке**

Втулка готова для формовки резьбы при помощи бесстружечного метчика (рисунок 7). Формируемая при помощи холодной деформации резьба повышает твердость материала за счет наклепа.



**Рисунок 7** Вхождение метчика и нарезание резьбы

В результате получается резьбовое соединение, способное выдерживать большой момент затягивания без сверления и последующего приваривания винтовой гайки (рисунок 8).



**Рисунок 8** Вкручивание в готовое отверстие с резьбой

### **Обрабатываемые материалы**

При помощи формовки трением можно обрабатывать практически все тонкостенные металлы (кроме олова и цинка), например:

- стали, подвергаемые сварке;
- нержавеющую сталь;
- алюминий;
- медь;
- латунь;
- бронзу;
- магнитные материалы;
- специальные сплавы.

## **Преимущества процесса фрикционного сверления**

### **Практические преимущества:**

- высокая точность и повторяемость;
- меньший расход материала и более легкий вес деталей благодаря использованию только тонкого материала детали;
- не требуется смежный инструмент (например, матрица для пуансона), благодаря чему можно обрабатывать даже профили с труднодоступной внутренней поверхностью;
- формовка трением в наклонном положении;
- повышенный момент затягивания для резьбы (за счет наклепа при пластической деформации);
- повышение жесткости конструкций (например, за счет меньшего использования многократных соединений);
- отсутствие электрохимической коррозии за счет использования только одного основного материала;
- высокая допустимая нагрузка подшипниковых втулок;
- упрочнение материала;
- простая в изучении и доступная для начала работы новая технология.

### **Экономические преимущества:**

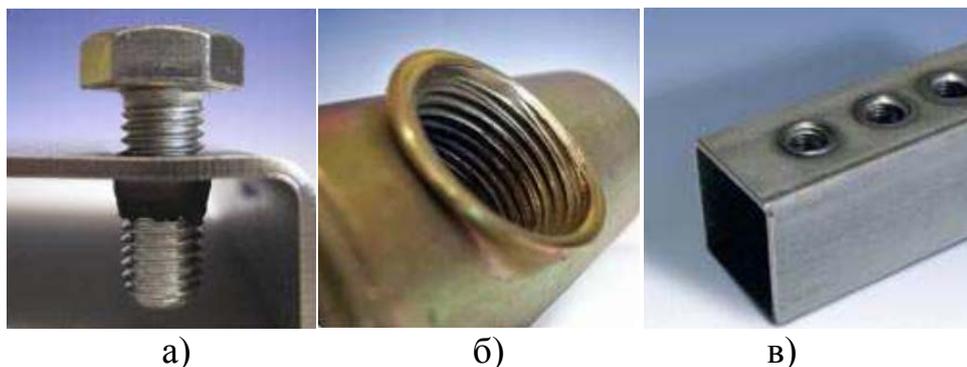
- значительное снижение трудоемкости;
- бесстружечный процесс формовки;
- не требуются соединительные элементы;
- процесс может быть автоматизирован;
- достаточно вертикально-сверлильного станка;
- не требуется покупать дополнительного оборудования;
- минимальное время установки.

### **Экологические преимущества:**

- высокопрочные соединения могут быть использованы без дополнительных материалов. Основной материал остается без примесей и может быть легко использован повторно. Не требуется стружкоудаление.
- соединения - разъемные, что дает существенные преимущества для последующего демонтажа в сравнении с другими процессами.

## **Применение фрикционного сверления**

Варианты фрикционного сверления приведены на рисунке 9.



**Рисунок 9** Варианты фрикционного сверления:  
 а - в стальном листе; б - в круглой трубе; в - в прямоугольной трубе

### **Применение на АО "СРЗ"**

Данный метод сверления является перспективным в машиностроении. Поэтому он может найти применение и на АО «СРЗ». Он подойдет как при конструировании новых разработок, так и улучшении технологического процесса имеющихся изделий.

Как пример можно рассмотреть внутренние конструкции КШМ Р-142НСА (рисунок 10). На сегодняшний день для монтажа оборудования используются стандартные крепежные изделия (болты, гайки), так же привариваются уголки из листового металла. Не всегда удобно бывает монтировать и демонтировать оборудование таким образом. При использовании фрикционного сверления, уголки и гайки теряют свою актуальность, уходят некоторые операции из технологического процесса и упрощается монтаж.



**Рисунок 10** Крепление внутреннего оборудования аппаратной связи

Так же монтаж оборудования можно упростить на крыше аппаратной связи (рисунок 11).



**Рисунок 11** Крепление внешнего оборудования аппаратной связи

### **Оборудование для фрикционного сверления**

Для фрикционного сверления необходимо следующее оборудование (рисунок 12):

- любой вертикально-сверильный станок с достаточной мощностью или обрабатывающий центр с ЧПУ с требуемой скоростью и выходной мощностью;
- зажимной патрон с охлаждающим кольцом. Обеспечивает надежное крепление рабочей детали и фасонного пуансона. Снижает высокие температурные колебания и радиальную нагрузку, присутствующие в процессе сверления;
- цанговый патрон с охлаждающим кольцом. Рассеивает тепло, передаваемое на шпиндель, обеспечивает безопасное крепление;
- специальные цанги для оптимальной жесткости и надежного крепления фасонных пуансонов;
- твердосплавные фрикционные сверла.



**Рисунок 12** Оборудование для фрикционного сверления

Для того чтобы продлить время службы пуансона, необходимо смазывать его специальной устойчивой к высокой температуре пастой, соответствующей обрабатываемому материалу. Паста может наноситься вручную или специальным распыляющим устройством.

## **Реализация на АО «СРЗ»**

Для реализации фрикционного сверления на АО «СРЗ» необходимы твердосплавные фрикционные сверла.

### **Вывод**

Применение фрикционного сверления позволяет:

- обрабатывать практически все тонкостенные детали из различных материалов;
- исключить изготовление и технологический процесс по запрессовке резьбовых втулок;
- упростить конструкцию изделия (компактность, уменьшение количества, номенклатуры и массы крепежа);
- снизить трудоемкость изготовления изделия;
- увеличить прочность разъемного соединения;
- упростить процесс монтажа/демонтажа оборудования;
- улучшить внешний вид изделия.

### **Список литературы**

- 1 . Источник информации : Интернет.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ РАДИОСИСТЕМ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИЙ ROHDE & SCHWARZ

*А. А. Зыкин*, Инженер-конструктор 3 категории, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

*М.А. Бояришинов*, канд. техн. наук, доцент, Главный специалист по радиотехнике, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

*Р.А. Хатбуллин*, канд. техн. наук, доцент, Ведущий инженер-программист, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

В статье рассматривается автоматизированная система контроля и тестирования радиосистем, построенная на базе оборудования компаний Rohde & Schwarz. Приборы и оборудование имеют возможность подключения к сети Ethernet, и могут удаленно управляться; формировать, обрабатывать и передавать данные. Реализация удаленного управления (автоматизации измерений) контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz осуществляется с помощью среды разработки и платформы для выполнения программ - LabVIEW. В статье приведены примеры программ, разработанные в среде разработки LabVIEW, для реализации удаленного управления контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz.

*Ключевые слова:* Удаленное управление, контрольно-измерительная аппаратура, система, LabVIEW, Rohde & Schwarz.

### Введение

Первые шаги по созданию локальных вычислительных сетей и формирование на их основе корпоративных сетей, как следствие появления глобальной сети Интернет, открыли широкие возможности по взаимодействию различных структур между собой. Перспектива такого взаимодействия проявилась в появлении такого понятия как «Интернет вещей», (Internet of Things, IoT) [1].

В общем случае под «Интернетом вещей» понимается совокупность разнообразных приборов, датчиков, устройств, объединенных в сеть посредством любых доступных каналов связи, использующих различные протоколы взаимодействия между собой и единственный протокол доступа к глобальной сети. В роли глобальной сети для Интернет-вещей в настоящий момент используется сеть Интернет. Общим протоколом является IP [2].

В качестве одного из вариантов построения и организации «Интернет вещей», служит автоматизированная система контроля и тестирования радиосистем на базе оборудования компаний Rohde & Schwarz. Приборы имеют возможность подключения к сети Ethernet, и могут удаленно управляться; формировать, обрабатывать и передавать данные. Таким образом,

приборы объединяются в локальную вычислительную сеть. Тестируемые радиосистемы или их составные элементы, подключаются к этим приборам [6].

Реализация удаленного управления (автоматизации измерений) контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz осуществляется с помощью среды разработки и платформы для выполнения программ – LabVIEW [3]. Для этого разработаны программы для удаленного управления контрольно-измерительной аппаратурой компании Rohde & Schwarz.

Автоматизированная система контроля и тестирования радиосистем включает следующие приборы и оборудование: анализатор сигналов и спектра R&S FSW8, два генератора сигналов R&S SMA100B, источник питания R&S NMP4040, управляющий персональный компьютер, сетевой коммутатор, аттенюатор, усилитель мощности. Приборы и оборудования, входящие в автоматизированную систему контроля и тестирования радиосистем, а также специальное программное обеспечение образуют программно-аппаратный комплекс [4, 5-6].

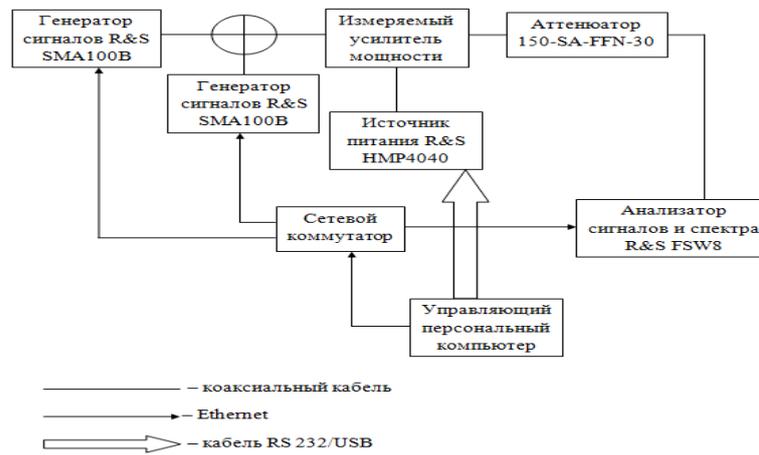
### **Автоматизированную систему контроля и тестирования радиосистем**

Разработанная автоматизированная система контроля и тестирования радиосистем (стенд) позволяет проводить измерения усилителей мощности в следующих режимах:

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

Для каждой контрольно-измерительной аппаратуры были разработаны программы в среде разработки LabVIEW для удаленного управления. Так, например программа для удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B позволяет, настраивать генератор на генерацию гармонического сигнала на заданной частоте и с заданным уровнем сигнала на выходе генератора.

На рисунке 1 представлена структурная схема автоматизированной системы контроля и тестирования радиосистем (для измерения параметров усилителей мощности).

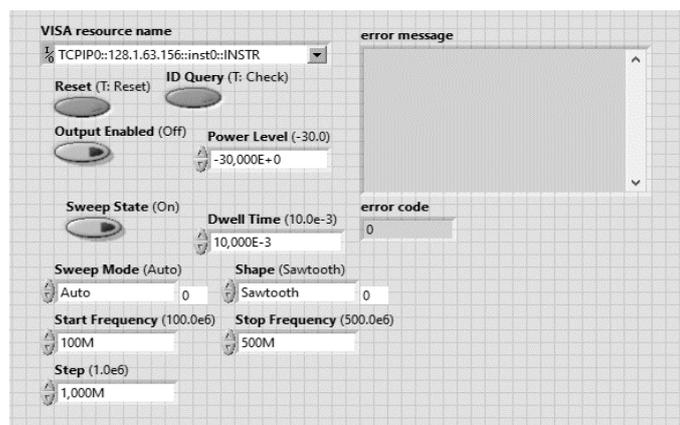


**Рисунок 1** Структурная схема автоматизированной системы контроля и тестирования радиосистем (для измерения параметров усилителей мощности)

Для удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B была разработана программа в LabVIEW. Программа позволяет удаленно настраивать генератор на формирование гармонического сигнала на заданной частоте или формировать гармонический сигнал с периодическим переключением частоты формирования сигнала в заданном диапазоне.

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, а переключатель Sweep State позволяет включать/выключать функцию переключения частоты формирования гармонического сигнала в заданном диапазоне частот (Start Frequency, Stop Frequency и Step).

На рисунке 2 представлена лицевая панель программы удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B для формирования гармонического сигнала с возможностью периодического переключения частоты формирования сигнала в заданном диапазоне частот.



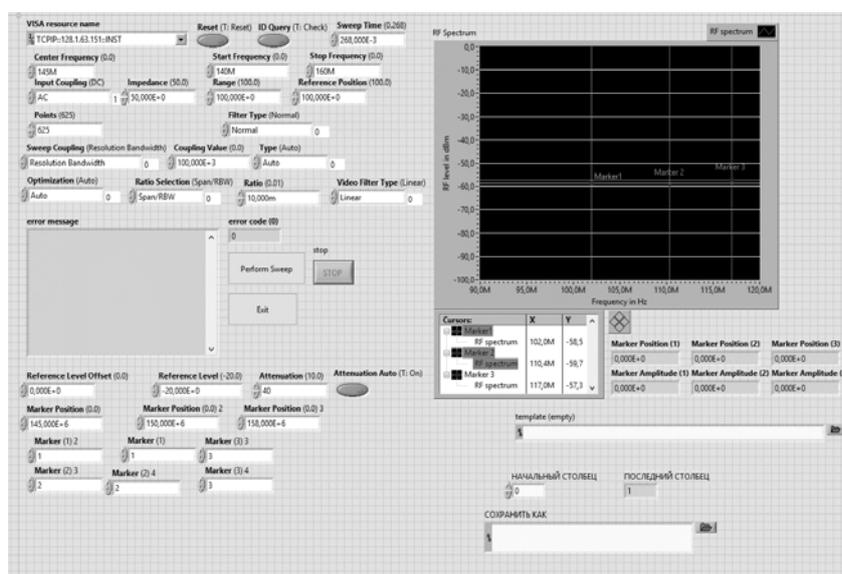
**Рисунок 2** Лицевая панель программы удаленного управления генератором сигналов R&S SMA100B для формирования гармонического сигнала с возможностью периодического переключения частоты формирования сигнала в заданном диапазоне частот

Далее была разработана программа в LabVIEW для удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&S FSW8. Данная программа позволяет отображать спектр входного сигнала. Для этого необходимо задать в программе значение центральной частоты 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 или видео фильтра), полосу разрешения фильтра промежуточной частоты или видео фильтра (Coupling Value), управлять вертикальной разверткой.

Также в программе удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&SFSW8 реализована генерация отчета в виде Excel файла, в котором записывается частота и уровень сигнала на входе прибора. В строке «сохранить как» указывается путь для сохранения файла Excel.

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

На рисунке 3 представлена лицевая панель программы удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&S FSW8.



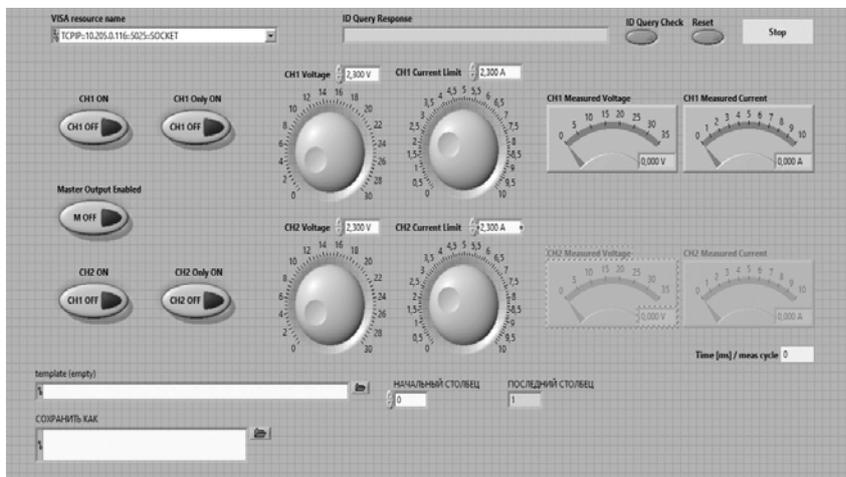
**Рисунок 3** Лицевая панель программы удаленного управления анализатором сигналов и спектра R&SFSW8

Далее была разработана программа удаленного управления источником питания R&S NMP4040. Данная программа позволяет настроить какое напряжение будет выдаваться прибором (CH1 Voltage или CH2 Voltage), задать ограничение по току (CH1 CurrentLimit или CH2CurrentLimit).

Также в программе удаленного управления источника питания R&SNMP4040 реализована генерация отчета в виде Excel файла, в котором

записывается начальное значение напряжения и тока, подаваемого на усилитель мощности, а также напряжение и ток потребления усилителем мощности. В строке «сохранить как» указывается путь для сохранения файла Excel.

На рисунке 4 представлена лицевая панель программы удаленного управления источником питания R&S HMP4040.



**Рисунок 4** Лицевая панель программы удаленного управления источником питания R&S HMP4040

### Заключение

В работе приведен программно-аппаратный комплекс удаленного управления контрольно-измерительной аппаратурой Rohde & Schwarz с помощью LabVIEW. Комплекс базируется на технологии IoT, контрольно-измерительной аппаратуре компании Rohde & Schwarz, компьютере управления и сетевых коммутаторах.

В рамках работы были созданы программы для удаленного управления контрольно-измерительными приборами компании Rohde & Schwarz с помощью среды разработки и платформы для выполнения программ LabVIEW. Благодаря положенной в основу комплекса технологии IoT, созданная система управления имеет возможность легко адаптироваться при добавлении новых контрольно-измерительных приборов, а также могут расширяться функциональные возможности удаленного управления для имеющихся контрольно-измерительных приборов.

## Список литературы

1. Пушкарев, М. С. Интернет вещей (IoT): понятие и значение для формирования правовой основы цифровой трансформации экономики // Вопросы российского и международного права. 2018, Том 8. № 1А, С. 16-27.
2. Росляков, А. В., Ваняшин С. В., Гребешков, А.Ю. Интернет вещей: Учебное пособие. Самара: ПГУТИ, 2015, С. 200.
3. Евдокимов, Ю. К., Линдваль, В. Р., Щербаков, Г. И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуального прибора до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. М.: ДМК Пресс, 2007, С. 400.
4. Хворенков, В. В., Батулин, И. С. и Савельев, А. В. Автоматизированное рабочее место главного конструктора радиоэлектронных средств на основе теории многоагентных систем. Вестник ИжГТУ, 2017, том 20, №4, С. 77-81.
5. Копысов, А. Н. Измерительный стенд для записи сигналов с широкополосной несущей. Вестник ИжГТУ, 2006, № 1(29), С. 57 – 60.
6. Хворенков, В. В., Хатбуллин, Р. А., Нистюк, А. И. и Зыкин, А. А. Построение системы контроля и тестирования радиосистем как элемента IoT. Вестник ИжГТУ, 2018, том 21, №3, С. 155-165.

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ГАРНИТУР В СОСТАВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ И ПОРТАТИВНОЙ РАДИОСТАНЦИИ**

*А.С. Колотов*, Инженер-конструктор 3 категории, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

*М.Ю. Васильев*, Ведущий инженер, Филиал АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь»

В статье рассматриваются наиболее подходящие беспроводные гарнитуры, которые можно применить для организации связи в составе автомобильной и портативной радиостанциях. Произведен анализ основных технологий беспроводной передачи данных, даны общие критерии по выбору гарнитуры. Модели устройств представлены с указанием технических характеристик.

*Ключевые слова:* беспроводная гарнитура, bluetooth, интерфейс, диапазон, связь, радиостанция.

### **Введение**

Беспроводная гарнитура позволяет полностью избавиться от проводов, сохранив возможность передавать и принимать вызовы с радиостанции. В беспроводных гарнитурах взаимодействие с девайсом может осуществляться через Bluetooth, Wi-Fi, при помощи радиосигнала или ИК соединения. При выборе типа беспроводного интерфейса для подключения к радиостанции необходимо руководствоваться, прежде всего, энергопотреблением радиомодулей, поддерживающих соответствующий протокол.

### **Выбор наиболее подходящего интерфейса и общие рекомендации по выбору гарнитуры**

Радио гарнитуры подходят исключительно для домашнего использования, так как без станции-передатчика работать они не будут. ИК- гарнитуры встречаются крайне редко, а учитывая особенности ИК излучения и специфику применения, касательно нашей разработки, такой способ передачи можно считать неактуальным.

Анализ Wi-Fi и Bluetooth наиболее известных мировых производителей показывает, что среднее потребление модулей Wi-Fi составляет 150 - 270 мА, в то время как для Bluetooth – 8 - 30 мА. В 2010г. была представлена технология Bluetooth Low Energy (BLE), работающая под спецификацией bluetooth 4.0 и направленная на снижение потребляемой мощности. Пиковое потребление составляет менее 20 мА и менее 5 мкА в ждущем режиме. Это привело к снижению частотных каналов с 79 до 40, частотный интервал увеличился с 1 МГц до 2 МГц, индекс модуляции возрос с 0.28 – 0.35 до 0.45 – 0.55 [3].

Интерфейс Bluetooth позволяет передавать как голос, так и данные. Для передачи данных могут быть использованы как асимметричный, так и симметричный методы передачи информации. Работающий на частоте 2.4 ГГц приемопередатчик Bluetooth, позволяет в зависимости от степени мощности устанавливать связь в пределах 10 или 100 метров. Разница в расстоянии большая, однако, соединение в пределах 10 м позволяет сохранить низкое энергопотребление. Bluetooth работает по принципу ППРЧ, когда передатчик разбивает данные на пакеты и передает их по псевдослучайному алгоритму скачкообразной перестройки частоты [1].

Для Bluetooth 4.0 стандартная чувствительность приемника составляет минус 93 дБм. Этот параметр необходимо учитывать при расчете бюджета радиоканала, который равен разности мощности передатчика и чувствительности приемника, выраженных в дБм.

$$\text{Бюджет канала} \approx \text{Вых. мощность TX (дБм)} - \text{Чувствит. RX (-дБм)} \quad (1)$$

Возвращаясь к теме самих гарнитур, помимо рекомендации поддержки протокола Bluetooth версии 4.0 и выше, необходимо учитывать такой параметр, как эргономика, общую техническую эстетику. В соответствии с ТТЗ выбор беспроводной гарнитуры должен осуществляться в соответствии с ГОСТ РВ 29.00.002-2005 «Эргономическое обеспечение», ГОСТ РВ 20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения».

Беспроводные гарнитуры принято подразделять на внутриканальные и накладные. Внутриканальные гарнитуры помещаются в ушной канал. Этим обеспечивается хорошая изоляция от внешних шумов. Удобство таких гарнитур заключается в малом весе. К недостатку стоит отнести ограниченную передачу верхнего диапазона частот.

Накладные гарнитуры крепятся к поверхности уха при помощи дугообразного оголовья или заушины. Они могут быть открытыми, полужакрытыми или закрытыми. Открытые и полужакрытые гарнитуры не обеспечивают хорошую звукоизоляции. К закрытым гарнитурам можно отнести полноразмерные наушники, мягкие чашки которых полностью закрывают уши, а значит, обеспечивают качественное звучание и лучшую защиту от внешних шумов, могут оснащаться системой активного шумоподавления, но имеют более громоздкий внешний вид [2].

Помимо эргономического удобства и поддерживаемой версии протокола Bluetooth, к основным критериям выбора беспроводной гарнитуры также относится диапазон рабочих температур (рекомендуемый минус 20 – плюс 40 °С по спецификации на гарнитуру, в то время как большинство выпускаемых изделий имеет температурный диапазон (ТД) 0 – плюс 50 °С).

Время работы такой гарнитуры должно быть не меньше максимальной продолжительности работы радиостанции. Для стационарно – автомобильной радиостанции этот параметр не указан, и этому есть объяснение, однако для портативной радиостанции этот параметр установлен на уровне 12 часов от одного штатного, полностью заряженного АКБ при полной мощности передачи

по циклу «передача/прием/дежурный прием» с показателями 1/1/8 (согласно ТТЗ). Время заряда должно составлять не более 2-3 часов, для случая, когда аккумулятор гарнитуры подзаряжаемый.

Так или иначе, рынок отечественного производства практически не имеет в своем арсенале Bluetooth гарнитур. В основном на территории РФ до сих пор применяется технология индуктивной связи. Гарнитуры на основе индуктивной связи начали активно развиваться еще в 90-х годах. Одной из ведущих фирм в этой области является тульская ОКБ «Октава», которая входит в пятерку лучших, разрабатывающих и изготавливающих гарнитуры индуктивной связи (ГИС). В их основе лежит прием на вкладной акустический приемник ПА-1 электромагнитного излучения звукового излучения от индуктора, однако стоит отметить недостатки таких устройств связи:

- беспроводным является только тракт приема;
- радиус действия не превышает 0.5 – 1 м;
- помехоустойчивость таких систем невысока.

Гарнитуры на основе индуктивной связи имеет смысл применить только для портативной станции, для стационарно-автомобильной станции, такое решение не вписывается в концепцию эргономического удобства, поскольку не избавляет от лишних проводов, которые будут тянуться от пульта управления, размещенного в типоразмере 2din автомобиля вместо штатного головного устройства (ГУ). Неоспоримое преимущество ГИС и подобным им устройствам – практически стопроцентная сопряженность с любой радиостанцией.

Рассмотрим основные разновидности Bluetooth гарнитур зарубежного и отечественного производства для радиостанций. Описание, а также их основные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Разновидности Bluetooth гарнитур.

№ п/п	Производитель и модель	Характеристики и описание	Внешний вид
1	Hytera ESW01	<p>ESW01 - это беспроводная гарнитура для использования с различными цифровыми радиостанциями.</p> <p>Для использования гарнитуры требуются соответствующий адаптер, который устанавливаются на вспомогательном соединении. Адаптер обеспечивает беспроводную связь, может подзаряжать гарнитуру.</p> <p>Класс защиты от влаги и пыли: IP54;</p> <p>Версия BlueTooth:</p>	

		<p>н/д;          Диапазон раб.температур, °С: - 20...+60;          Дальность связи, м:          до 10;          Время работы в режиме разговора, ч: &gt;4;          Ресурс кнопки РТТ, нажатий: 100000.          Комплектность поставки:          1. Гарнитура.          2. Краткая инструкция.          3. Упаковка.</p>	
2	<p>Motorola          NNTN8433</p>	<p>Гарнитура BlueTooth с беспроводным капсульным наушником. Похожа на ГИС от ОКБ «Октава», но тут весь тракт является беспроводным, это обеспечивается беспроводным модулем NNTN8191.          Версия BlueTooth:          н/д;          Диапазон раб.температур, °С:          н/д;          Наличие РТТ:          да;          Контроль громкости:          да;          Время срабатывания РТТ, мс:          25;          Микрофон: есть, встроен в линию;          Индикаторы: соединения, разрядки батареи, заряда;          Разъем для зарядки: microUSB;          Цвет:          бежевый.          Комплектность поставки:          1. Гарнитура.          2. Упаковка.          3. Модуль NNTN8191</p>	

3	<p>Motorola PMLN6463</p>	<p>BlueTooth гарнитура для цифровых радиостанций, отличается от предыдущих конструктивным исполнением, заушина сделана несъемной.</p> <p>Версия BlueTooth: н/д; Диапазон раб.температур, °С: н/д; Наличие РТТ: нет; Контроль громкости: три уровня; Микрофон: есть, встроен в линию; Индикаторы: соединения, разрядки батареи, заряда; Разъем для зарядки: microUSB.</p> <p>Комплектность поставки: 1. Гарнитура с наушником PMLN6396. 2. Стакан зарядного устройства PMLN6428. 3. Инструкция пользователя</p>	
4	<p>Seecode Premium-K01</p>	<p>Версия BlueTooth: 2.0; Диапазон раб.температур, °С: -10...+60; Дальность связи, м: до 10 ; Диапазон рабочих частот гарнитуры: 2,402-2,480 ГГц; Время работы в режиме разговора, ч: до 5; Время работы в режиме ожидания, ч: до 120 ;</p>	

		<p>Вес беспроводной гарнитуры: 11,9 г;          Вес блока передачи: 16,3 г.</p> <p>Комплектность поставки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Беспроводная гарнитура со стоечным микрофоном SCM713 (микрофон - съемный)</li> <li>2. Отдельная кнопка передачи со строенным микрофоном ВСР910Р.</li> <li>3. Bluetooth бокс ВСР910D для соединения с радиостанцией.</li> <li>4. Универсальное зарядное устройство 220В.</li> <li>5. Кабель для подключения к радиостанции.</li> <li>6. Инструкция пользователя.</li> </ol>	
5	Radus SC-V04	<p>Версия BlueTooth: 2.0;          Диапазон раб. температур, °С: н/д;          Дальность связи, м: до 10 ;          Аккумулятор: 3.7В, 200мА, Li-pol;          Время работы в режиме разговора, ч: до 10ч;          Время работы в режиме ожидания, ч: до 150ч;          Время зарядки, ч: менее 3.</p> <p>Комплектность поставки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bluetooth гарнитура</li> <li>2. Ушной держатель (заушина)</li> <li>3. Модуль (кнопка) управления передачей</li> <li>4. Коммутационный модуль</li> <li>5. Переходной шнур</li> </ol>	

		<p>6. Зарядное устройство на 3 модуля</p> <p>7. Инструкция пользователя</p>	
6	Терек Орфей 565	<p>Гарнитура отечественного разработчика ООО «Терек Радио».</p> <p>Версия BlueTooth: 4.0;</p> <p>Диапазон раб.температур,°С: -10...+60;</p> <p>Дальность связи, м: до 10 ;</p> <p>Диапазон рабочих частот гарнитуры: 2,402-2,480 ГГц;</p> <p>Время работы в цикле 5/5/90, ч: до 24 ;</p> <p>Вес беспроводной гарнитуры: 8 грамм;</p> <p>Вес кнопки передачи: 8 грамм.</p> <p>Комплектность поставки</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Беспроводная гарнитура со стоечным микрофоном и креплением на ухо.</li> <li>2. Отдельная кнопка передачи.</li> <li>3. Bluetooth бокс для соединения с радиостанцией.</li> <li>4. Кабель для зарядки кнопки передачи и гарнитуры.</li> <li>5. Инструкция пользователя.</li> <li>6. Упаковка.</li> </ol>	
7	AfterShokz Aeropex	<p>Bluetooth гарнитура на основе костной проводимости звука. Не закрывают уши, обеспечивают осведомленность о происходящем вокруг.</p> <p>Версия BlueTooth: 5.0;</p> <p>Чувствительность, дБм: 105;</p>	

		<p>Аккумулятор: 145мАч, Li-Ion; Диапазон раб.температур,°С: -20...+60; Дальность связи, м: до 10 ; Диапазон рабочих частот гарнитуры: 2,402-2,480 ГГц;</p> <p>Время работы от аккумулятора , ч 8 ; Время зарядки, ч: менее 2; Защита по стандарту: IP67; Вес беспроводной гарнитуры: 26 грамм.</p> <p>Комплектность поставки: 1. Беспроводная гарнитура. 2. Кабель для зарядки гарнитуры. 3. Краткое руководство и документация. 4. Упаковка</p>	
--	--	--	---

В таблице 1, не рассматривались варианты полноразмерных гарнитур, в виду своей громоздкости. В основном представлены изделия, которые имеют компактное исполнение и отличаются друг от друга конструктивными, эргономическими особенностями. В частности, это тип заушины, она может быть съёмной или несъёмной (например - PMLN6463), при съёмном варианте исполнения становится возможным использовать гарнитуру как на левое, так и на правое ухо. Тип исполнения микрофона - в корпусе вместе с основной гарнитурой (Hytera ESW01, Орфей 565), в отдельном корпусе (Motorola NNTN8433, Motorola PMLN6463), либо применение стоечных микрофонов - такое решение позволяет расположить микрофон наиболее близко к речевому аппарату, тем самым снижая расстояние и влияние внешних шумов. Кроме того в некоторых вариантах исполнения микрофон имеет съёмную конструкцию (Seekode Premium K1), эксплуатационные свойства и надёжность такого решения остается под вопросом, но точно повышается ремонтпригодность изделия ( в случае выхода из стоя микрофонной головки - нет необходимости разбирать корпус гарнитуры, достаточно заменить неисправный микрофон).

## Заключение

Рассмотрены основные варианты беспроводных технологий передачи данных, в качестве основного способа, реализующего обмен между устройствами предлагается использование Bluetooth технологии. В соответствии с ТТЗ выбор беспроводной гарнитуры производился с учетом ГОСТ РВ 29.00.002-2005 «Эргономическое обеспечение», ГОСТ РВ 20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения». Рассмотренные варианты гарнитур предполагают размещение модуля приемопередатчика на корпусе станции/пульта управления. Вариант с внутренним расположением модуля приемопередатчика (распайки на печатной плате) рассматривался, но изделия гарнитур не приведены.

Гарнитуры, выполненные по технологии индуктивной связи, имеет смысл применить только для портативной станции, для стационарно-автомобильной станции, такое решение не вписывается в концепцию эргономического удобства, поскольку не избавляет от лишних проводов (беспроводным является только тракт приёма - передачи от индуктора до ушного приемника). В дальнейшем необходимо решить этот вопрос.

Для случая портативной радиостанции и пульта управления автомобильной радиостанции разумно использовать одну и ту же гарнитуру, выполняя требование унификации изделий согласно ТТЗ, также желательно установить дополнительную индикацию в качестве меры по контролю работоспособности гарнитуры на панель пульта управления возимой радиостанции при размещении в место штатного головного устройства типоразмера 2DIN. Данная мера также необходима и для портативной радиостанции, реализованная в виде уведомлений/сообщений, отображающихся на ЖК экране.

## Список литературы

1. Bluetooth – что такое и принцип работы технологии. [Электронный ресурс] URL: <https://lickeys.ru/audio/blyutuz-princip-raboty-bluetooth---chto-takoe-i-princip-raboty-tehnologii/> (дата обращения: 13.12.2019).
2. Беспроводные наушники: выбираем лучшую модель. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/guide/besprovodnye-naushniki.html> (дата обращения: 12.12.2019).
3. UG103.14: Bluetooth® LE Fundamentals. [Электронный ресурс] URL: <https://www.silabs.com/documents/public/user-guides/ug103-14-fundamentals-ble.pdf>

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ ПУ-50УК ИВ2.390.013

*Короткова А.Н.*, инженер-конструктор 3 категории КБ № 62 АО "СРЗ"  
*Кондратьев Н.Ф.*, начальник бюро возимой техники КБ № 62 АО "СРЗ"

### **Аннотация.**

В статье рассматривается возможный вариант модернизации пульта управления ПУ-50УК ИВ2.390.013 в составе изделия Р-163, аналогично рассматривается возможность модернизации блока Б10 ИВ2.390.010-01 в составе изделий Р-163-50У и Р-163-УП. Предлагается модернизация путем ввода системы управления на микроконтроллере и замены объемного монтажа электрорадиоизделий на поверхностный монтаж. Выявлены преимущества использования микроконтроллера в схеме платы управления. Произведен анализ прототипа, разработана структурная схема модернизированного пульта. В статье также рассмотрен выбор микроконтроллера и сопутствующего преобразователя напряжения к нему. Приведена 3D-модель платы управления. Показан экономический эффект указанной модернизации и повышение потребительских характеристик.

*Ключевые слова:* Пульт управления, ПУ-50УК, блок Б10, Р-163, плата управления, микроконтроллер, поверхностный монтаж.

В течение продолжительного периода производства изделия комплекса Р-163 «Арбалет», выпускаемые предприятием с 1986 года, постоянно модернизируются, в производстве применяются новые технологии изготовления, требующие своевременной замены элементной базы, улучшающей процесс производства и качества выпускаемой продукции.

По данным 2019г. изготовлены и направлены в эксплуатацию 11 радиостанций Р-163-50У и 4 радиоприемника Р-163-УП. Данные радиосредства поставляются как на внутренний рынок, так и на экспорт. В Вооруженных Силах РФ изделия комплекса Р-163 "Арбалет" зарекомендовали себя простыми и надежными в эксплуатации.

Целью данной работы является модернизация пульта управления путем реализации системы управления на микроконтроллере, а также замены объемного монтажа электрорадиоизделий на поверхностный монтаж.

При решении поставленной цели выполнены следующие задачи:

- проведен анализ прототипа пульта управления и выбран способ модернизации;
- выбрано оптимальное схемотехническое решение;
- выполнено конструкторское проектирование.

Введение в схему устройства управления на микроконтроллере, в котором интегрированы все необходимые компоненты, вместо россыпи отдельных микросхем, позволит снизить стоимость, энергопотребление, а также затраты

на разработку и сборку необходимого устройства. Одновременно, поверхностный монтаж ЭРИ приведет к повышению технологичности изготовления и снижению трудоемкости за счет монтажа электрорадиоизделий на высокоэффективной автоматической линии поверхностного монтажа и пайки печатных плат, что в свою очередь снизит себестоимость и повысит надежность.

Пульт управления ПУ-50УК является внешним пультом управления и предназначен для поочередной передачи команд управления и визуальной индикации исполнения этих команд для трех управляемых радиосредств. Используется для управления радиосредствами в тех случаях, когда последние устанавливаются в зоне, труднодоступной для оператора.

Реализуемые функции:

- визуальная индикация режимов работы трех радиосредств;
- формирование команд управления внешними устройствами;
- визуальная индикация исполнения команд управления внешними устройствами.

Блок Б10 (пульт управления) радиостанции Р-163-50У [4] и радиоприемника Р-163-УП [5] служит для управления радиосредством непосредственно с его передней панели. Органы управления и индикации на блоке Б10 и на Пульте управления идентичны за исключением того, что платы индикации режимов работы в радиостанции Р-163-50У и в радиоприемнике Р-163-УП расположены на кросс-блоках.

Проведен анализ прототипа пульта управления [3].

Прототип включает в себя следующие функциональные блоки: устройство обмена, устройства индикации и опроса клавиатуры, индикаторы информации и режимов, регистр сдвига, генератор тактовых импульсов и клавиатуру.

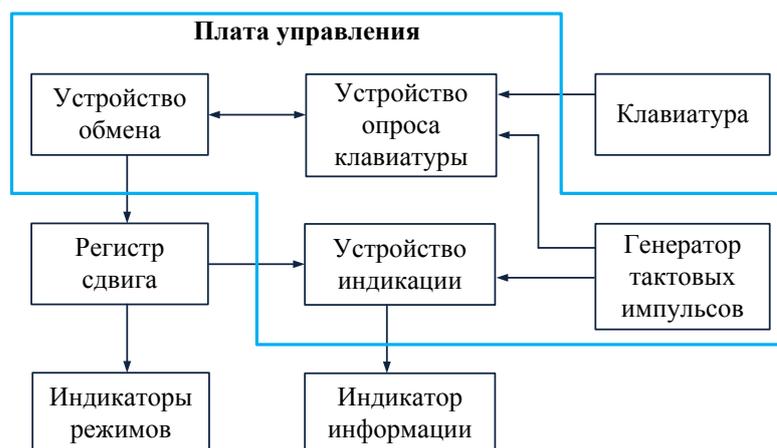
Конструктивно пульт управления состоит из трех плат: платы управления, платы индикации и платы индикации режимов.

Платы индикации и платы индикации режимов при данной модернизации изменению не подвергаются.

В данной работе модернизации подвергается плата управления, которая является идентичной в схемном исполнении для блока Б10 и пульта управления, одновременно является наиболее объемной по номенклатуре ЭРИ в общей схеме.

Количество дискретных элементов - 20 шт., средняя стоимость ПКИ -9400 руб. Трудоемкость составляет 2,56 н/ч.

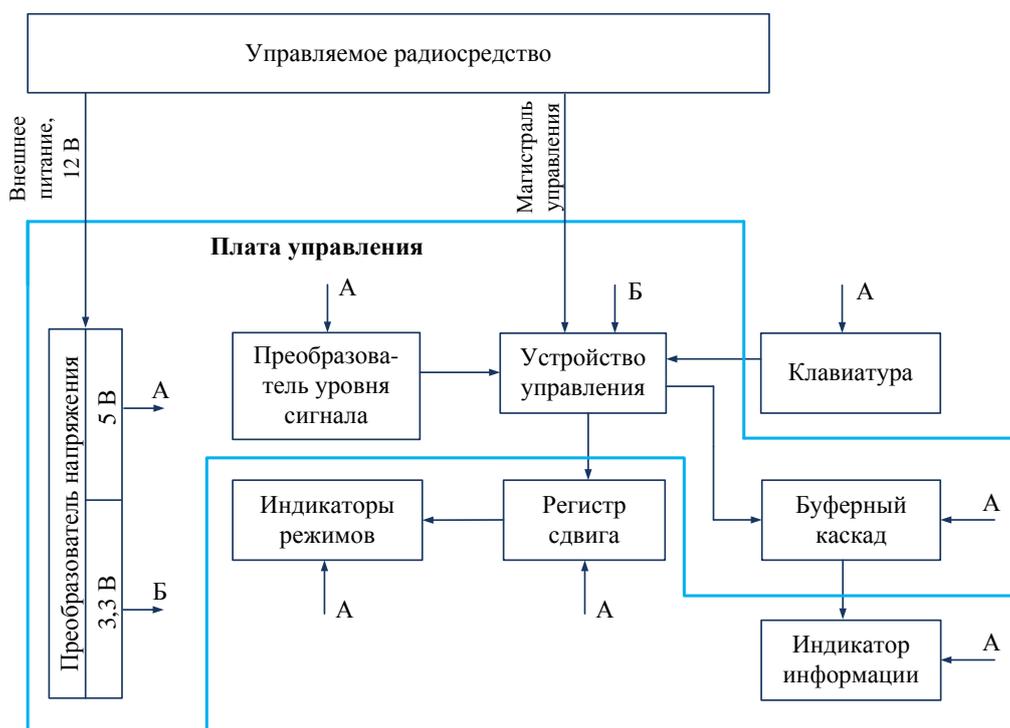
Стандартная структурная схема пульта управления приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1** Стандартная структурная схема пульта управления

Так как модернизация пульта управления производится путем ввода системы управления на микроконтроллере в плате управления, соответственно, исключаются некоторые блоки структурной схемы, например генератор тактовых импульсов, устройство опроса клавиатуры, устройство индикации.

На рисунке 2 приведена структурная схема модернизированного пульта управления.



**Рисунок 2** Структурная схема модернизированного пульта управления

Количество дискретных элементов - 5 шт., средняя стоимость ПКИ - 7400 руб. Трудоемкость составляет 2,23 н/ч.

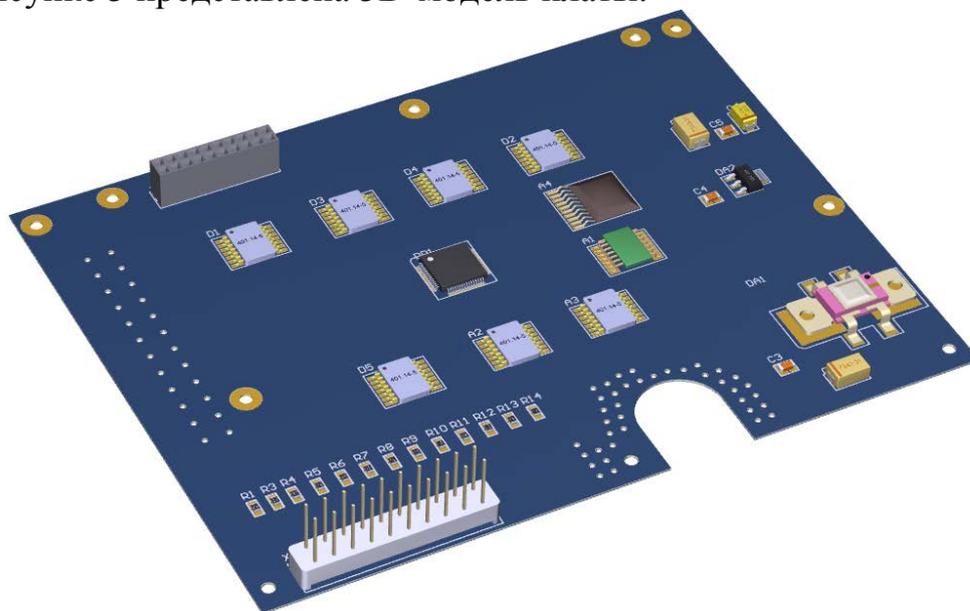
Подробно рассмотрим выбор составных частей модернизируемых блоков, а именно: устройства управления и преобразователя напряжения.

Устройство управления должно быть построено на микроконтроллере, производительность которого должна быть достаточна для выполнения задач

устройства управления в части обработки данных. Роль системного контроллера в управляющем устройстве будет выполнять микроконтроллер отечественного производства 1986BE92Y1 [6], у него средняя производительность, достаточный большой объем памяти при средней стоимости, рабочая частота позволяет увеличить технологический запас по производительности.

Для работы устройства управления, построенного на микроконтроллере требуется напряжение питания 3,3В. Для этого потребовался стабилизатор напряжения на 3,3В. В качестве стабилизатора напряжения для микроконтроллера будет использована микросхема ADP3338 [7], которая имеет входное напряжение до 8В и достаточно большой технологический запас по выходному току 1000 мА.

Разработана схема электрическая принципиальная платы управления пульта управления. Схема выполнена в САПР Altium Designer [2], что предполагает сквозное проектирование комплекта чертежей на изделие. Конструкторское проектирование включает в себя сборочный чертеж на плату. На рисунке 3 представлена 3D-модель платы.



**Рисунок 3** Плата управления сборочный чертеж 3D-модель

### **Краткие выводы**

Использование полученных результатов позволяет: реализовать магистраль управления на микроконтроллере программным способом, повысить качество изделия, повысить эффективность системы, улучшить экономические показатели, повысить надежность. Результат модернизации можно применить на пультах управления ИВ2.390.013, а также на блок Б10 радиостанции Р-163-50У и радиоприемника Р-163-УП. Учитывая только стоимость ПКИ, экономический эффект модернизации составит 2000 руб./шт., трудоемкость уменьшится на 0,33 н/ч.

Поставленные задачи решены, цель достигнута.

## Список литературы

1. Бирюков С.А. Цифровые устройства на интегральных схемах, 2017.
2. Сабунин А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных средств. М.: СОЛОН-ПРЕСС, Москва, 2009.
3. Конструкторская документация на Пульт управления ПУ-50УК ИВ2.390.013 ИВ2.390.013 ТУ.
4. Конструкторская документация на Радиостанцию Р-163-50У. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИВ1.106.016 ТО.
5. Конструкторская документация на Радиоприемник Р-163-УП. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИВ1.106.017 ТО.
6. Техническая документация на микроконтроллеры 1986BE92У1, К1986BE92QI ТСКЯ.431296.001СП АО "ПКК Миландр" [Электронный ресурс] // URL:[https://hamlab.net/uploads/datasheets/stm32\\_milandr\\_ru.pdf](https://hamlab.net/uploads/datasheets/stm32_milandr_ru.pdf) (дата обращения 17.04.2020).
7. Техническая документация на стабилизатор напряжения ADP3338 [Электронный ресурс] // URL:<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADP3338.pdf> (дата обращения: 17.04.2020).

## МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕДСТВ

*Р.В. Пахомов*, Техник-программист КБ № 62 АО "СРЗ"

*В.Г. Килин*, Инженер-программист 2 кат. КБ № 62 АО "СРЗ"

*А.С. Свояков*, Ведущий инженер-программист КБ № 62 АО "СРЗ"

### Аннотация

В данной статье описан принцип построения универсальной открытой платформы обучающих средств, построенной на вычислительной сети. Показана общая структура платформы, перечислены задачи рабочего места руководителя и рабочих мест обучаемых. Описаны требования, предъявляемые к обучающим программам и материалам, которые будут включены в состав обучающих средств. Инструментом 3D моделирования была выбрана программа Blender 3D. Это мощный пакет программ с открытым исходным кодом, что позволяет создавать качественные модели без лишних затрат. Далее рассмотрен пример демонстрационного ролика, показывающий возможности 3-мерного моделирования, визуализации с использованием ПО с технологией рендеринга в реальном времени.

*Ключевые слова:* открытая платформа, обучающие средства, вычислительная сеть, рабочее место руководителя, рабочее место обучаемого, обучающая программа, рендеринг реального времени, игровой движок, Unreal Engine, 3D моделирование.

### Список сокращений

ОП – Обучающая программа

ОС – Операционная Система

ПК – Персональный Компьютер

РМР – Рабочее Место Руководителя

РМО – Рабочее Место Обучаемого

3D – Third Dimension – трехмерное пространство

UE4 – Unreal Engine 4

На АО «СРЗ» было разработано изделие – учебный класс «Урал-С». Цель – обучение личного состава, в нём используются обучающие программы, такие как: ввод с телеграфного ключа, приём текста на слух, работа в паре, тестирование. Кроме того есть возможность выдачи теоретического материала, контроля рабочих мест и автоматическое формирование отчёта обучаемыми.

В ходе эксплуатации и поддержки выявились **проблемы:**

1. Нет открытой среды (нет возможности добавлять дополнительные обучающие материалы и программы, в т.ч. Программы сторонних разработчиков).

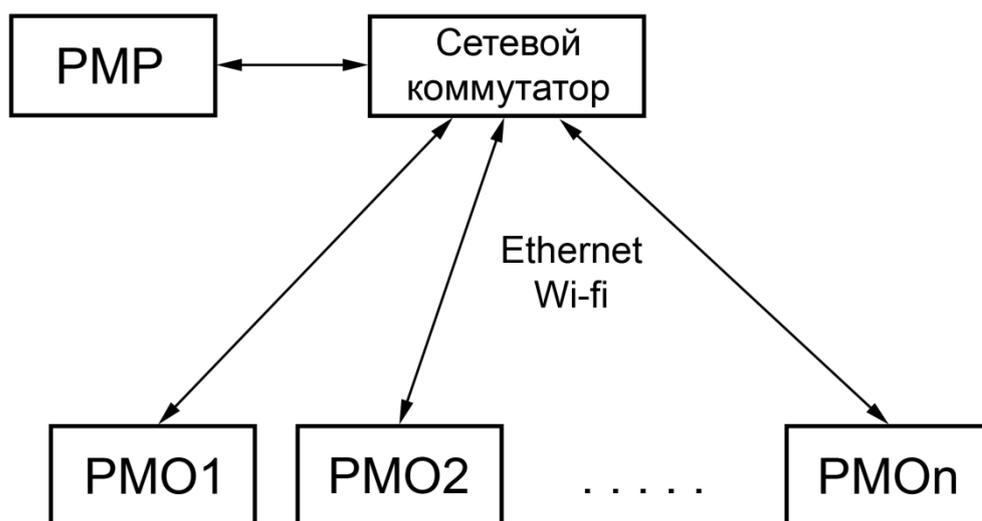
2. Низкое качество визуальных обучающих материалов и отсутствие технологии для создания качественных визуальных материалов.

3. Значительные сложности при создании обучающих материалов о комплексах связи включающих множество компонентов, а также визуализацию их развертывания.

4. Возникает необходимость поддержки ОС, сертифицированных для использования в структуре МО РФ, таких как Astra linux, с учётом возможного отказа от ОС Windows.

**Цель работы:** создать открытую платформу обучающих средств. Для этого надо описать сетевую структуру, определить задачи РМР и РМО и требования к построению платформы. Создание открытой платформы повысит надёжность работы, облегчит поддержку изделия и упростит создание обучающих средств, особенно если для разработки потребуется привлечь сторонние организации.

Структура открытой платформы, в общем виде, представляет собой рабочее место руководителя (далее РМР) и рабочие места обучаемых (далее РМО) находящиеся в одной вычислительной сети (рисунок 1).



**Рисунок 1** сетевая структура открытой платформы на примере учебного класса

РМР является главным элементом, выполняет роль сервера в сети и осуществляет весь процесс обучения. К задачам РМР можно отнести:

- авторизация и управление учётными данными РМО
- управление подключенными РМО (отключение, перезагрузка)
- контролирование РМО (аудио и видео контроль)
- управление обучающими программами
- выдача и контроль заданий на РМО

РМО выполняет роль клиента в сети. Его основной задачей является приём и выполнение заданий от РМР и передача результата или отчёта на РМР.

Задание, выдаваемое на РМО, представляет собой обучающую программу (далее ОП), которая будет выполняться на рабочем месте. Вместе с программой могут быть переданы параметры запуска (параметры командной строки, файл и др.) и рабочий файл, который загрузит программа, например, радиограмма.

### **Требования к построению открытой платформы**

1. Обмен данными. ОП должны поддерживать единый протокол обмена данными и командами между РМР и РМО.

2. Отчёт о работе. ОП В конце работы ОП должна отправить отчёт о выполненной работе в определённом формате. РМР должно обрабатывать и хранить отчёты.

3. Обмен данными между РМО. Для некоторых заданий может потребоваться прямая связь между ОП, для этого РМР должен объединить их в пару или подгруппу. Поэтому ОП должны поддерживать протокол обмена между РМО.

4. Поддержка интерфейсов потоковой передачи аудио и видео данных. Это необходимо для реализации функций контроля рабочих мест с помощью РМР и других функций.

5. Доставка на РМО. Задания должны доставляться в виде единого контейнера (например, архива), в котором будут находиться ОП и рабочие файлы. РМО должно уметь извлекать нужные данные из контейнера перед запуском.

6. Наличие инструментария передачи параметров запуска на РМР. Параметры должны передаваться по запросу РМР. После получения параметров ОП регистрируется в списке программ.

7. Автономность. ОП должны иметь возможность работать без управления РМР с полным функционалом.

8. Портативность и доступ. Программы работать без установки, без привязки к системному реестру (для ОС Windows). Также они не должны требовать расширенных привилегий для полноценной работы.

9. Кроссплатформенность. Желательно наличие версий программ, работающих под управлением ОС, сертифицированных для использования Министерством Обороны, например Astra linux или Rosa linux.

### **Способы обмена данными**

- **Общая память.** В оперативной памяти один процесс выделяет поименованную область заданного размера, в которую записывают определённые данные. Другие процессы могут получить доступ к данным в этой области, зная её обозначение и размер. Этот способ подходит для передачи данных между процессами **в пределах одного ПК**. Он ограничен размером памяти, доступным для резервирования и настройками безопасности ОС.

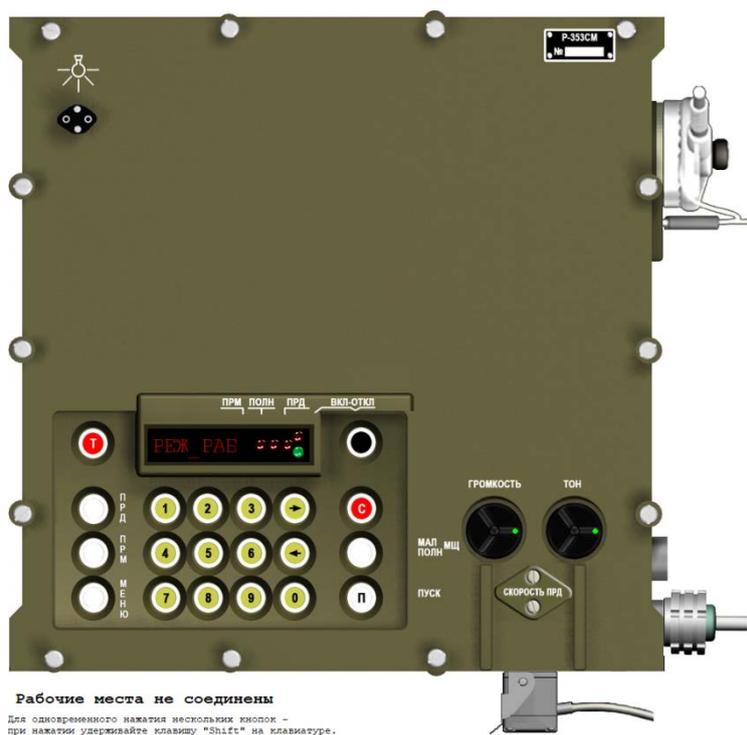
- **Сокеты (Sockets).** Это инструмент пересылки данных между двумя процессами в соединении «точка-точка». Подходит как для передачи на одном ПК и между разными ПК. Сокеты работают с различными сетевыми протоколами низкого уровня, но в основном используются TCP (Transmit

Control Protocol, протокол управления передачи) и UDP (Universal Datagram Protocol, протокол пользовательских пакетов). При использовании TCP происходит установление связи между точками, что гарантирует надёжную доставку данных. UDP пересылает данные без установления соединения и проверки доставки, но с большей скоростью.

- Именованный канал (named pipe). Позволяет различным процессам обмениваться данными в полудуплексном режиме путём перенаправления ввода и вывода. Работа с каналом (операции чтения и записи) во многом напоминает работу с файлами. В UNIX системах, после создания, канал существует независимо от процесса, в котором был создан. В Windows канал закрывается после того, как закрывается последняя ссылка на его адрес. Как и в общей памяти, к каналу можно получить доступ по имени. Этот способ подходит для передачи данных между процессами **в пределах одного ПК**.

Все перечисленные способы могут быть реализованы как на UNIX, так и на Windows системах. Самым надёжным и универсальным способом является обмен с помощью сокетов.

Рассмотрим недостатки существующих обучающих программ на примере тренажера радиостанции Р-353СМ «Ольхон» (рисунок 2).



**Рисунок 2** главное окно программы тренажера радиостанции Р-353СМ «Ольхон».

- Отсутствует поддержка открытой платформы обучающей среды, отсюда сложность во включений её в состав ОП «Урал-С».
- Двухмерная пререндеренная или рисованная графика

## Проблемы обучающих программ

В связи с повышением уровня интеграции и созданием автоматизированных комплексов связи, возникает необходимость, подробного обзора построенной системы в целях изучения.

### Решение проблем

Суть проекта в том, чтобы наиболее точно изобразить структуру комплексов связи и передать информацию интерактивным методом.

Для решения данной проблемы был выбран игровой движок Unreal Engine в качестве основной технологии реального времени благодаря спектру инструментов графики и программирования.

### Ведение в UE4

**Unreal Engine** — игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. По своей сути, это игровой движок, работающий в реальном времени и предназначенный для производства качественных видео игр под различные платформы. Несмотря на игровую направленность, он отлично находит применение и в других сферах подходит и для создания интерактивных/видео презентаций.

### Эксплуатация движка в других сферах

#### Применение Unreal Engine 4 в презентационных проектах

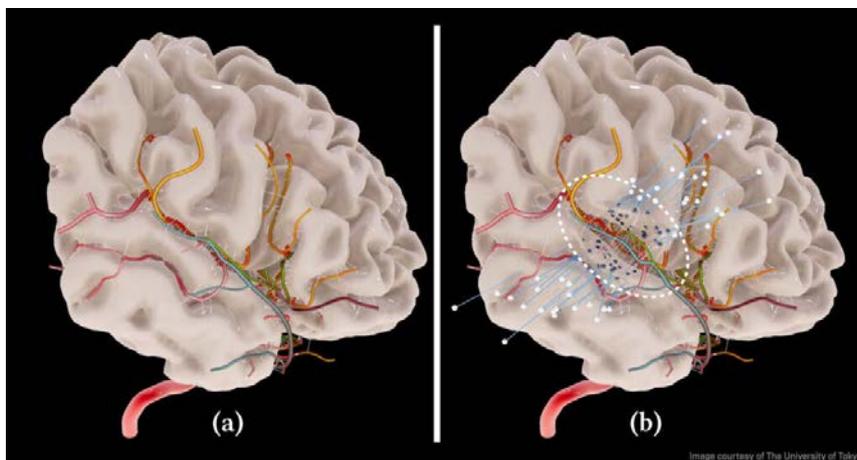
Многим известно, что видео по сравнению со статичными изображениями лучше удерживает внимание, имеет более высокий показатель цитируемости, проще запоминается, и на данный момент, считается наиболее эффективным способом донесения информации и продвижения продуктов.



**Рисунок 3** возможности UE4 в презентационных проектах

## Применение Unreal Engine 4 в нейрохирургии

Японские ученые разрабатывают приложение на базе *Unreal Engine*, которое поможет интернам освоить профессию в реальном времени по принципу "не навреди" (рисунок 4).



**Рисунок 4** применение UE4 в медицине

Цель разработчиков в том, чтобы наиболее точно изобразить структуру мозга и то, как он деформируется во время операции. Прототип программного обеспечения, поддержанный грантом

Eric Games выразили поддержку столь инновационному проекту применения рендеринга в реальном времени, который до этого успешно начали применять и в ортопедической хирургии с целью обучения хирургов не только практическим аспектам хирургии, но и процессу принятия решений, который он неизбежно включает.

### Актуальность проекта

#### Где востребованы такие проекты?

В автомобильной промышленности, строительстве, научно-производственной сфере, военной промышленности и везде, где важно донести смысл и преимущества продукта.

Для автопрома может быть создан интерактивный конфигуратор с возможностью переключаться между моделями автомобилей, кастомизировать, примерять различные дополнения, попасть внутрь салона. Часто такие проекты создаются под платформу VR или большой touch screen монитор, который можно расположить в автосалоне или на выставке.

В научно-производственной нише применим видео формат, демонстрирующий смысл разрабатываемого проекта, дополненный поясняющей информацией и возможно некоторыми story telling элементами.

Интерактивные проекты или видео с виртуальными турами по жилому комплексу, апартаментам, возможностью прогуляться по прилегающей территории с переключением ракурсов.

Создаётся обучающий проект на базе комплекса связи броневедомобиля «Тигр» (рисунок 5).



**Рисунок 5** демонстрационная сцена с использованием модели

С помощью него планируется освоение личным составом всего комплекса связи с помощью одной программы, тогда как ранее для этого требовалось несколько программ – тренажёров.

#### **Основные преимущества:**

- **Меньше стоимость кадра и выше скорость производства.** При классическом рендере, требуется создать сцену, выставить свет, просчитать (отрендерить) кадр в качестве, чтобы увидеть финальный результат, что само по себе достаточно долго, либо требует наличия дополнительных мощностей. UE4 выдает финальное изображение сразу.

- **Готовый функционал и элементы.** Например, в движке уже заложена физика автомобиля и не требуется создавать собственное решение, имитирующее движение автомобиля или же анимировать вручную. Хотите задать траекторию движения? Не проблема - её можно заложить программно или прокатившись на автомобиле в проекте в реальном времени.

- **Высокое качество картинки.** UE4 использует технику PBR (Physically Based Rendering) материалы и рендер, что позволят достигнуть близкое к фотореалистичному качество изображения, которого более чем достаточно для презентационной ниши.

- **Интерактивность.** В отличии от видео, где невозможно реализовать взаимодействие с пользователем, здесь она изначально заложена. Практически в любой проект её можно добавить или адаптировать.

- **Не требуется дорогостоящее лицензионное ПО**, вполне может быть достаточно: Blender - 3d редактор (free), Gimp - 2d редактор (free), Substance Painter (~2700 руб), X normal (free), OpenShot - монтаж (free).

- **Возможность наращивать проект итеративно.** Был создан интерактивный автоконфигуратор и основная часть работы уже проделана - реализован весь основной функционал, интегрирован стартовый набор моделей автомобилей. Добавление новых моделей автомобилей - будет относительно небольшая дополнительная работа.

### **Перспективы проекта**

Возможность изучения и развертывания комплексов в виртуальной среде, тем самым затрачивая меньше ресурсов предприятия и времени на обучение.

Планируется разработать интерактивный конфигуратор с возможностью переключаться между моделями техники, примерять различные дополнения и возможность взаимодействие с оборудованием. Данный проект можно будет использовать не только в качестве обучения, но и на презентациях.

### **Вывод**

Создание открытой платформы облегчит поддержку обучающих средств, улучшить качества обучающих программ и внедрение ПО сторонних разработчиков. А внедрение современных технологий 3D моделирования и визуализации многократно повысит качество обучающих программ.

### **Список литературы**

1. <http://www.vc.ru> - Архитектурная визуализация на Unreal Engine 4.
2. <http://www.vc.ru> - Применения Unreal Engine 4 в презентационных проектах.
3. <http://www.Habr.ru> - Unreal Engine 4 для развития своих способностей.
4. <http://www.Habr.ru> - Сложное модульное архитектурное окружение в Unreal Engine.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*Прокопьев Р.А.*, Инженер-конструктор 2 категории КБ № 62 АО "СРЗ"

*Седых С.А.*, Начальник бюро разработок объектов связи КБ № 62  
АО "СРЗ"

### Аннотация

В статье рассматривается возможность создания двигателя внутреннего сгорания нового поколения. Выявляются недостатки из существующих двигателей внутреннего сгорания, а так же предлагаются варианты их устранения.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания (ДВС), мобильная энергетическая установка, четырёхтактный цикл, двухтактный цикл, верхняя мертвая точка (ВМТ), нижняя мертвая точка (НМТ).

Обеспечение электропитанием потребителей в условиях удаления от магистральных линий энергоснабжения на современном этапе развития техники является актуальной задачей, как в гражданском секторе, так и в военном.

Для электропитания потребителей в полевых условиях применяют энергетические установки (электрогенераторы), получение электрической энергии в которых происходит в три рабочих этапа: сжигание топлива, активация механической группы (передача крутящего момента) и непосредственно генерация тока.

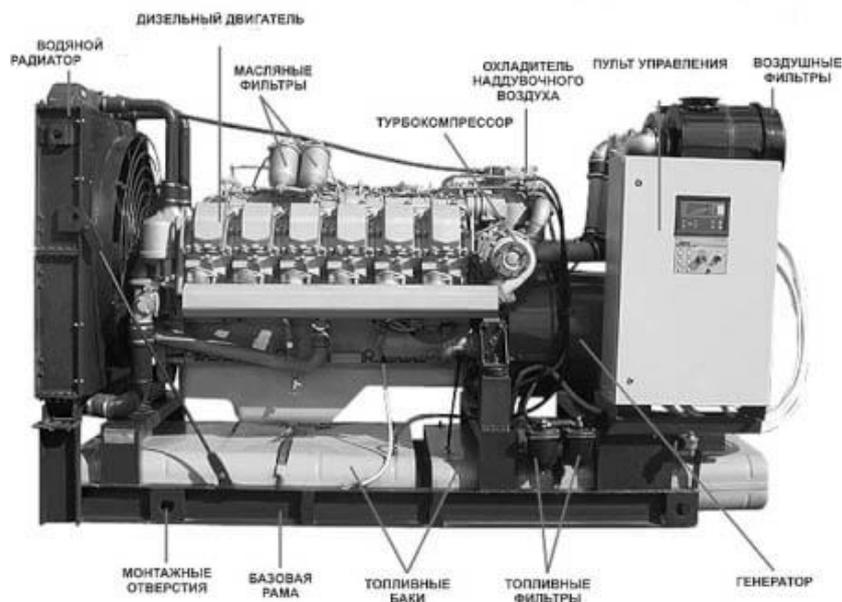
Мобильная энергетическая установка – это мобильный комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии.



**Рисунок 1** Внешний вид мобильной энергетической установки

В составе энергетической установки применены два основных блока: двигатель внутреннего сгорания и генератор.

Ресурс энергетической установки напрямую определяется ресурсом двигателя внутреннего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания является наиболее уязвимым местом. К тому же техническое обслуживание электрогенератора сводится к техническому обслуживанию двигателя внутреннего сгорания.



**Рисунок 2** Конструкция энергетической установки

## 1 Виды двигателей энергетических установок

### 1.1 Бензиновый двигатель

Бензиновые двигатели - это класс двигателей внутреннего сгорания, в цилиндрах которых предварительно сжатая топливовоздушная смесь поджигается электрической искрой. При сгорании топливной смеси выделяется большое количество тепловой энергии, которая запускает механическую работу основного механизма двигателей. Управление мощностью в данном типе двигателей производится, как правило, регулированием потока воздуха, посредством дроссельной заслонки.

Автономные электрогенерирующие установки комплектуются силовыми бензиновыми двигателями внутреннего сгорания малой или средней энергетической мощности — от 0,5 до 15 кВт (полная мощность).

Установки мощностью до 1 кВт — маломощные, компактные и мобильные. Срок безотказной работы двигателя внутреннего сгорания такой установки составляет не более 500–1000 моточасов. Непрерывно они могут работать до 3 часов, поэтому основное применение они находят для временной подачи электроэнергии на дачном участке, в гараже, при выполнении различных работ вдали от электрических сетей.

Установки мощностью до 3 кВт используют двухтактные одноцилиндровые бензиновые двигатели внутреннего сгорания для комплектования маломощных инверторных генераторов, позволяющих получать электроэнергию с более качественными характеристиками, так как напряжение и сила тока этих источников энергии обладают стабильно постоянными величинами.

Установки мощностью до 5 кВт оснащаются двигателями с высоким числом оборотов — до 3000 об/мин. с воздушным охлаждением и с чугунными гильзами цилиндров, повышающими срок безотказной работы двигателя установки до 2000 моточасов, непрерывность их работы — до 10 часов.

Такой небольшой ресурс моточасов бензиновых двигателей в автономных электрогенерирующих установках чаще всего связан с нарушением тепловых и нагрузочных режимов работы, герметичностью внутренних полостей, а так же с использованием некачественных сортов топлива и масла.

По мере изнашивания цилиндропоршневой группы, а так же при закоксовывании колец или их поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной. Это приводит к уменьшению давления и температуры сжатого воздуха, следствием чего являются затрудненный пуск и перебои в работе двигателя.

С увеличением зазора нарушаются условия жидкостного трения, возрастают динамические нагрузки. Давление масла в магистрали двигателя понижается, так как облегчается его протекание через увеличенные зазоры подшипников коленчатого вала. Это ухудшает смазывание гильз цилиндров, поршней и колец [2].

## 1.2 Дизельный двигатель

Дизельный двигатель - поршневой двигатель внутреннего сгорания, работающий по принципу самовоспламенения распылённого топлива от воздействия разогретого при сжатии воздуха. При сгорании топливной смеси выделяется большое количество тепловой энергии, которая запускает механическую работу основного механизма двигателей. Спектр топлива для дизелей весьма широк, сюда включаются все фракции нефтеперегонный от керосина до мазута и ряд продуктов природного происхождения - рапсовое масло, фритюрный жир, пальмовое масло и многие другие. Дизель может с определённым успехом работать и на сырой нефти.

В линейку дизельных генераторов входят агрегаты большей мощности выше 10 – 15 кВт.

Генераторы с дизельным двигателем достаточно экономичны, неприхотливы при эксплуатации, более продолжительное время работают безотказно. Дизельные двигатели с жидкостным охлаждением, работающие при 3000 об/мин, обладают ресурсом 7000 – 10 000 моточасов.

Дизельное топливо (солярка) немного дешевле бензина.

Дизельные генераторные станции в 1,5 – 2 раза дороже генераторов с бензиновым двигателем такой же мощности. Уровень шума от генератора с дизельным двигателем намного выше, чем у генератора с бензиновым.

Для длительной эксплуатации рекомендуется использовать генераторные установки, оснащенные низко оборотистым дизельным двигателем, с частотой вращения 1500 об/мин.

Такие двигатели с воздушным охлаждением имеют ресурс 15 000 – 40 000 моточасов. Для них характерны сравнительно низкий расход топлива, невысокая вибрация и низкий уровень шума. Недостаток этих установок: большие габариты, высокая цена. Дизельные двигатели наиболее безопасны, так как топливо не обладает летучестью, как, например, пары бензина или газ. Поэтому такие генерирующие установки часто используют при ликвидации техногенных и природных аварий.

Как мы видим ресурс моточасов дизельных генераторов гораздо выше чем у бензиновых, но он то же имеет определенные ограничения, которые связаны с качеством топлива и масла. Первыми начинают страдать поршневые кольца, что приводит к образованию задиров на зеркале цилиндра, преждевременному износу двигателя. Поддержание рабочей температуры дизеля крайне важно для того, чтобы нагруженные детали эффективно охлаждались. Сильному износу подвержена камера сгорания (верхняя часть цилиндра), так как ей необходимо постоянно справляться с высоким давлением, трением и температурами [3].

### 1.3 Газовый двигатель

Газовый двигатель - двигатель внутреннего сгорания, использующий в качестве топлива сжиженные углеводородные газы или природный газ. Газовый двигатель работает по тепловому циклу Отто, когда теплота подводится к рабочему телу при постоянном объёме.

Отличие от бензиновых двигателей, работающих по этому циклу - более высокая степень сжатия. Объясняется это тем, что используемые газы имеют более высокое октановое число, чем бензин.

Генераторные установки, оснащенные двигателем внутреннего сгорания или турбинами, работающем на газовом топливе считают более экономичными и более надежными, чем генераторные установки, оснащенные бензиновым или дизельным двигателем. Ресурс таких двигателей — до 10 000 моточасов. Но у них есть один большой недостаток — затруднительный запуск в холодное время.

Но так же есть большой плюс – при возможности подключения к магистрали, подающей газ, такие генерирующие установки можно использовать как постоянные основные источники энергии.

Газовые двигатели, охлаждаемые воздухом, обладают более высоким уровнем шума по сравнению с двигателями, охлаждаемыми водой.

Водяная система охлаждения является наиболее эффективной, поэтому ею оснащаются самые мощные двигатели. Соответственно, такие двигатели используются на наиболее мощных генерирующих установках [3].

### 1.4 Рабочие циклы двигателей

Как бензиновые, так и дизельные двигатели классифицируются по способу осуществления рабочего цикла — четырехтактные и двухтактные

#### 1.4.1 Двухтактный цикл

В двухтактном бензиновом двигателе рабочий цикл полностью происходит в течение одного оборота коленчатого вала. При этом от цикла четырёхтактного двигателя остаётся только сжатие и расширение. Впуск и выпуск заменяются продувкой цилиндра вблизи НМТ поршня, при которой свежая рабочая смесь вытесняет отработанные газы из цилиндра.

Более подробно цикл двигателя устроен следующим образом: когда поршень идёт вверх, происходит сжатие рабочей смеси в цилиндре. Одновременно, движущийся вверх поршень создаёт разрежение в кривошипной камере. Под действием этого разрежения открывается клапан впускного коллектора и свежая порция топливовоздушной смеси (как правило, с добавкой масла) засасывается в кривошипную камеру. При движении поршня вниз давление в кривошипной камере повышается и клапан закрывается. Поджог, сгорание и расширение рабочей смеси происходят так же, как и в четырёхтактном двигателе. Однако, при движении поршня вниз, примерно за  $60^\circ$  до НМТ открывается выпускное окно (в смысле, поршень перестаёт перекрывать выпускное окно). Выхлопные газы (имеющие ещё большое давление) устремляются через это окно в выпускной коллектор. Через некоторое время поршень открывает также впускное окно, расположенное со стороны впускного коллектора. Свежая смесь, выталкиваемая из кривошипной камеры идущим вниз поршнем, попадает в рабочий объём цилиндра и окончательно вытесняет из него отработанные газы. При этом часть рабочей смеси может выбрасываться в выпускной коллектор. При движении поршня вверх часть свежей смеси вытолкнутой из выпускного коллектора засасывается назад в кривошипную камеру.

Можно заметить, что двухтактный двигатель при том же объёме цилиндра, должен иметь почти в два раза большую мощность. Однако, полностью это преимущество не реализуется, из-за недостаточной эффективности продувки по сравнению с нормальным впуском и выпуском. Мощность двухтактного двигателя того же литража, что и четырёхтактный больше в 1,5 — 1,8 раза.

В двухтактном дизельном двигателе рабочем ходе поршень идёт вниз, открывая выпускные окна в стенке цилиндра, через них выходят выхлопные газы, одновременно или несколько позднее открываются и впускные окна, цилиндр продувается свежим воздухом из воздухопроводки - осуществляется продувка, совмещающая такты впуска и выпуска. Когда поршень поднимается, все окна закрываются. С момента закрытия впускных окон начинается сжатие. Перед достижением поршнем ВМТ, из форсунки распыляется воспламеняющееся топливо. Происходит расширение - поршень идёт вниз и снова открывает все окна и т.д.

Продувка является врожденным слабым звеном двухтактного цикла. Время продувки, в сравнении с другими тактами, невелико и увеличить его невозможно, иначе будет падать эффективность рабочего хода за счет его укорочения. В четырёхтактном цикле на те же процессы отводится половина цикла. Полностью разделить выхлоп и свежий воздушный заряд тоже

невозможно, поэтому часть воздуха теряется, выходя прямо в выхлопную трубу. Если же смену тактов обеспечивает один и тот же поршень, возникает проблема, связанная с симметрией открывания и закрывания окон. Для лучшего газообмена выгоднее иметь опережение открытия и закрытия выхлопных окон. Тогда выхлоп, начинаясь ранее, обеспечит снижение давления остаточных газов в цилиндре к началу продувки. При закрытых ранее выхлопных окнах и открытых - еще - впускных осуществляется дозарядка цилиндра воздухом, и, если воздухоподготовка обеспечивает избыточное давление, становится возможным осуществление наддува.

Окна могут использоваться и для выпуска отработавших газов, и для впуска свежего воздуха; такая продувка называется щелевой или оконной. Если отработавшие газы выпускаются через клапан в головке цилиндра, а окна используются только для впуска свежего воздуха, продувка называется клапанно-щелевой [1].

#### 1.4.2 Четырехтактный цикл

Как следует из названия, рабочий цикл четырёхтактного бензинового двигателя состоит из четырёх основных этапов — тактов.

1. Впуск. В течение этого такта поршень опускается из верхней мёртвой точки (ВМТ) в нижнюю мёртвую точку (НМТ). При этом кулачки распредвала открывают впускной клапан, и через этот клапан в цилиндр засасывается свежая топливно-воздушная смесь.

2. Сжатие. Поршень идёт из НМТ в ВМТ, сжимая рабочую смесь. При этом значительно возрастает температура смеси. Отношение рабочего объёма цилиндра в НМТ и объёма камеры сгорания в ВМТ называется степень сжатия. Степень сжатия — очень важный параметр, обычно, чем она больше, тем больше топливная экономичность двигателя. Однако, для двигателя с большей степенью сжатия требуется топливо с большим октановым числом, которое дороже.

3. Сгорание и расширение (рабочий ход поршня). Незадолго до конца цикла сжатия топливовоздушная смесь поджигается искрой от свечи зажигания. Во время пути поршня из ВМТ в НМТ топливо сгорает, и под действием тепла сгоревшего топлива рабочая смесь расширяется, толкая поршень. Степень «недоворота» коленчатого вала двигателя до ВМТ при поджигании смеси называется углом опережения зажигания. Опережение зажигания необходимо для того, чтобы основная масса бензовоздушной смеси успела воспламениться к моменту, когда поршень будет находиться в ВМТ (процесс воспламенения является медленным процессом относительно скорости работы поршневых систем современных двигателей). При этом использование энергии сгоревшего топлива будет максимальным. Сгорание топлива занимает практически фиксированное время, поэтому для повышения эффективности двигателя нужно увеличивать угол опережения зажигания при повышении оборотов. В старых двигателях эта регулировка производилась механическим устройством центробежным вакуумным регулятором воздействующим на прерыватель. В более современных двигателях для

регулировки угла опережения зажигания используют электронику. В этом случае используется датчик положения коленчатого вала, работающий обычно по емкостному принципу.

4. Выпуск. После НМТ рабочего цикла открывается выпускной клапан, и движущийся вверх поршень вытесняет отработанные газы из цилиндра двигателя. При достижении поршнем ВМТ выпускной клапан закрывается и цикл начинается сначала.

У дизельного двигателя принцип работы четырехтактного двигателя следующий:

1-й такт. Впуск. Соответствует  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  поворота коленвала. Через открытый на, приблизительно,  $345$ - $355^{\circ}$  впускной клапан воздух поступает в цилиндр, на  $190$ - $210^{\circ}$  клапан закрывается. При этом до  $10$ - $15^{\circ}$  поворота коленвала одновременно открыт и выхлопной клапан. Время совместного открытия клапанов называется перекрытием клапанов.

2-й такт. Сжатие. Соответствует  $180^{\circ}$  -  $360^{\circ}$  поворота коленвала. Поршень, двигаясь к ВМТ (верхней мёртвой точке), сжимает воздух от 16 (в тихоходных двигателях) до 25 (в быстроходных) раз.

3-й такт. Рабочий ход, расширение. Соответствует  $360^{\circ}$ - $540^{\circ}$  поворота коленвала. При распылении топлива в горячий воздух происходит инициация сгорания топлива, то есть частичное его испарение, образование свободных радикалов в поверхностных слоях капель и в парах. Наконец, оно вспыхивает и сгорает по мере поступления из форсунки, а продукты горения, расширяясь, двигают поршень вниз. Впрыск и, соответственно, воспламенение топлива происходит чуть раньше момента достижения поршнем мёртвой точки вследствие некоторой инертности процесса горения. Отличие от опережения зажигания в бензиновых двигателях в том, что задержка необходима только из-за наличия времени инициации, которое в каждом конкретном дизеле - величина постоянная и изменению в процессе работы не подлежит. Сгорание топлива в дизеле происходит, таким образом, столько времени, сколько длится подача порции топлива из форсунки. Вследствие этого рабочий процесс протекает при относительно постоянном давлении газов, из-за чего двигатель развивает большой крутящий момент [1]. Из этого следуют два важных вывода:

1. Процесс горения в дизеле длится ровно столько времени, сколько требуется для впрыска данной порции топлива, но не дольше времени рабочего хода. Это приводит к тому, что рабочий процесс в дизеле протекает при постоянном давлении.

2. Соотношение топливо/воздух в цилиндре дизеля может существенно отличаться от стехиометрического, причем очень важно обеспечить избыток воздуха, так как пламя факела занимает небольшую часть объема камеры сгорания и атмосфера в камере должна до последнего обеспечить нужное содержание кислорода. Если этого не происходит, возникает массивный выброс несгоревших углеводородов с сажей (тепловоз «даёт медведям»).

4-й такт. Выпуск. Соответствует  $540^{\circ}$ - $720^{\circ}$  поворота коленвала. Поршень идёт вверх, через открытый на  $520$ - $530^{\circ}$  выхлопной клапан, выталкивая отработавшие газы из цилиндра.

Далее цикл повторяется.

## 2 Энергетические установки на основе водорода

Одним из перспективных направлений решения проблем обеспечения электрической энергией потребителей в различных условиях применения являются топливные элементы.

Общими преимуществами топливных элементов перед другими источниками электропитания является высокая эффективность, отсутствие движущихся, а значит и трущихся частей, значительно меньший уровень шума, уровень выделения тепла и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду.

Но есть один существенный недостаток построения систем на основе водородных топливных элементов. Для получения электроэнергии требуется непрерывная подача в топливный элемент водорода. В настоящее время заправочные водородные станции на территории России, как и на территории других стран мира, не развиты. Это и обуславливает невозможность широкого распространения систем электропитания на основе водородных топливных элементов. В тоже время существует развитая сеть заправочных станций газом, бензином, дизельным топливом, керосином.

## 3 Общие недостатки энергетических установок

Проанализировав выше перечисленные двигатели внутреннего сгорания, можно выделить общие минусы:

1. Двигатели обладают не высокой степенью сжатия, что обуславливает необходимость использования насыщенными октановым числом горючие смеси и работу каждого из типов двигателя на определённом виде топлива.

2. Двигатели в своем составе имеют большое количество уплотнительных и масляесъемных колец, узлов трения, что снижает его ресурс и требует частого технического обслуживания.

3. Не развитая система заправочных станций (для энергетических установок на основе водорода).

Для улучшения технических характеристик и эксплуатационных возможностей двигателей внутреннего сгорания и создания двигателя внутреннего сгорания нового поколения необходимо решить следующие основные задачи:

- воспламенять любые существующие виды топлива;
- увеличить ресурс двигателя и снизить периодичность технического обслуживания.

Возможность самовоспламенения любых существующих видов топлива. У каждого из видов топлива существует своя температура самовоспламенения.

Температура самовоспламенения - это наименьшая температура горючего вещества, при нагреве до которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических объёмных реакций, приводящее к возникновению пламенного

горения или взрыва.

Температура самовоспламенения существующих видов топлива приведена в таблице 1.

Таблица 1. Температура воспламенения видов топлива

№	Название технического продукта	Температура самовоспламенения, °С
1	Водород	530-590
2	Метан	654-690
3	Пропан	530-588
4	Бензин	280-500
5	Дизель	220-300

При достижении указанных температур в камере сгорания двигателя возможно получить горение топлива и как следствие вращение коленчатого вала двигателя.

Увеличение температуры в камере сгорания возможно за счет повышения давления.

Проще говоря, если температура газа увеличивается, то и его давление тоже увеличивается, если при этом масса и объем газа остаются неизменными.

Это изохорический процесс термодинамики.

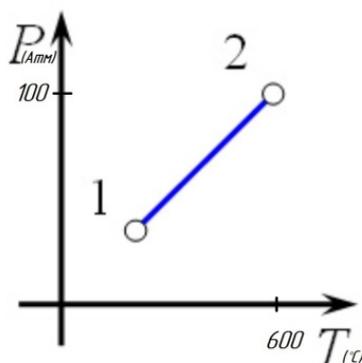
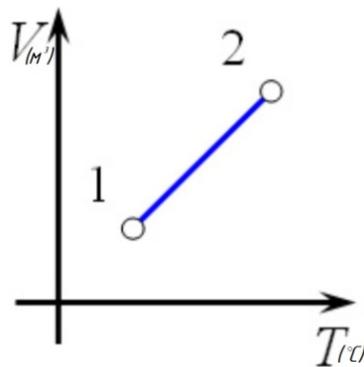


Рисунок 3 Изохорический процесс

Получив теоретически постоянный объем топливной смеси, возникает следующий вопрос.

При впрыскивании различной топливной смеси в камеру внутреннего сгорания, ее детонация будет происходить при различном давлении, но при этом поршень может или не дойти до ВМТ или уже перевалить ее не создав нужного давления. С этим вопросом нам поможет изобарный процесс термодинамики.



**Рисунок 4** Изобарный процесс

Из данного графика следует, что для решения вопроса о ДВС который сможет работать на всех видах топлива необходимо исследовать адаптивное изменение объёма камеры внутреннего сгорания, т.е необходимо менять объем камеры внутреннего сгорания.

Принципиально определить эти направления несложно. Для этого нужно припомнить, что геометрическая степень сжатия – это отношение максимального и минимального объема цилиндра, когда поршень находится в НМТ и ВМТ соответственно. Из приведенного выражения для  $\epsilon$  видно, что воздействовать на степень сжатия можно путем изменения объема камеры сжатия, рабочего объема двигателя или обоих параметров одновременно. Причем при постоянном рабочем объеме варьировать степень сжатия можно только за счет объема камеры сжатия.

Основные способы воздействия на высоту камеры сжатия :

- 1) изменение остова двигателя (расстояния от оси вращения коленвала до свода камеры сжатия);
- 2) изменение высоты поршня;
- 3) изменение длины шатуна;
- 4) изменение радиуса кривошипа.

#### 4 Увеличение ресурса двигателя внутреннего сгорания

В процессе работы двигателя происходит постепенный износ узлов трения, уплотнительных и маслосъемных колец. Данные детали постоянно подвергаются силам трения, имеют ограниченный ресурс и являются в свою очередь определяющими узлами двигателя внутреннего сгорания, ограничивающими его ресурс.

При построении двигателей внутреннего сгорания невозможно избежать деталей трения, но за счет улучшения эксплуатационных характеристик деталей, достижения новых критических режимов в парах трения, удастся значительно снизить силы трения и уйти от уплотнительных колец, без уменьшения степени сжатия, что в свою очередь увеличит ресурс двигателя. Тем самым уменьшится количество и номенклатура смазочных материалов и снизится периодичность технического обслуживания.

В настоящее время не существует однозначного технического решения по типу снижению сил трения в трущихся деталях и узлах двигателя внутреннего сгорания.

Для реализации технического решения по снижению сил трения в трущихся деталях двигателя внутреннего сгорания необходимо исследовать теоретические и технические решения по созданию технологии керамического покрытия.

**Вывод**

Для создания двигателей внутреннего сгорания нового поколения необходимо решить 3 задачи:

1. Получить высокую компрессию в цилиндрах ДВС.
2. Получить минимальные силы трения в цилиндропоршневой группе.
3. Получить адаптивное изменение объёма камеры сгорания.

Теоретические и технические решения данных задач необходимо рассматривать в рамках научно-исследовательской работы.

### **Список литературы**

1. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. Москва, 1984.

2. Карагодин В.И. Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей. Москва, 2001.

3. Роговцев В.Л., Пузанков А.Г., Олдфильд В.Д., Устройство и эксплуатация автотранспортных средств, Учебник. - Москва, 1996.

4. Хокинг «Металлические и керамические покрытия. Получение, свойства, применение.», Москва, 2000.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ ТЕПЛОВИЗОРА ГСП ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И СВЕТОВЫХ ФАКТОРОВ**

*А.А. Четвериков*, инженер конструктор, АО «СРЗ» КБ №62

*О.И. Вечтомов*, Гл. специалист-руководитель группы, АО «СРЗ» КБ №62

В данной статье рассмотрен принцип работы тепловизора. Представлены факторы, влияющие на работу тепловизора и пределы чувствительности матрицы тепловизора. Приведены методы защиты от влияния внешних факторов на тепловизор и методы восстановления матрицы тепловизора. Рассчитан экономический эффект от восстановления характеристик матрицы тепловизора.

*Ключевые слова:* исследование, тепловизор, температурное воздействие, болометр, болометрическая матрица тепловизора, световые факторы.

### **Введение**

Исследования в инфракрасном диапазоне частот электромагнитного спектра за последнюю четверть века привели к созданию разнообразной тепловизионной аппаратуры. Одним из примеров подобной аппаратуры является тепловизор - оптико-электронная система, формирующая из теплового (инфракрасного) излучения обследуемого объекта или места исследования визуально видимое изображение на дисплее монитора.

Возможность тепловизоров дистанционно оценивать температурные поля в реальном масштабе времени и без каких либо нарушений тепловой среды, неизбежных при использовании контактных датчиков температуры, позволило применить тепловизоры в гиросtabilизированных платформах (ГСП) в беспилотных летательных объектах.

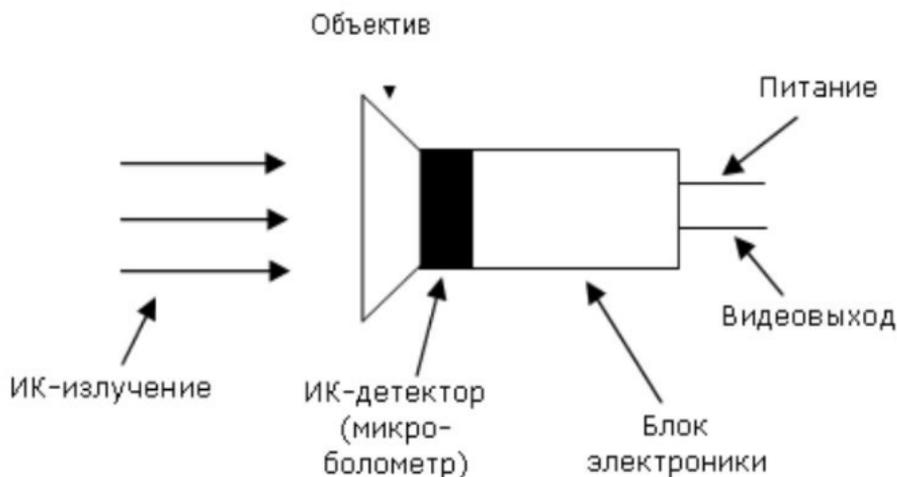
Увеличение чувствительности тепловизора привело к появлению проблем с дестабилизирующими воздействиями теплового и солнечного излучения.

### **1. Общий принцип работы тепловизора.**

Оптико-электронная система, формирующая из теплового (инфракрасного) излучения обследуемого объекта или места визуально видимое изображение на дисплее, называется тепловизором.

Принцип работы тепловизора основан на разнице температуры поверхности разных тел, отличиях в отражающей или поглощающей способности инфракрасного излучения различными материалами. К тому же, неравномерность нагрева одной и той же поверхности позволяет формировать картину распределения температуры на ней, ассоциируя определенный цвет на дисплее с конкретной температурой, при этом температурное разрешение

составляет величину от 0,05 до 0,1 градуса. Принцип работы тепловизора показан на рисунке 1.1.



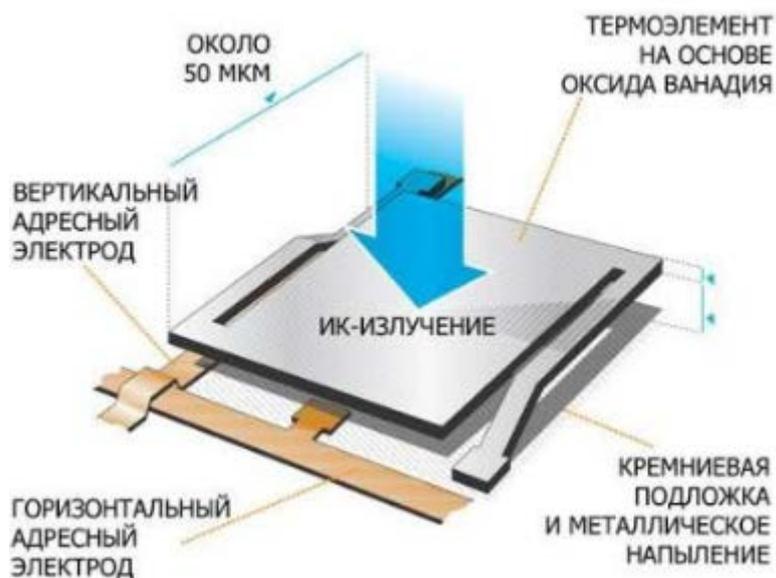
**Рисунок 1.1** Принципиальная схема тепловизора.

Особенности спектрального диапазона 8-14 мкм и 3-5,5 мкм, в котором работают тепловизоры, таковы, что приземные слои атмосферы наиболее прозрачны для данной длины волны, при этом обеспечивается наибольшая дальность наблюдения объектов, излучающих в диапазоне температур от минус 50 до 500 градусов. К тому же, в данном диапазоне наименьшие помехи вносят атмосферные метеоявления — туман, дождь, снег, дымы, хотя чувствительность тепловизора и снижается.

Чувствительным элементом тепловизора является матрица на ПЗС (прибор с зарядовой связью) - элементах — микросхема с двухмерным набором светочувствительных фотодиодов (приборов с зарядовой связью) — причем современное производство микроэлектроники позволяет выпускать весьма компактные устройства с низким энергопотреблением и высоким качеством изображения.

Для понижения цифрового шума ПЗС-матрицу необходимо охлаждать, что в тепловизорах осуществляется либо программно-аппаратными средствами, либо применена термоэлектрическая стабилизация.

Наиболее перспективное направление в создании тепловизоров является замена ПЗС-матриц на микроболометрические. Микроболометрические матрицы не требуют охлаждения и позволяют производить измерение сопротивления активных элементов матрицы во всем диапазоне ИК-излучений с высокой точностью. Схема микроболометрической матрицы показана на рисунке 1.2.



**Рисунок 1.2** Схема микроболومترической матрицы (МБМ).

## 2. Факторы, влияющие на работу тепловизора ГСП

Факторами влияющим на работу тепловизора является: избыточное солнечное и тепловое излучение.

В связи с техническими особенностями особенности тепловизора, его рекомендуется использовать в облачную погоду или в ночное время. Обосновано это тем, что солнечная радиация нагревает матрицу тепловизора. Кроме этого, участки исследуемого объекта с высокой отражательной способностью способны создать иллюзию о наличии высоких температур в местах измерения. Если все же есть необходимость произвести съемку в солнечную погоду, то рекомендуется делать это из нескольких диаметрально противоположных точек.

Не следует пользоваться тепловизором во время дождя, тумана или выпадения мокрого снега, т.к. капли воды рассеивают тепловое излучение и охлаждают поверхность объекта. Контроль допускается проводить при небольшом снегопаде с сухим снегом или легком морозящем дожде. При подобных погодных условиях также немаловажным фактором является расстояние до контролируемого объекта. Чем больше расстояние между тепловизором и объектом, тем больше рассеивается поток теплового излучения.

На коэффициент излучения большое влияние имеет угол визирования - это угол, под которым расположен прибор к поверхности исследуемого объекта. Максимальное значение излучения наблюдается в перпендикулярном направлении. Увеличение угла визирования приводит к резкому уменьшению потока излучения, принимаемого тепловизионным прибором. Поэтому считается, что угол визирования не должен превышать  $60^\circ$ .

В то же время при визировании объекта с «гладкой» поверхностью по нормали к ней можно увидеть отражение излучения самого оператора.

Коэффициент излучения также зависит от длины волны. Например, вода на длине волны излучения 10 мкм близка к АЧТ (абсолютно черное тело) при наблюдении по нормали к ее поверхности и становится зеркалом ( $\epsilon = 0$ ) при наблюдении по касательной [2].

Так же следует отметить отрицательное влияние на работу тепловизора прямых солнечных лучей. В следствие этого частично повреждается микроболометрическая матрица тепловизора.

### **3. Пределы чувствительности матрицы тепловизора.**

В современных тепловизорах используются болометрические приемники. Болометр представляет собой резистор, у которого изменяется сопротивление в зависимости от мощности падающего на него теплового потока. Из элементарных болометров формируются болометрические матрицы. Спектральная чувствительность таких матриц в диапазоне от 1 до 14 мкм одинакова.

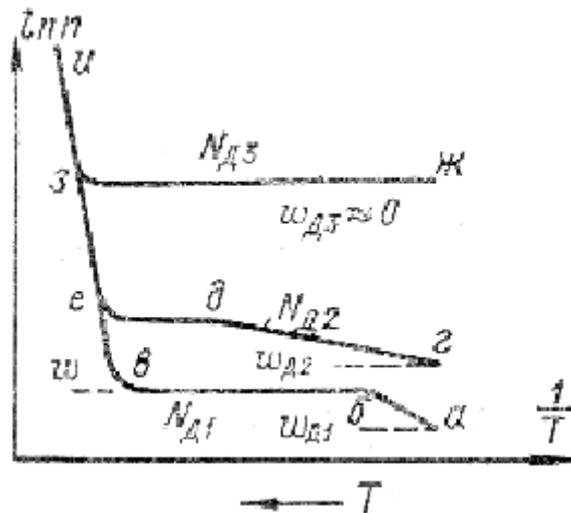
Болометрические матрицы отличаются сравнительно большой неоднородностью параметров и характеристик элементарных микроболометров в матрице, нелинейностью их характеристик, высоким уровнем шумов и низкой по сравнению с фотонными приемниками обнаружительной способностью. Для существенного улучшения качества изображения в тепловизионных системах на основе микроболометрических матриц требуются специальные алгоритмы калибровки, усреднения, накопления, замещения дефектных элементов матрицы, компенсации шумов, повышения контраста. Им также требуются специальные средства компенсации собственного теплового излучения и обработки измеренных значений. Постоянная времени болометров изменяется от  $10 \pm 1$  до  $10 \pm 3$  с. (меньшая для матриц на основе аморфного кремния и больше для матриц на основе оксида ванадия).

Таким образом, измерительные свойства тепловизора на микроболометрической матрице напрямую зависят от программных и технических решений конкретного производителя. Предел чувствительности для неохлаждаемых микроболометрических матриц соответствует  $0,08^\circ\text{C}$ . Чувствительность выше этого значения, о которой заявляют некоторые производители, является лишь следствием корректности методик ее определения. Главным достоинством неохлаждаемых микроболометрических матриц является отсутствие охлаждения и одинаковая спектральная чувствительность в практически применяемом диапазоне.

**4. Какие химические и физические изменения происходят при повреждении и восстановлении болометрической матрицы в тепловизоре.**

Болометрическая матрица состоит из полупроводников n-типа. Рассмотрим влияние температуры, света на электропроводность полупроводника.

В широком диапазоне температур и для различного содержания примесей имеют место температурные зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике n-типа, изображенные на рисунке 4.1.

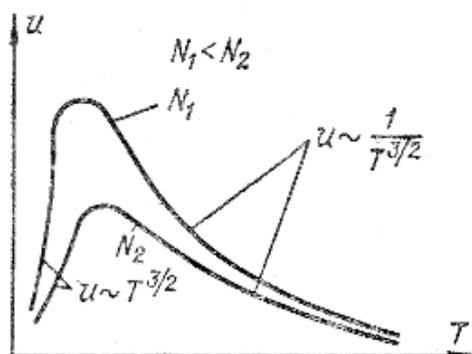


**Рисунок 4.1** типичные зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике от температуры при различной концентрации донорной примеси

В области низких температур участок нижней ломаной между точками *a* и *б* характеризует только концентрацию носителей, обусловленную примесями. Наклон прямой на этом участке определяется энергией активации примесей. С увеличением температуры число носителей, поставляемых примесями, возрастает, пока не истощатся электронные ресурсы примесных атомов (точка *б*). На участке *б – в* примеси уже истощены, перехода электронов через запрещенную зону еще не обнаруживается. Участок кривой с постоянной концентрацией носителей заряда называют областью истощения примесей. В дальнейшем температура настолько велика, что начинается быстрый рост концентрации носителей вследствие перехода электронов через запрещенную зону (участок *в – и*). Наклон этого участка характеризует ширину запрещенной зоны полупроводника. Угол наклона участка *а – б* зависит от концентрации примесей.

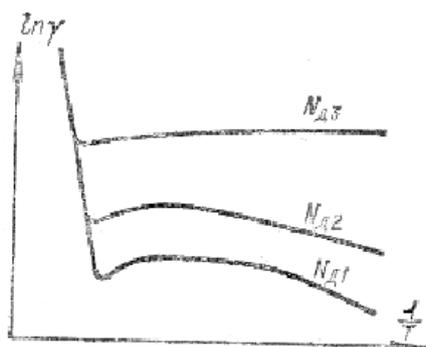
Вторая компонента, обуславливающая электропроводность полупроводников – подвижность носителей заряда. При повышении температуры энергия электронов, а следовательно, и подвижность увеличивается. Но, начиная с некоторой температуры *T* усиливаются колебания узлов кристаллической решетки полупроводника, которые мешают

перемещению свободных носителей зарядов. Следовательно, их подвижность падает (рис.4.2.)



**Рисунок 4.2** Зависимость подвижности носителей заряда в полупроводниках от температуры.

Рассмотрев влияние температуры на концентрацию и подвижность носителей заряда, можно представить и характер изменения удельной проводимости при изменении температуры (рис.4.3).



**Рисунок 4.3** Кривые зависимости удельной проводимости полупроводников от температуры при различных концентрациях примеси ( $N_{д1} > N_{д2} > N_{д3}$ ).

В ПП с атомной и ионной кристаллической решеткой подвижность меняется при изменении температуры сравнительно слабо ( по степенному закону), а концентрации – очень сильно ( по экспоненциальному ). Поэтому температурная зависимость удельной проводимости похожа на температурную зависимость концентрации. В области истощения (концентрация постоянна) изменение удельной проводимости обусловлено температурной зависимостью подвижности (рис.4.3).

При  $T=0K$  электроны не обладают подвижностью, поэтому ПП становятся диэлектриками.

**Световая энергия**, поглощаемая полупроводником, вызывает появление в нем избыточного (по сравнению с равновесным при данной температуре) количества носителей зарядов, приводящего к возрастанию электропроводности.

**Фотопроводимостью** называют увеличение электрической проводимости вещества под действием электромагнитного излучения.

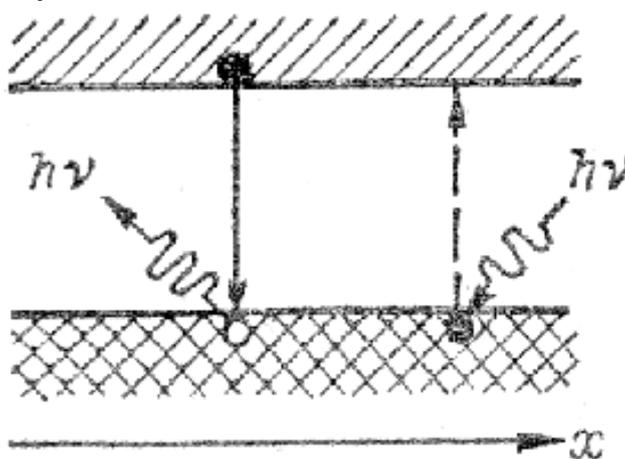
Изменение электрических свойств полупроводника под действием электромагнитного излучения носит временный характер. После прекращения облучения проводимость более или менее быстро возвращается к тому значению, которое она имела до облучения. У одних полупроводников это длится микросекунды, у других измеряется минутами и, даже, часами. Знание инерционности фотопроводимости различных полупроводниковых веществ важно при разработке, например, фоторезисторов, к которым предъявляются высокие требования в отношении их быстродействия.

Кроме того, по скорости возрастания или затухания фотопроводимости соответственно после включения или выключения света, можно определить время жизни  $t_0$  неравновесных носителей заряд в ПП.

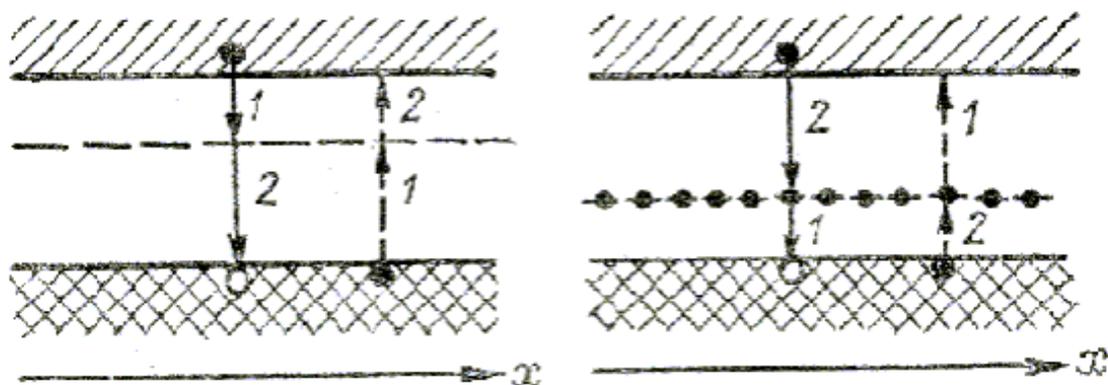
Когда мы рассматривали концентрацию носителей заряда в примесном полупроводнике, мы имели в виду равновесную концентрацию, т.е. когда число свободных носителей заряда равно числу ионов примеси.

Под действием различных энергетических воздействий может возникнуть неравновесная концентрация зарядов, т.е. образование дополнительных электронно-дырочных пар. После прекращения этого воздействия электроны и дырки рекомбинируют, и концентрация вновь становится равновесной.

Процесс рекомбинации электронов и дырок может происходить либо прямым путем из зоны в зону, либо косвенным, через локальные энергетические уровни в запрещенной зоне, называемые центрами рекомбинации или ловушками, либо косвенным, через локальные энергетические уровни в запрещенной зоне, называемые центрами рекомбинации или ловушками.



**Рисунок 4.4** Прямая рекомбинация и рекомбинация.



**Рисунок 4.5** Косвенная рекомбинация, через незаполненные уровни и заполненные.

Второй механизм рекомбинации более вероятен, т.к. здесь движется только один носитель заряда, и вероятность сближения их на расстояние, при котором возможна рекомбинация (более 0,1 нм), значительно выше, чем в случае, когда оба носителя заряда перемещаются по кристаллу.

Ловушки создаются примесями, имеющими энергетические уровни вблизи середины запрещенной зоны полупроводника. Это медь, никель, кобальт, золото. Дефекты решетки, донорные и акцепторные примеси также могут создавать центры рекомбинации.

Итак, время жизни неравновесных носителей зарядов  $t_0$  – время, за которое концентрация их в полупроводнике убывает в 2.7 раза.

Расстояние, на котором в однородном полупроводнике при одномерной диффузии в отсутствие электрического и магнитного полей избыточная концентрация неравновесных носителей уменьшится в 2.7 раза, т.е. среднее расстояние, на которое носители диффундировали за время жизни, называется диффузионной длиной.

Решая уравнение диффузии, можно получить выражение, связывающее диффузионную длину с временем жизни:

$$L_n = \sqrt{D} \times t_n$$

$$L_p = \sqrt{D} \times t_p$$

где  $D$  – коэффициент диффузии носителей заряда соответствующего типа.

Под воздействием «засвета» от прямых солнечных лучей происходит возрастание роста числа носителей заряда, т.к. под влиянием поля они более легко освобождаются тепловым возбуждением. При дальнейшем росте поля может появиться механизм ударной ионизации, приводящий к разрушению структуры полупроводника.

## **5. Методы защиты от влияния внешних факторов на тепловизор.**

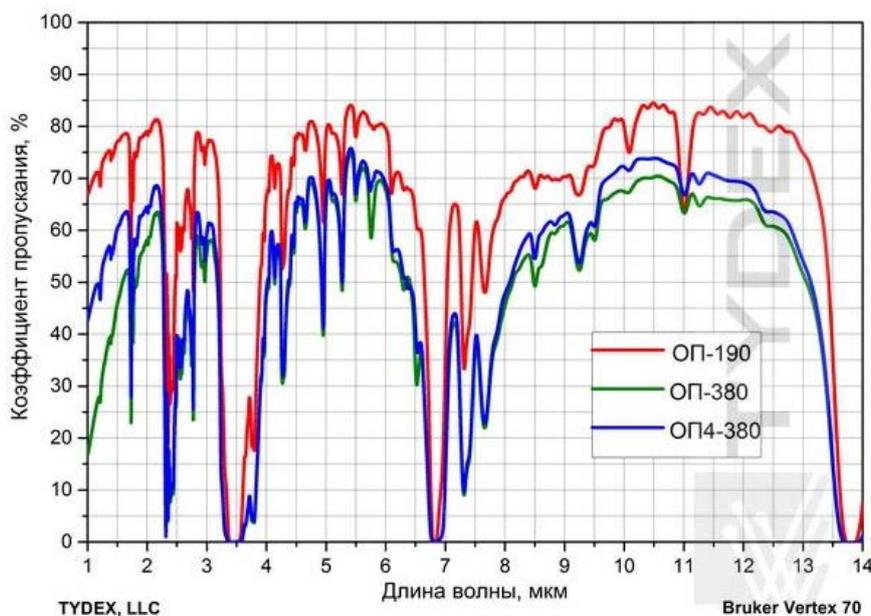
Для предварительной защиты от «засветов» болометрической матрицы от солнечного излучения применяется оптическая пленка ОП 190, не пропускающая

ультрафиолетовое излучение. На рисунке 5.1. представлен пример защитной пленки для тепловизора типа ОП 190



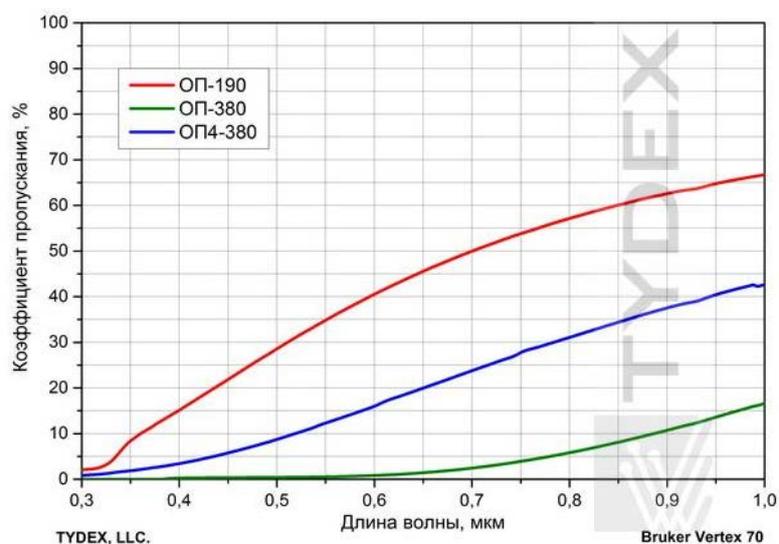
**Рисунок 5.1** Оптическая пленка ОП 190.

Уровни пропускания во втором атмосферном окне прозрачности 8-13 микрометров пленки ОП 190 показаны на рисунке 5.2



**Рисунок 5.2** Спектр пропускания ИК пленок для БПЛА в диапазоне от 1 до 14 мкм.

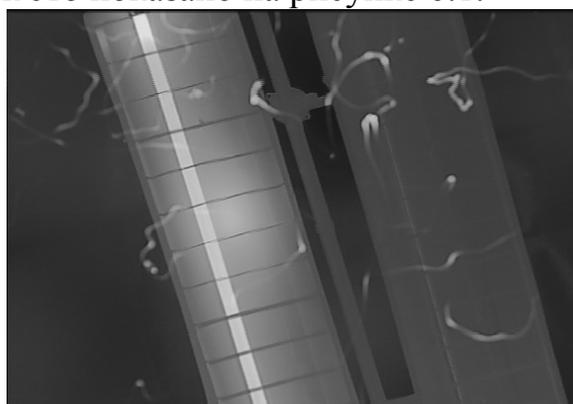
Прозрачность плёнок в районе первого атмосферного окна также достаточно высока, но перекрывает его лишь частично и сдвинута в длинноволновую часть спектра от 4 до 6.5 микрометров. Уровень прозрачности этих плёнок в видимой части спектра составляет от нескольких до пятидесяти процентов в зависимости от типа (см. рис. 5.3).



**Рисунок 5.3** Спектр пропускания ИК пленок для БПЛА в видимом диапазоне.

## 6. Методы восстановления матрицы тепловизора.

При работе с тепловизором, возможно попадание в объектив прямых солнечных лучей, а также воздействие излучения от ярких источников света. Это приводит к частичному повреждению болометрической матрицы, установленной в тепловизоре, что проявляется в появлении артефактов на видеоизображении, как это показано на рисунке 6.1.



**Рисунок 6.1** Изображение с тепловизора, подвергнувшегося воздействию прямых солнечных лучей.

Если после воздействия солнечного излучения были выявлены артефакты, подобные тем что изображены на рисунке 6.1, то для их устранения необходимо предпринять следующие действия:

установить на объектив тепловизора защитный колпачок, поставляемый в комплекте с тепловизором, и зафиксировать его с помощью липкой ленты либо изолянт. Это позволит избежать попадание дневного света в объектив;

поместить тепловизор в термокамеру с установленным значением температуры  $(50 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ ;

подать на тепловизор питающее напряжение  $(4,3 \pm 0,2) \text{ В}$ ;

выдержать тепловизор в термокамере, во включенном состоянии, в течение 24 часов;

если после проведения данной процедуры дефект не будет устранен, необходимо повторить цикл прогона в термокамере.

Так же предлагается проводить методику термообработки тепловизора в термокамере при температуре  $(65\pm 5)$  °С в течение 2 часов.

#### **7. Экономический эффект от метода восстановления тепловизора.**

Экономический эффект определяется как разница между ценой тепловизора (490 т.р.) и ценой восстановления. В нее входят затраты на электроэнергию при термической обработке, зарплату рабочим и накладные расходы (ориентировочно 50 т.р.).

Итого: экономический эффект от метода восстановления 1-го тепловизора составляет ориентировочно 440 т.р.

### **Заключение**

В работе указана проблема, которая зависит от факторов, влияющих на работу матрицы тепловизора. Проведено исследование химических и физических изменений, происходящих при повреждении и восстановлении болометрической матрицы в тепловизоре. Предложены возможные методы защиты от влияния внешних факторов на тепловизор и методы восстановления матрицы тепловизора при ее повреждении. Рассчитан экономический эффект от восстановления и защиты матрицы тепловизора.

### **Список литературы**

1. Fluke Corporation Введение в термографию, Fluke Corporation, American Technical Publishers, Inc., The Snell Group, Orland Park, Иллинойс, 2009, - 68 с.
2. Афонин А. В. Инфракрасная термография в энергетике Афонин А.В. и др. под ред. Ньюпорта Р.К., Таджибаева А.И., Т. 1 Основы инфракрасной термографии. – СПб.: Изд. ПЭИПК, 2004 г. – 240 с.: ил.
3. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009, -544 с.: ил.
4. Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС РОССИИ» «Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ» РД 153-34.0-20.363-99, 1999 г., - 136 с.
5. <http://www.mnpo-spektr.ru/articles/princip-raboti-teplovizora.html>
6. <https://studfile.net/preview/2534540/page:3/>
7. <http://www.tydexoptics.com/>

## **СТРУКТУРА НАЗЕМНОГО ОТКРЫТОГО СЕГМЕНТА СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ В ВАИ И СВОЙСТВА ЕЁ ОЦЕНКИ**

*Шаимов Александр Юрьевич*, инженер-конструктор 3 категории,  
КБ «Радиосвязь»

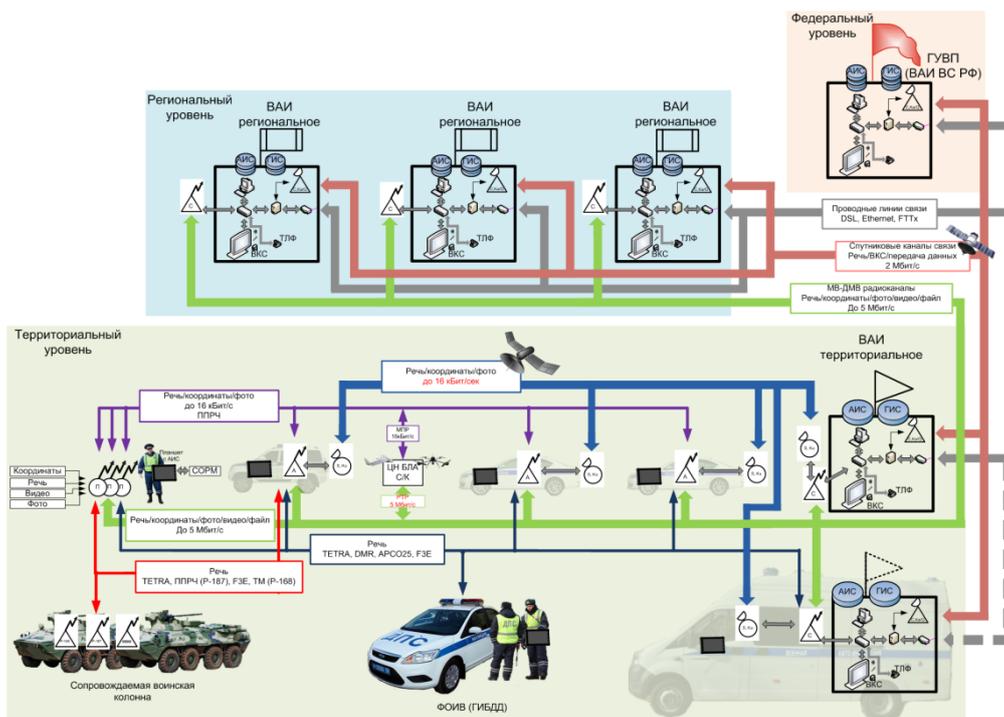
### **Аннотация**

Связь является основным средством управления воинскими подразделениями и их техническими средствами. Она предназначена для обмена информацией в системах управления в вооружённых силах. В данной статье будет кратко рассмотрен возможный вариант открытого наземного сегмента спутниковой связи ВАИ, разрабатываемой в ОКР «Сатурн».

### **Ключевые слова**

*Военная автомобильная инспекция (ВАИ), спутниковая связь, наземная открытая часть, свойства системы*

Военная автомобильная инспекция Вооружённых Сил Российской Федерации (ВАИ) является структурным подразделением Главного управления военной полиции Минобороны России, предназначенным для организации обеспечения безопасности дорожного движения в Вооружённых силах РФ, координации движения воинских колонн, а также контроль использования средств передвижения вооружённых сил. В настоящее время сети связи направлены на гарантированную передачу различных типов пакетных данных (видео, фото и т.п.) и речевых сообщений. Структура информационного взаимодействия представлена на рисунке 1, она подразделена на три уровня: федеральный, региональный и территориальный. Территориальный уровень самый нижний уровень иерархии – здесь происходит непосредственно связь между сопровождаемой воинской колонной, инспекторами ГИБДД на блок-постах.



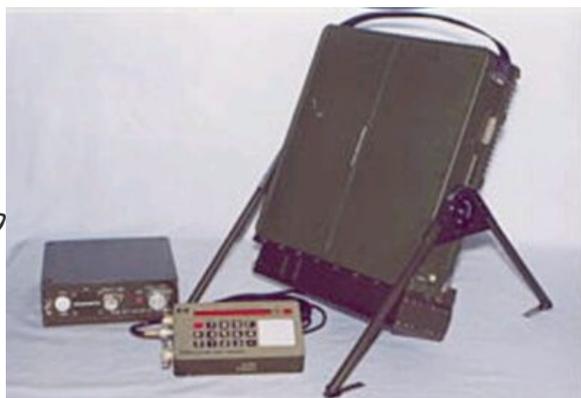
**Рисунок 1** Схема информационного взаимодействия систему управления «Сатурн со стационарным комплектом открытого сегмента

Пункты управления расположены в вышестоящих уровнях, и координируют действия территориальной части. Основным типом связи является радиосвязь на частотах 220 МГц (МВ диапазон) и от 220 до 520 МГц (ДМВ диапазон), но также предусматривает для бесперебойной работы спутниковую связь в Кай Q диапазонах (от 10 до 30 ГГц).

Спутниковый сегмент подразумевает в себя использование следующих радиостанций: на федеральном и региональных уровнях - Р-448 «Аурига» (Рисунок 2), на территориальном – Р-438-МК-МС.



А)



Б)

**Рисунок 2** Внешний вид Р-448 «Аурига» (А), внешний вид Р-438-МК-МС (Б)

Перечень услуг. Линия связи между пунктами управления предусматривает следующие типы услуг:

- 1) Организация и проведение видеоконференцсвязи;
- 2) Организация и проведение телефонной связи;
- 3) Обеспечение информационного обмена между пунктами

управления;

При использовании спутниковых каналов связи возникают разного рода проблемы, неприсущие наземным линиям связи, например, небольшая скорость передачи информации. Для предварительной оценки спутниковой линии связи используют следующие свойства систем: завершенность, устойчивость, восстанавливаемость, доступность или готовность.

Завершённость – свойство системы не попадать в состояние отказов, вследствие ошибок принимаемых и передаваемых данных. Характеризуется интенсивностью ошибок.

$$\lambda_0 = \frac{N_0}{N \cdot t} \cdot K, \text{ где}$$

$\lambda_0$  – интенсивность ошибок;

$N_0$  – число обнаруженных ошибок за время  $t$ ;

$N$  – общее число переданной информации;

$K$  – коэффициент, учитывающий тип системы.

Устойчивость – свойство системы поддерживать необходимый заданный уровень функционирования к различным ошибкам и дефектам (возникают в основном из-за сбоя технических средств).

Восстанавливаемость системы – свойство, в случае отказа возобновлять требуемый уровень работы, а также повреждённые данные. Обычно для восстановления системы, её достаточно перезапустить, однако, при этом обрабатываемые данные в процессе отказа, могут быть потеряны.

Доступность или готовность – свойство ПО быть в состоянии выполнять требуемую функцию в данный момент времени при заданных условиях использования.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_v}, \text{ где}$$

$T_o$  – средняя наработка на ошибку;

$T_v$  – время восстановления системы.

Таким образом в данной статье кратко изложена структура ВАИ, состав наземной части спутниковой связи, а также приведены свойства спутниковой системы для первоначальной оценки (для этапа эскизного проекта).

### **Список литературы**

1. Аппаратура радиосвязи, радиовещания и телевидения. - М.: Экос, 2009.
2. Борисов, В. И. Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной подход / В.И. Борисов, В.М. Зинчук. - М.: РадиоСофт, 2009.
3. Машбиц, Л. М. Зоны обслуживания систем спутниковой связи / Л.М. Машбиц. - М.: Радио и связь, 2012.
4. Системы спутниковой связи под ред. Л.Я. Кантора: Учеб.пособие для вузов. - М.: Радио и Связь, 1992.

## «РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ «ALTIUM DESIGNER» В СОПРЯЖЕНИИ С КИС «ОМЕГА» ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ»

*Е.Н. Щипицын*, инженер 2 категории, АО «СРЗ» КБ №62

*О.А. Маслов*, начальник бюро-главный специалист по разработке печатных плат АО «СРЗ» КБ №62

В представленной статье будут рассмотрены отличия создания и ведения баз данных САПР «P-CAD» и «Altium Designer», текущая ситуация применения, а также их взаимодействие с корпоративной информационной системой «Омега» в АО «СРЗ».

*Ключевые слова:* элементная база «Altium Designer», КИС «Омега», база данных в MS SQL Server Management Studio.

### Введение

Каждый инженер знает, что разработка электронного изделия является высоко детализированным и многошаговым процессом. От идеи проекта до работающего модуля на базе печатной платы, готовой для её установки в предназначенное место, приходится решать массу задач для завершения работ и иметь благоприятные возможности для расхода времени и денег. Помимо этого, инженер должен согласовать конструкцию с технологическими возможностями производства. Только при использовании наиболее современных методов проектирования можно выдержать конкуренцию и сделать вклад в успех АО «СРЗ».

«Altium Designer» предлагает уникальную проектную среду во всех областях проектирования - от ввода исходных данных до генерации выходной информации для изготовления печатной платы – и всё это в одной среде при поддержке интеграционной платформы DXF (открытый формат файлов для обмена графической информацией между приложениями САПР). Эта система поддерживает отображение и редактирование различных проектных документов, различного типа, её среда полностью персонифицируется, позволяя вам нестандартное перераспределение ресурсов системы.

«Altium Designer» предоставляет инженерам конструкторам, разработчикам встроенного программного обеспечения и опытным инженерам оптимизировать затраты на разработку продукта и значительно сократить цикл проектирования и моделирования, повысить качество и технико-экономический уровень результата проектирования. На АО «Сарапульский Радиозавод» для разработки печатных плат в настоящее время применяются две программы проектирования:

- P-CAD 2006
- Altium Designer

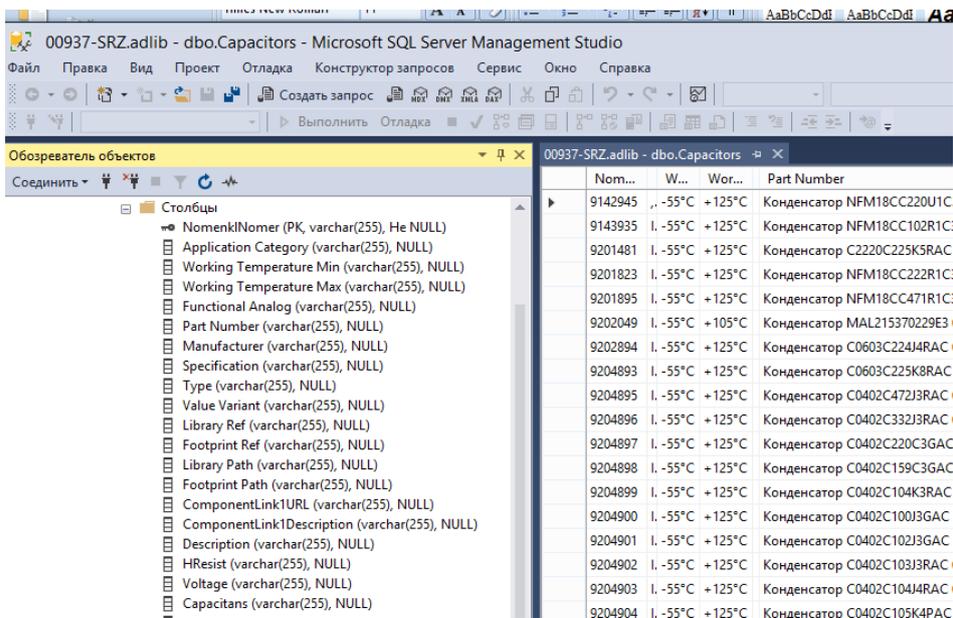
Обе этих программы разработаны австралийской компанией Altium, но в 2008 году фирма заявила о прекращении поставки программных пакетов P-CAD и предложила пользователям другой продукт – Protel, в дальнейшем переименованный в «Altium Designer». Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность разработки на разных этапах проектирования.

В представленной статье будут рассмотрены отличия создания и ведения, текущая ситуация применения баз данных САПР «P-CAD» и «Altium Designer», а также их взаимодействие с корпоративной информационной системой «Омега» в АО «СРЗ»

**Создание и ведение единой элементной базы как важный процесс разработки печатных плат в среде «Altium Designer».**

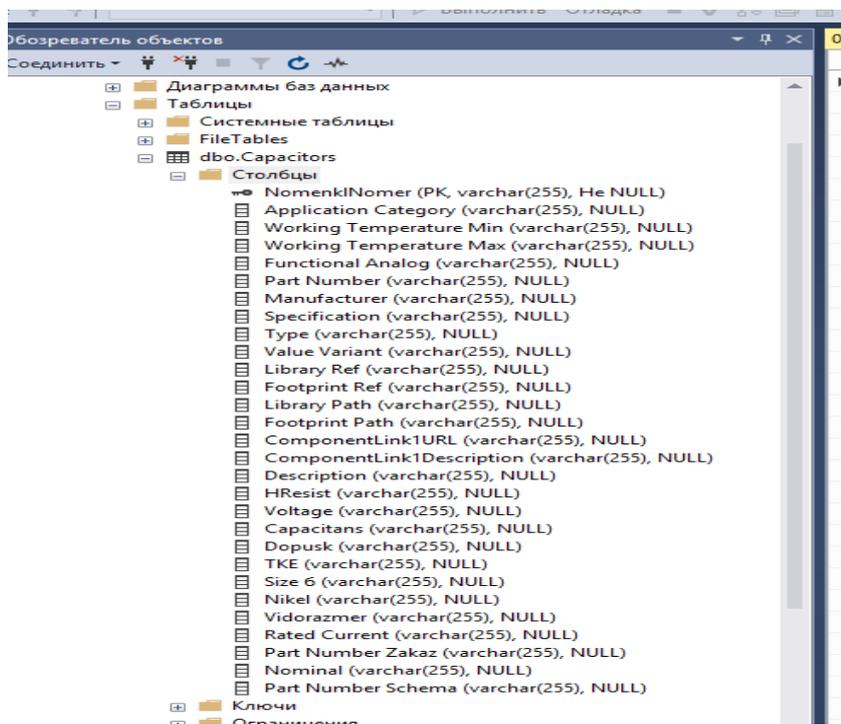
База данных это важная часть информационного обеспечения (совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования) при использовании САПР (Систем Автоматизированного Проектирования).

Создание элементной базы в АО «СРЗ» производится в среде Microsoft SQL Server Management Studio версии 14.0.17289.0, где для каждого элемента прописаны его характеристики, краткое описание, наименование, тип исполнения, производитель, диапазон рабочих температур, посадочное место и условное графическое (схемное) обозначение, названия PDF-файлов описания элементов, этими данными могут пользоваться инженеры-схемотехники, инженеры-топологи, инженеры-механики; обозначены директории хранения этих данных, а также указано название и номенклатурный номер для заказа у поставщиков элементов (рис.1). Находится база данных на сервере АО «СРЗ» в отд.47. Доступ к ней есть у всех желающих, с установленным «Altium Designer», права администратора имеет один инженер отд.62., сделано это для того, чтобы никто не мог исправлять характеристики элементов, так как они используется во всех созданных проектах, а какое-либо изменение коснется любого из них.

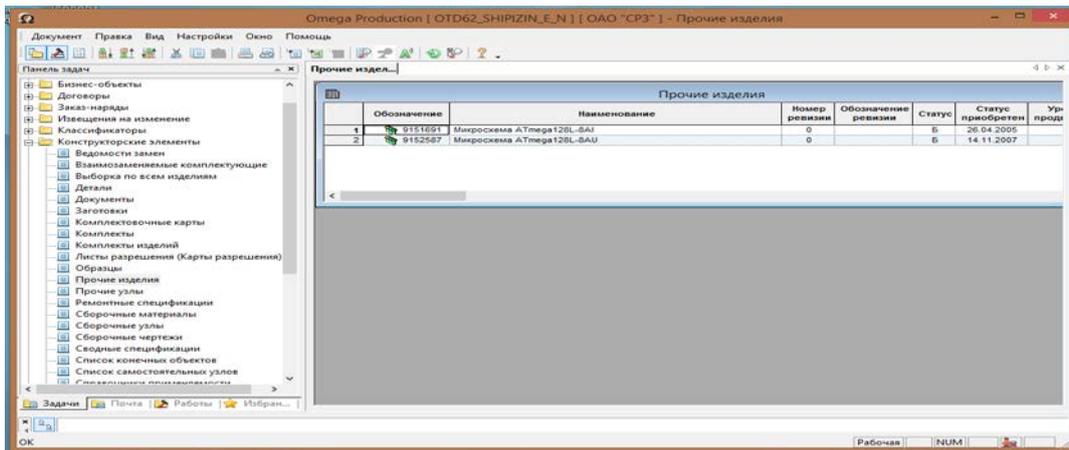


**Рисунок 1** Общий вид базы данных выполненный в программе Microsoft SQL Server Management Studio

В процессе администрирования происходит внесение в базу данных значения всех характеристик элемента (рис.2), присвоение, либо использование уже существующего уникального номенклатурного номера (рис.3) элемента (в этой части работы исполняются в КИС «Омега», инженерами отд.47), разработка посадочного места, поиск и присоединение 3D-модели, PDF-файлов (с использованием сети Internet на ПК отд.65), создание УГО (условного графического обозначения) для принципиальных электрических схем.



**Рисунок 2** Перечень характеристик элемента заносимых в базу данных на примере библиотеки конденсаторов.



**Рисунок 3** Использование данных корпоративной информационной системы «Омега» .

Для ускорения процесса администрирования базы данных были написаны протоколы автозаполнения некоторых наименований компонентов (рис.4).

```

Запросы для AD.sql...ищизин Е.Н (114) - X 00937-SRZ.adlib - dbo.Capacitors
where [Part Number] = ''

/* Заполнение пустых наименований компонентов РЕЗИСТОРОВ (Part Number Schema) */
UPDATE Resistors SET [Part Number Schema] = [Nominal]

/* Заполнение пустых наименований компонентов МИКРОСХЕМ (Part Number) */
UPDATE ICs SET [Part Number] = 'Микрохема' + ' ' + [Type] + [Value Variant] +
CASE WHEN [Specification] IS NOT NULL AND [Specification] != '' THEN ' ' + [Specification] ELSE '' END +
CASE WHEN [Manufacturer] IS NOT NULL AND [Manufacturer] != '' THEN ' ' + [Manufacturer] ELSE '' END
where [Part Number] = ''

/* Заполнение пустых наименований компонентов МИКРОСХЕМ (PartNumberSchema) */
UPDATE ICs SET [PartNumberSchema] = [Type] + [Value Variant]

/* Заполнение пустых наименований компонентов ИНДУКТИВНОСТЕЙ (Part Number) */
UPDATE Inductors SET [Part Number] = 'Индуктивность' + ' ' + [Type] + [Value Variant] +
CASE WHEN [Specification] IS NOT NULL AND [Specification] != '' THEN ' ' + [Specification] ELSE '' END +
CASE WHEN [Manufacturer] IS NOT NULL AND [Manufacturer] != '' THEN ' ' + [Manufacturer] ELSE '' END
where [Part Number] = ''

UPDATE Inductors SET [Part Number Zakaz] = 'Индуктивность' + ' ' + [Type] + [Value Variant] +
CASE WHEN [Specification] IS NOT NULL AND [Specification] != '' THEN ' ' + [Specification] ELSE '' END
where [Part Number Zakaz] = ''

/* Заполнение пустых наименований компонентов ИНДУКТИВНОСТЕЙ (PartNumberSchema) */
UPDATE Inductors SET [PartNumberSchema] = [Inductance]

/* Заполнение пустых наименований компонентов РАЗНОЕ (Part Number) */
UPDATE Miscellaneous SET [Part Number] =[Type] + [Value Variant] +
CASE WHEN [Specification] IS NOT NULL AND [Specification] != '' THEN ' ' + [Specification] ELSE '' END +
CASE WHEN [Manufacturer] IS NOT NULL AND [Manufacturer] != '' THEN ' ' + [Manufacturer] ELSE '' END
where [Part Number] = ''

/* Заполнение пустых наименований компонентов РАЗНОЕ (Part Number Schema) */
UPDATE Miscellaneous SET [Part Number Schema] =[Type] + [Value Variant]

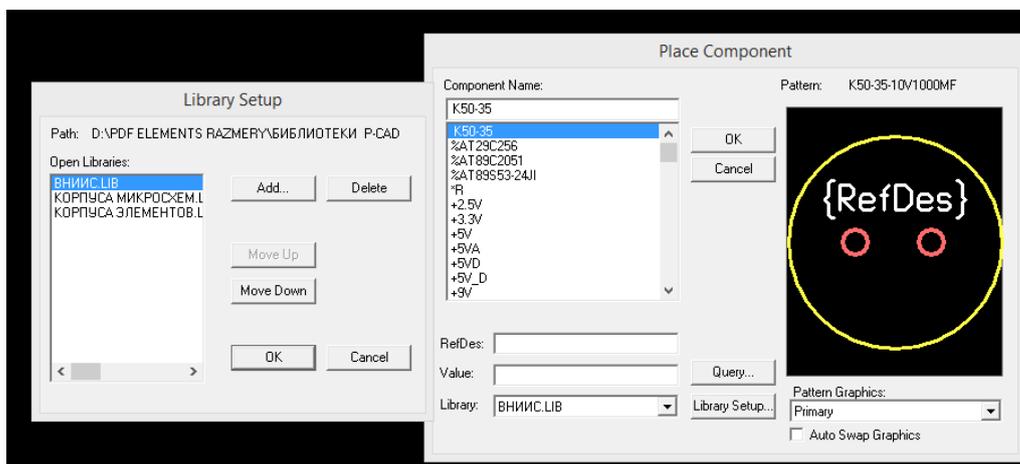
```

**Рисунок 4** Протоколы (скрипты) автозаполнения некоторых наименований компонентов в MS SQL Server Management Studio.

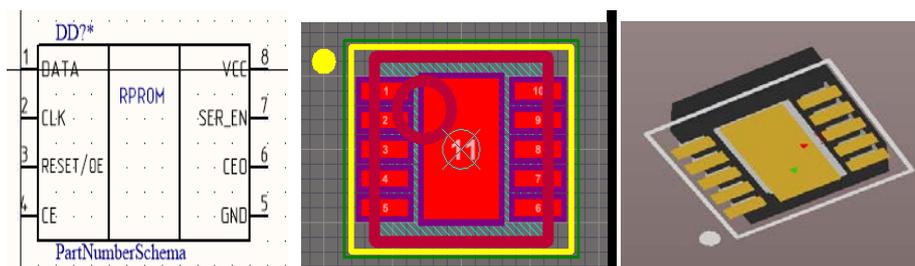
### Существенные отличия создания и ведения баз данных «P-CAD» и «Altium Designer».

Принципиальным отличием ведения базы «Altium Designer» от базы «P-CAD» является то, что она находится на сервере предприятия и доступна для использования всем сотрудникам АО»СРЗ», в то время как база данных «P-

«P-CAD» разрабатывается каждым инженером на своем рабочем месте и используется индивидуально. Важно отметить, также, что «P-CAD» использует в своей работе не одну базу данных, а целый ряд библиотек (рис 5) предназначенных для различных целей. База данных «Altium Designer» создается в соответствии с ГОСТами, правилами ЕСКД, содержит в себе полное описание элемента: посадочное место, 3D модели, УГО элемента, (рис 6) PDF-файл с характеристиками и т.д.



**Рисунок 5** Выбор одной библиотеки из списка для работы в «P-CAD»PCB.



**Рисунок 6** УГО элемента, посадочное место, 3D модель.

Еще одним отличием в использовании «Altium Designer» является применение его прорисовка позволяет в дальнейшем наносить на плату контуры, позиционное обозначение, любую другую информацию об элементах в виде шелкографии (рис 7). Это связано с тем, что производственные мощности АО «СРЗ» не позволяли наносить шелкографию на печатные платы, поэтому создаваемые базы данных P-CAD не использовали эту возможность. В условиях современной реальности, когда изготовители печатных плат предоставляют использование шелкографии, создание посадочного места элемента должно вестись с использованием слоя Top overlay, для более визуально-понятного монтажа элементов на печатной платы.

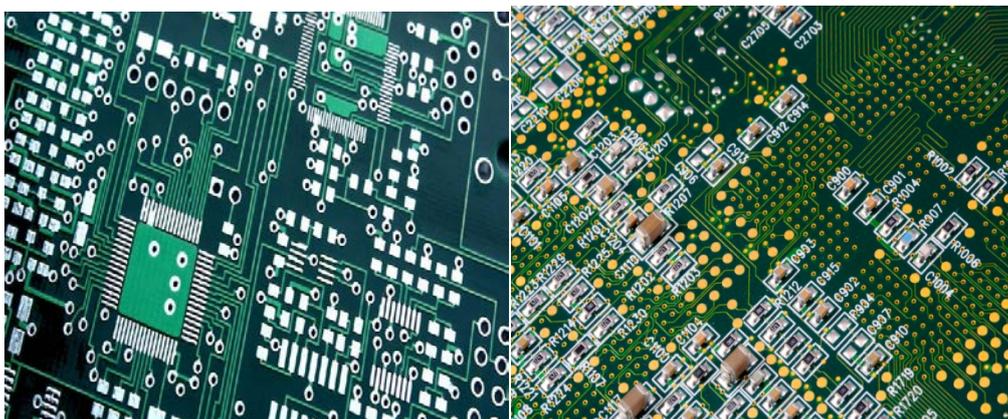


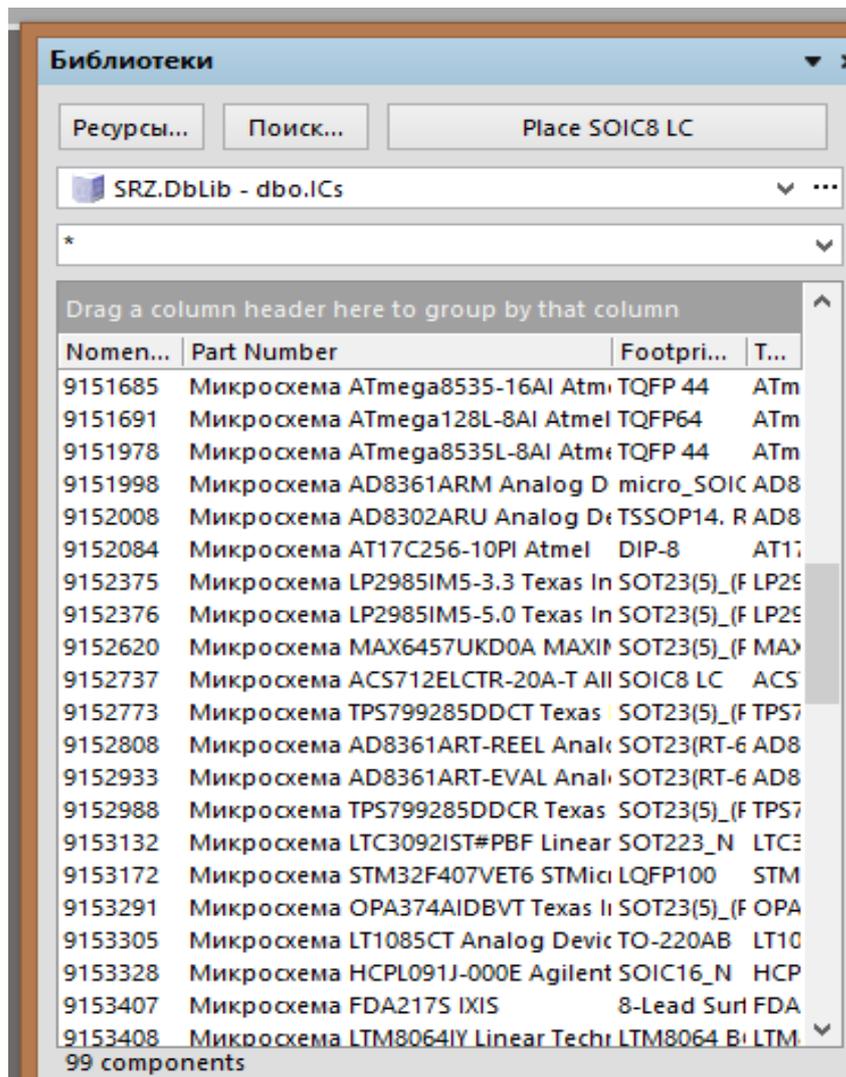
Рисунок 7 – Изображения плат без шелкографии и с ее нанесением.

### **Работа с базой элементов «Altium Designer» в сопряжении с корпоративной информационной системой «Омега».**

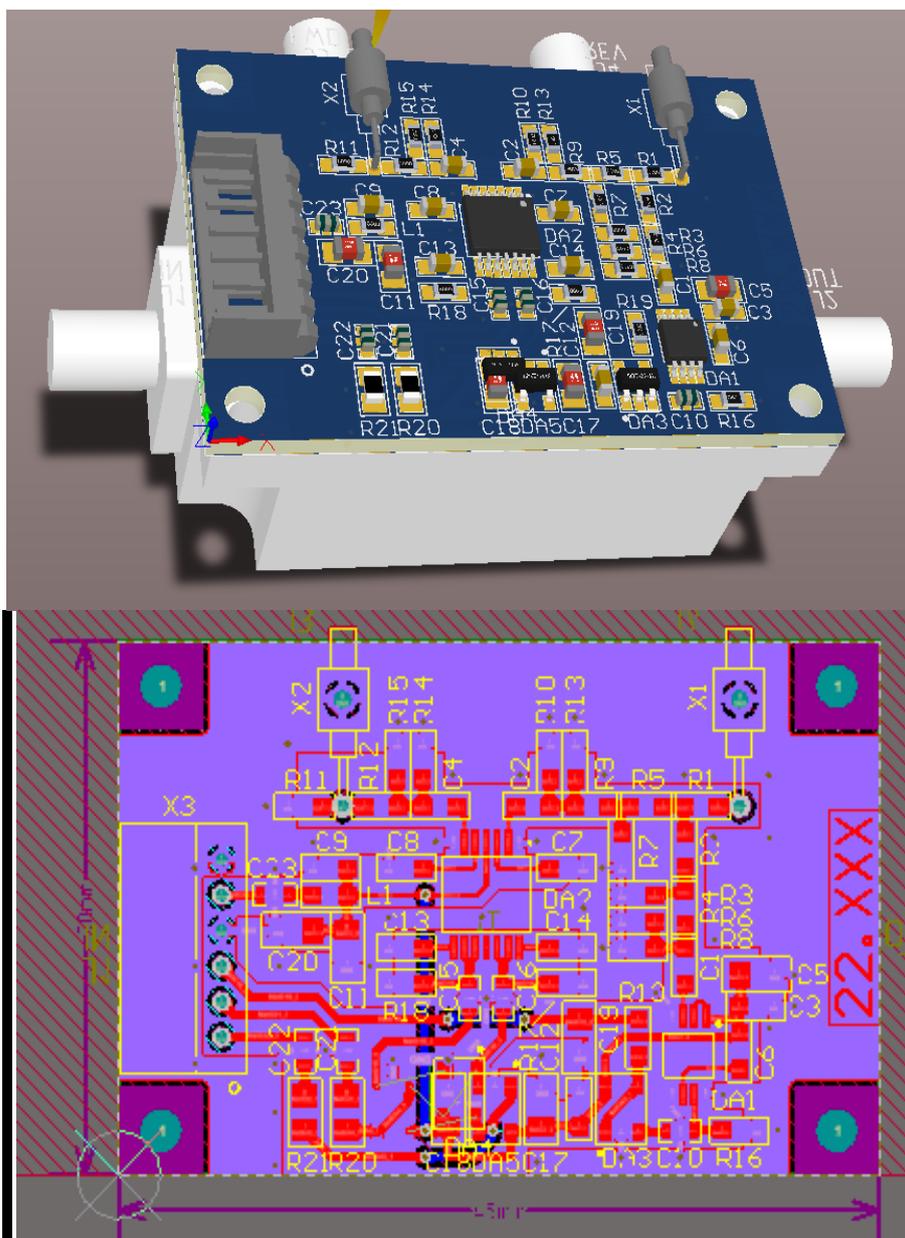
В процессе разработки конструкторской документации на новые изделия инженеры-схемотехники, инженеры-топологи могут использовать как имеющиеся элементы в базе данных, так и вновь используемые. Для продолжения работы требуется занесение вновь используемых элементов как в базу корпоративной информационной системы «Омега», так и в базу «Altium Designer». Присвоение уникального номенклатурного номера элемента происходит инженерами отд.47 в КИС «Омега», который затем переносится в базу «Altium Designer», а в дальнейшем может использоваться работниками других подразделений предприятия в своей работе (например для заказа элементов у поставщика, при ведении бухгалтерского учета). Наличие или отсутствие номенклатурного номера позволяет судить об использовании данного элемента в изделиях спроектированных ранее.

### **Текущая ситуация применения «Altium Designer» на АО «СРЗ»**

В настоящее время база «Altium Designer» АО «СРЗ» содержит 1,5 тыс. элементов, в том числе 100 различных микросхем, работы по увеличению номенклатуры ведутся непрерывно (рис 8). В тестовом режиме разработаны несколько проектов печатных плат (рис 9).



**Рисунок 8** Библиотека микросхем в базе «Altium Designer» с номенклатурными номерами на текущий момент.



**Рисунок 9** Проект печатной платы созданный при помощи «Altium Designer»

Отделом 47 ведутся работы по предоставлению доступа к базе «Altium Designer» и дальнейшего взаимодействия в плане дальнейшего ее расширения с Филиалом АО «СРЗ» КБ «Радиосвязь» отдел № 98 г.Ижевск.

Некоторые трудности возникают в процессе импортозамещения, так как на отечественные микросхемы отсутствуют качественные PDF- файлы и 3D модели. Информацию на них приходится брать из ТУ на бумажных носителях в отд. 65 , а 3D модели прорисовывать самостоятельно, используя программу «Solidworks», либо внутренними средствами «Altium Designer».

### **Заключение**

В заключение хотелось бы отметить, что создание любой базы данных процесс трудоемкий и на его осуществление требуется большое количество времени, при этом постоянно возникающие проблемы (от использования

шрифтов соответствующих ГОСТу до предоставления прав доступа к базе отдельным работникам) требуют безотлагательного их решения.

Использование современного ПО требует модернизации парка ЭВМ, что также может привести и к омоложению кадрового состава предприятия т.к. использование современных средств и методов сможет повысить качество и технико-экономический уровень результата проектирования.

Дальнейшее развитие базы данных позволит оптимизировать ряд процессов, ускорить проектирование всей номенклатуры разрабатываемой аппаратуры и как следствие монетизировать (сэкономить) для АО «СРЗ» часть средств выделенных на НИОКРы, НИРы, сопровождение производства.

### **Список литературы**

1. Сабунин, А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. Москва, СОЛОН-ПРЕСС, 2009 С. 424.

2. Суходольский В.Ю. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах в САПР Altium Designer. Часть 1.: Учебное пособие. СПб.:

Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2008. 148 с.