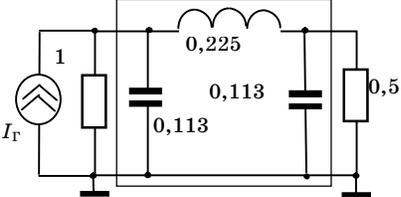
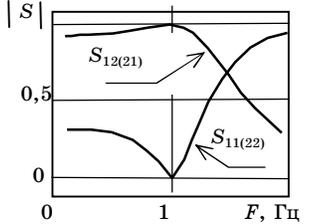
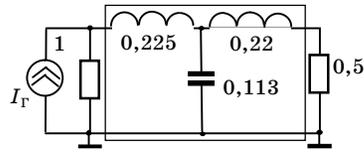
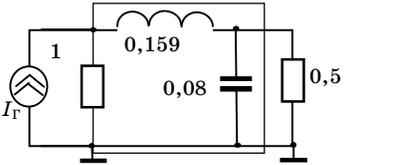
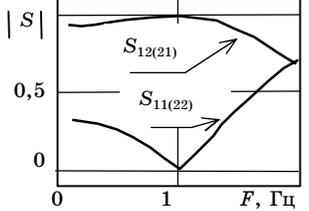
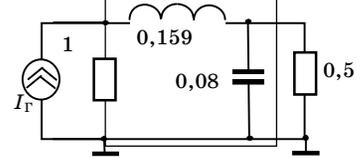
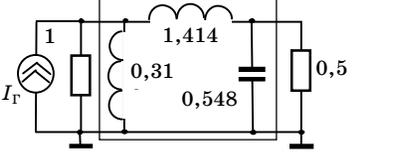
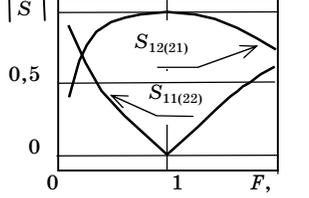
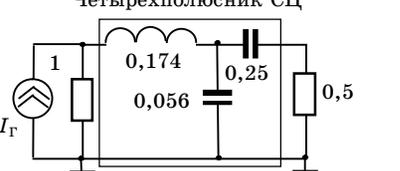
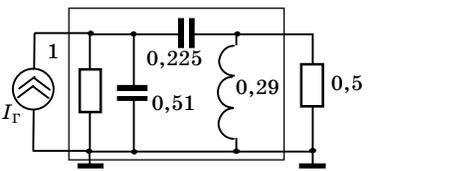
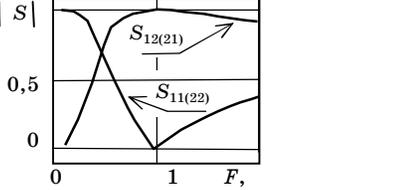
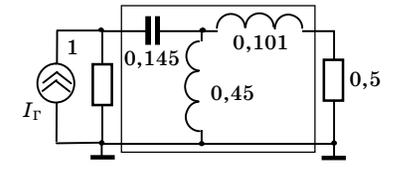
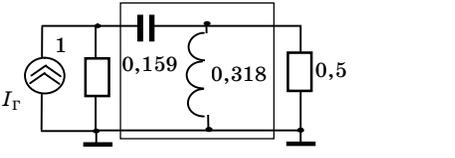
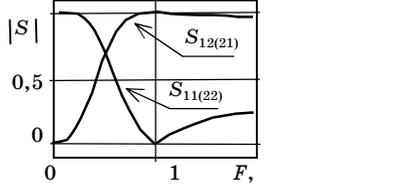
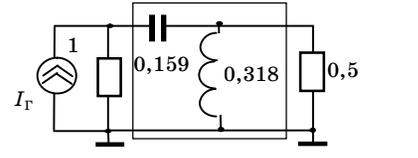
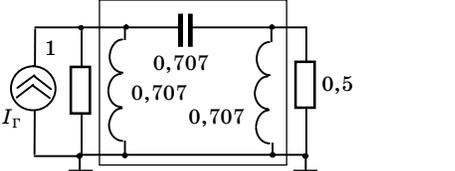
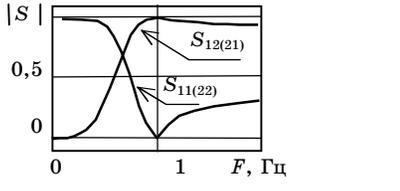
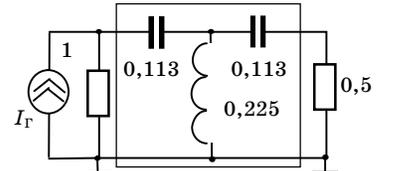


Таблица 1 — Результаты анализа и синтеза четырехполюсников СЦ

Θ	Π-образная принципиальная схема	S-параметры СЦ	Т-образная принципиальная схема
-90°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 
-45°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 
-30°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 

⊖	Π-образная принципиальная схема	S-параметры СЦ	Т-образная принципиальная схема
30°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 
45°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 
90°	<p>Четырехполюсник СЦ</p> 		<p>Четырехполюсник СЦ</p> 

## Список использованной литературы

1. Фуско В. СВЧ-цепи. Анализ и автоматизированное проектирование : пер. с англ. М. : Радио и связь, 1990. 286 с.
2. Смит Ф. Круговые диаграммы в радиоэлектронике. М. : Связь, 1976. 144 с.
3. Карсон Р. Высокочастотные усилители : пер. с англ. / под ред. В.Р. Магнусевского. М. : Радио и связь, 1981. 218 с.
4. Якушевич Г.Н. Алгоритм анализа и синтеза многополюсников на основе коэффициентов передачи // Шарыгинские чтения : I Всерос. науч. конф. ведущих науч. школ в области радиолокации, радионавигации и радиоэлектронных систем передачи информации, посвящ. памяти проф. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники акад. Германа Сергеевича Шарыгина : сб. докл. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2019. С. 214–222.
5. Сигорский В.П. Анализ электронных схем. Киев : Гостехиздат, 1960. 200 с.
6. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р. Синтез четырехполюсников и восьмиполюсников на СВЧ. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Связь, 1971. 388 с.
7. Устройства СВЧ : учеб. пособие / Д.М. Сазонов [и др.] ; под ред. Д.М. Сазонова. М. : Высш. шк., 1981. 295 с.

---

*Якушевич Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических систем. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. 634050. г. Томск, пр. Ленина. 40, e-mail: jagn@sibmail.com.*

### **Algorithm for Analysis and Synthesis of Four-Port Matching Circuits**

*Matrix equations are given that allow in matrix form to analyze and synthesize four-port matching circuits (SC). The calculation results are presented.*

**Key words:** *Matrix algorithm, analysis, synthesis, quadrupole.*

*Yakushevich Gennady Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Radio Engineering Systems. Tomsk State University of Management and Radioelectronics. 634050. Tomsk, Lenin Ave. 40, e-mail: jagn@sibmail.com.*

К.В. Старченко, А.А. Чусов

**ВЕКТОРИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЦИКЛИЧЕСКОГО КОДА  
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
КАНАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ**

*Рассматривается алгоритм расчета помехоустойчивого кода CRC с применением параллелизма на уровне данных и инструкции безносного умножения. Схематично представлен каждый шаг предложенного алгоритма, а также дано описание выполняемых операций.*

*Ключевые слова:* помехоустойчивое кодирование, векторизация вычислений, параллельная редукция.

В настоящее время любая система передачи или хранения данных требует от себя наличие помехоустойчивого кодирования для осуществления эффективной и безошибочной передачи и хранения информации. Помехоустойчивое кодирование представляет из себя добавление определенной избыточности, которая записывается вслед за информационными символами, образуя тем самым кодовое слово.

Одним из таких кодов является циклический избыточный код, представляющий из себя остаток от деления информационного сообщения на полином CRC. Эти коды используются в приложениях для связи и хранения данных благодаря их эффективности при обнаружении ошибок и вредоносного вмешательства. Определить CRC-значение сообщения  $M$  любой длины, соответствующей двоичному полиному  $M(x)$ , можно как

$$\text{CRC}(M(x)) = x^{\deg(P(x))} \cdot M(x) \bmod P(x), \quad (1)$$

где полином  $P(x)$  определяется алгоритмом CRC, а символ « $\cdot$ » обозначает безносное умножение.

Однако технологии не стоят на месте, с каждым годом объем передаваемых данных и скорость передачи растут, поэтому необходимо применять новые инструменты для более быстрой генерации помехоустойчивого кода.

В свое время инженеры для ускорения работы различных программ придумали такой способ организации компьютерных вычислений, как параллельные вычисления, при которых многие расчеты или выполнение процессов выполняются одновременно. Одной из форм параллельных вычислений является параллелизм на уровне данных, включая векторные вычисления. Основная задача векторных

вычислений заключается в том, что одна операция выполняется сразу над всеми элементами массива данных (вектора). Благодаря такому подходу можно добиться значительных результатов в скорости решения задачи по сравнению со скалярными вычислениями.

Рассмотрим применение векторизации для расчета циклического избыточного кода при использовании полинома CRC-32 в развитие метода, описанного в [1].

Метод, использующийся в данном алгоритме, основан на редукции данных путем безносного умножения фрагменты данных на некоторую константу и последующей операции исключающее «или». Общая структура редукции буфера данных представлена на рисунке 1.

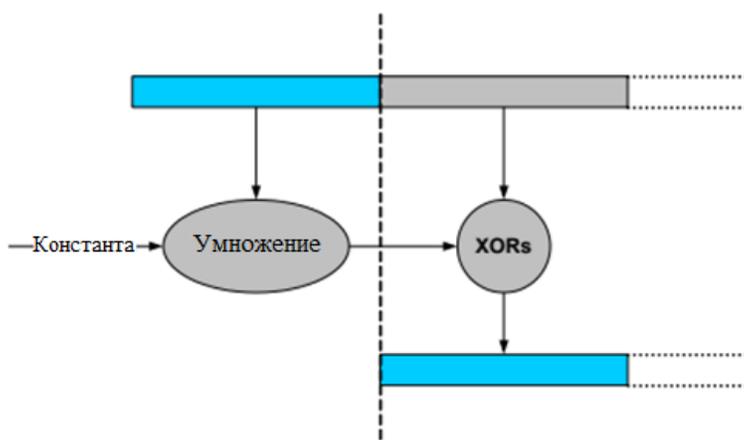


Рисунок 1 — Общая структура редукции буфера данных

На рисунке 2 изображен более обобщенный подход к редукции, когда складывается фрагмент на произвольную позицию в буфере данных.

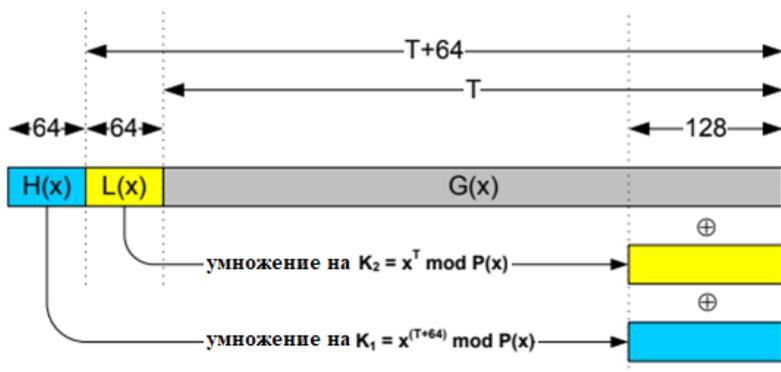


Рисунок 2 — Редукция 128-битного фрагмента данных

Пусть  $D(x)$  и  $G(x)$  являются 128-битными и оставшимися  $T$ -битными ( $T$  более 128 бит) фрагментами соответственно буфера данных  $M(x)$ .

В этом случае  $D(x)$  рассматривается как два 64-битных блока:  $H(x)$  и  $L(x)$ . Затем следующие вычисления приведут к редукции 96-битного фрагмента данных, который соответствует  $D(x) \cdot x^T$  по модулю  $P(x)$ .

Параллельная редукция 128-битных блоков данных еще больше повышает эффективность редукции. Данный процесс изображен на рисунке 3.

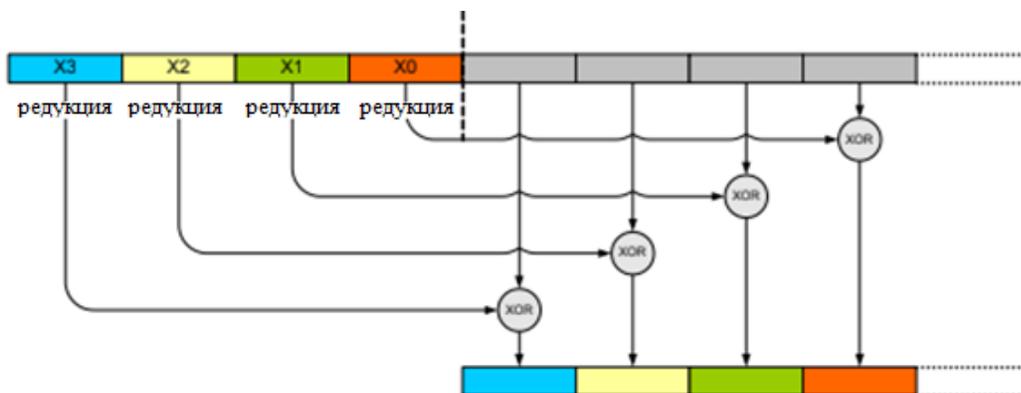


Рисунок 3 — Редукция четырех 128-битных фрагментов данных

Достаточно большие данные, длиной не менее  $2 \cdot (4 \cdot 128)$  битов, можно одновременно уменьшить на 4128-битовых фрагмента для максимальной эффективности и повторять процесс до тех пор, пока не будет конгруэнтных (по модулю  $P(x)$ ) данных намного меньшей длины.

Каждая из 4 редукций идентична — происходит работа со 128-битными фрагментами данных, используя константы  $k_1 = [x^{(512+64)} \bmod P(x)]$  и  $k_2 = [x^{512} \bmod P(x)]$ . Это соответствует  $T = 4 \cdot 128 = 512$ .

Таким образом, можно реализовать расчет CRC-значения с использованием векторизации следующим образом:

Шаг 1. Параллельная редукция с помощью операций над буфером произвольной длины. Схематично показано на рисунке 4.



Рисунок 4 — Общая схема операции редукции по четыре 128-битных фрагмента данных

Таким образом, для буферов, которые являются достаточно большими (длиной не менее  $2 \cdot (4 \cdot 128)$  бит), производится параллельная редукция данных на четыре 128-битовых фрагмента. Этот шаг требует двух предварительно вычисленных констант  $k_1 = [x^{(512+64)} \bmod P(x)]$  и  $k_2 = [x^{512} \bmod P(x)]$ .

Шаг завершается по крайней мере четырьмя и не более чем семью 128-битными фрагментами данных. Затем последовательно производится редукция в один 128-битный блок, используя соответствующие константы на следующем шаге.

Шаг 2. На этом шаге нет необходимости вычислять редукцию оставшихся фрагментов параллельно. В худшем случае будет семь полных 128-битных блоков данных и один частично полный 128-битный блок данных. Общая операция редукции на этом шаге показана на рисунке 5.

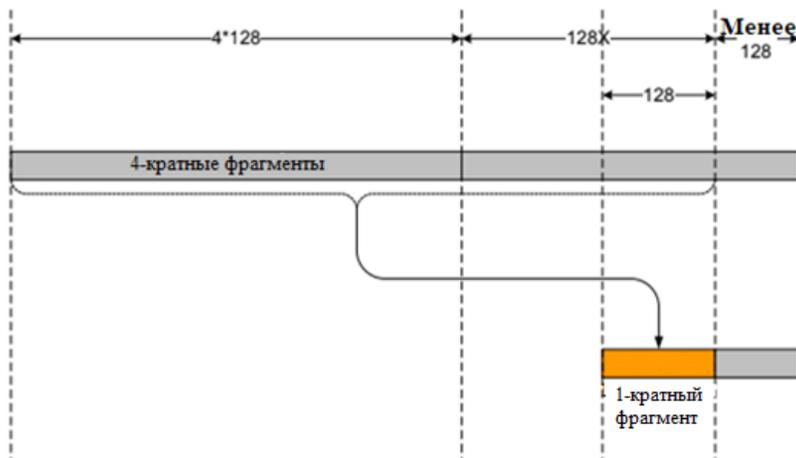


Рисунок 5 — Общая схема операции редукции до 256 бит

Пока длина буфера составляет более  $2 \cdot 128$  бит, необходимо итеративно уменьшать его по 1 разу, пока не будет конгруэнтного буфера, который будет намного меньше.

Этот шаг завершается по крайней мере одним и не более чем двумя 128-битными фрагментами данных. Если есть два блока, один из которых частично полный блок данных, дополняем данные (наиболее значимыми) нулями до 256 битов, а затем применяется еще одна операция редукции для генерации 128-битного буфера. Этот шаг требует двух предварительно вычисленных констант  $k_3 = \left[ x^{(128+64)} \bmod P(x) \right]$  и  $k_4 = \left[ x^{128} \bmod P(x) \right]$ .

Шаг 3. Конечное сокращение 128 бит, при котором 32-битное значение CRC вычисляется из оставшихся 128-битных данных, как показано на рисунке 6.

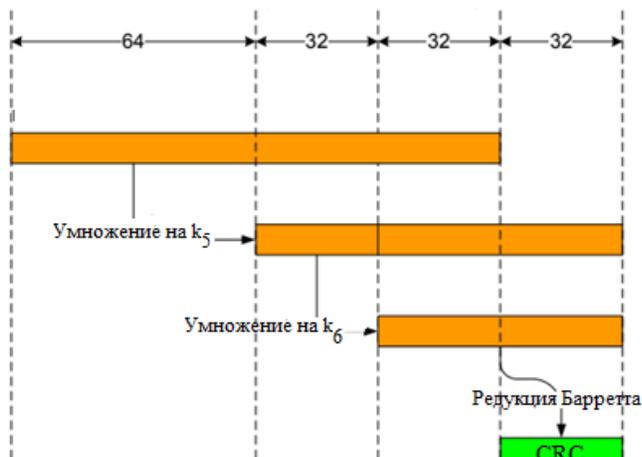


Рисунок 6 — Окончательная редукция до 32-битной CRC

В этом случае  $k_5$  и  $k_6$  являются 32-битными значениями, определенными как  $k_5 = \left[ x^{96} \bmod P(x) \right]$  и  $k_6 = \left[ x^{64} \bmod P(x) \right]$ . Умножение на  $k_5$  уменьшает 128-битные данные до 96 битов, а умножение на  $k_6$  уменьшает 96-битные данные до 64 битов. Оставшиеся 64-битные данные приводятся к 32-битному значению CRC с использованием традиционного полиномиального сокращения Барретта.

На входе: полином  $R(x)$  в степени 63, полином  $P(x)$  в степени 32,  $k_6\mu = \left[ x^{64} / P(x) \right]$ .

На выходе:  $C(x) = R(x) \bmod P(x)$ .

Шаг 1:  $T1(x) = \left[ R(x) / x^{32} \right] \cdot \mu$ .

Шаг 2:  $T2(x) = \lfloor T1(x) / x^{32} \rfloor \cdot P(x)$ .

Шаг 3:  $C(x) = R(x) \oplus T2(x) \bmod x^{32}$ .

После шага 3 32 старших коэффициента  $C(x)$  будут равны 0, оставшиеся младшие 32 коэффициента  $C(x)$  и будут являться полученным значением CRC.

Такой алгоритм позволяет вычислить CRC-значение для полинома любой длины без необходимости больших таблиц поиска, как в случае с традиционными методами расчета.

### Список использованной литературы

1. Paper W., Gopal V., Ozturk E. Fast CRC-computation for generic polynomials using PCLMULQDQ Instruction. Worcester Polytechnic Institute, 2009. 23 p.

---

*Старченко Кирилл Вадимович – студент, кафедра электроники и средств связи, Дальневосточный федеральный университет, 690922, г. Владивосток, поселок Аякс, 10, email: starchenko.kv@students.dvfu.ru*

*Чусов Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент, кафедра электроники и средств связи, Дальневосточный федеральный университет, 690922, г. Владивосток, поселок Аякс, 10, email: chusov.aa@dvfu.ru*

#### **Vectorizing Computation of Cyclic Redundancy Code to Increase Performance of Channel Encoding of Data**

*The paper describes an algorithm for computation of correctional CRC code using data parallelism and carry-less multiplication. The algorithms are described schematically with descriptions of each step and required operations.*

**Key words:** *channel encoding, vectorization of computations, parallel reduction.*

*Starchenko Kirill Vadimovich – student, Dept. of Electronics and Communications, Far-Eastern Federal University, 690922, Vladivostok, Russia, email: starchenko.kv@students.dvfu.ru.*

*Chusov Andrey Alexandrovich – Ph. D., Assoc. prof., Dept. of Electronics and Communications, Far-Eastern Federal University, 690922, Vladivostok, Russia, email: chusov.aa@dvfu.ru.*

А.А. Мещеряков, В.Л. Гулько, Н.К. Блинковский

**ОБНАРУЖЕНИЕ РАДИООПТИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ  
В СОСТАВЕ ЗНАКОВ НАВИГАЦИОННОГО ОГРАЖДЕНИЯ**

*Приведены результаты экспериментальных исследований по обнаружению радиооптических отражателей (РОО) в составе знаков навигационного ограждения – линейных створ и буйёв. Натурные испытания проводились в Обском бассейне внутренних водных путей – на реках Обь и Томь. Для оценки эффективности обнаружения береговых знаков навигационного ограждения РОО устанавливались на линейные створы, расположенные вдоль рек Обь и Томь, на характерных участках судового хода, отличающихся друг от друга рельефом местности и растительным покровом. Полученные результаты анализируются.*

**Ключевые слова:** радиооптический отражатель, эффективная поверхность рассеяния, линейный створ, буй.

Известно, что для повышения радиолокационной заметности на фоне отражений от подстилающей поверхности речные и морские объекты оснащаются радиолокационными отражателями, обладающими высоким значением эффективной поверхности рассеяния (ЭПР). В качестве указанных радиолокационных отражателей широкое применение нашли трёхгранные уголкового отражатели с треугольными гранями, максимальная ЭПР которых в свободном пространстве равна

$$\sigma_{\max} = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2},$$

где  $a$  — длина ребра треугольной грани уголкового отражателя;  $\lambda$  — рабочая длина волны РЛС.

В целях обеспечения безопасности судовождения на внутренних водных путях в условиях недостаточной видимости авторами были разработаны навигационные уголкового РОО направленного и кругового действия. Для обозначения судового хода одновременно в оптическом и радиолокационном диапазонах волн в фазовом центре рассеяния трёхгранных уголкового отражателей дополнительно были установлены источники светосигнального огня, а грани уголкового отражателей покрыты радиопрозрачной светоотражающей плёнкой [1, 2].

Цель работы — экспериментальная проверка эффективности обнаружения разработанных РОО в составе знаков навигационного

ограждения при скользящих углах облучения на границе раздела двух сред.

В ходе натурных испытаний на реках Обь и Томь створные знаки навигационного ограждения оснащались РОО направленного действия (рисунки 5,а, 6,а и 7,а), а РОО кругового действия устанавливались на плавучих знаках навигационного ограждения — буйах (рисунок 2).

Радиолокационное обнаружение РОО в составе знаков навигационного ограждения проводилось с использованием судовых навигационных РЛС (НРЛС) X-диапазона — НРЛС «Р-722-2» и НРЛС «Река» (рисунок 1).



Рисунок 1 — Теплоход «Сигнал»:  
1 — антенна НРЛС «Р-722-2»;  
2 — антенна НРЛС «Река»



Рисунок 2 — Буй № 109  
с РОО кругового действия.  
Река Обь

Оснащение линейного створа РОО направленного действия позволило наблюдать расположение переднего и заднего знаков на индикаторе кругового обзора (ИКО) НРЛС «Р-722-2» (рисунок 3).

Промежуточные результаты, полученные авторами в ходе натурных испытаний по обнаружению РОО в оптическом и радиолокационном диапазонах волн, опубликованы в [3].

В ходе экспериментальных исследований были выявлены следующие особенности радиолокационного наблюдения береговых навигационных знаков:

1) обнаружение РОО в составе навигационных знаков осуществлялось на фоне мешающих отражений радиоволн от близко расположенных местных предметов (деревьев, обрывистого берега и т.п.);

2) характеристики радиолокационного рассеяния объектов, находящихся вблизи границы раздела двух сред, существенно отличались от характеристик рассеяния этих же объектов в свободном пространстве.

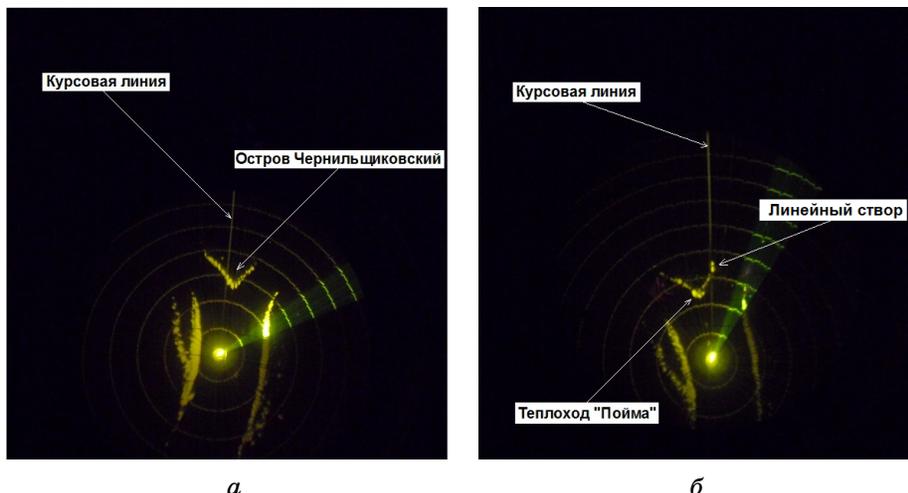


Рисунок 3 — Радиолокационное изображение участка реки Томь до установки на линейном створе РОО (а). Радиолокационное изображение РОО в составе линейного створа (б).  
 Дальность до створа — 850 м. НРЛС «Р-722-2».  
 Река Томь. Остров Чернильщиковский

При скользящих углах облучения в условиях наличия многолучевых механизмов распространения и рассеяния радиоволн зависимость ЭПР РОО от дальности на всей протяженности судового хода по линейному створу носит осциллирующий характер. При этом на отдельных участках судового хода, в зоне интерференционных минимумов, уровень отраженного сигнала от одного или одновременно от двух РОО становится ниже уровня сигналов, отраженных от местных предметов, и обнаружить РОО на ИКО НРЛС было невозможно.

В период сезона навигации местоположение вышеуказанных участков на всем протяжении судового хода по линейному створу постоянно изменяется и зависит от текущего уровня воды в реке.

Тем не менее на большей части дистанции судового хода по линейному створу на ИКО и индикаторе типа А НРЛС наблюдаются отметки сразу от двух РОО (рисунки 3,б, 4, 5,б, 6,б и 7,б).

Эксперименты показали, что не для всех линейных створ, где были установлены РОО, на ИКО НРЛС возможно эффективное радиолокационное обнаружение знаков навигационного ограждения, обусловленное маскирующими отражениями от местных предметов.

Так, для линейного створа Канангинского перевала (рисунок 5) передний знак расположен близко от берега — на расстоянии менее разрешающей способности по дальности НРЛС «Р-722-2», составляющей при используемом масштабе дальности ИКО НРЛС 30 м. Мешающие отражения радиоволн от деревьев, расположенных за зад-

ним знаком линейного створа, с учетом используемого масштаба по дальности также затрудняют обнаружение на ИКО НРЛС сигнала, отраженного от створного знака (рисунок 5).

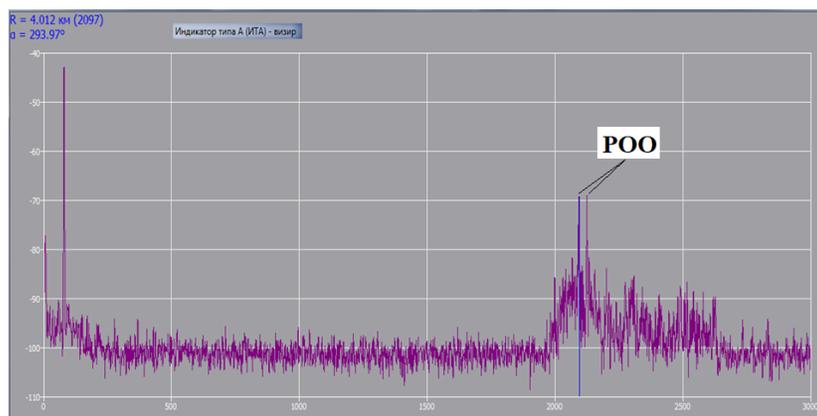


Рисунок 4 — Развёртка по дальности. Река Томь. Остров Черныльщиковский. Дальность до створа — 4012 м. НРЛС «Река»

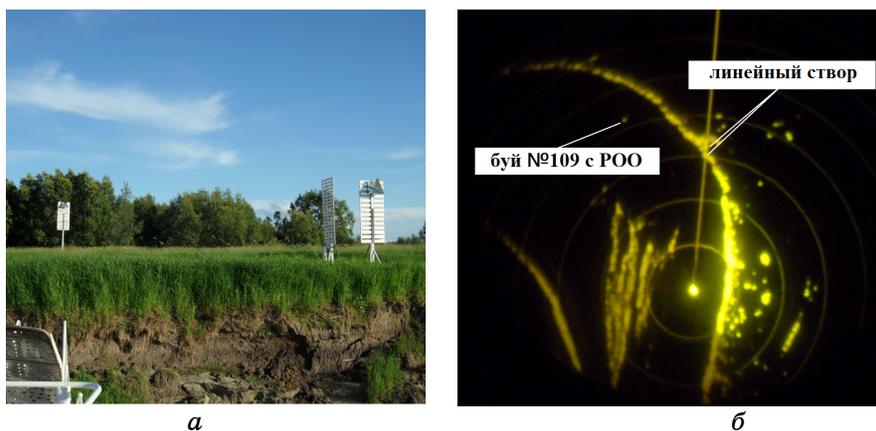
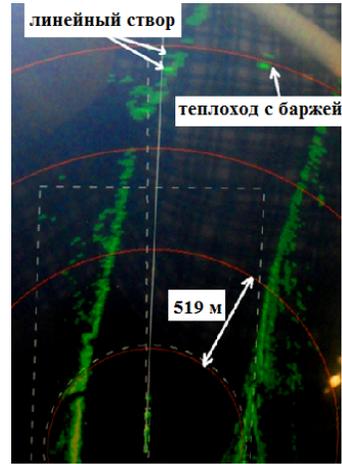


Рисунок 5 — Линейный створ с угловыми РОО (а). Радиолокационное изображение линейного створа с угловыми РОО на ИКО НРЛС «Р-722-2» (б). Дальность до линейного створа — 750 м. Река Обь. Канангинский перевал

Использование НРЛС с более высоким разрешением по дальности при неизменном разрешении по азимуту на фоне отражений от местных предметов в соседних разрешаемых площадках не приводит к существенному повышению эффективности обнаружения радиолокационных отражателей на ИКО НРЛС (рисунок 6,б). На ИКО НРЛС «Река» отметка от РОО, установленного на заднем створном знаке, трудно разрешима по азимуту относительно отражений от береговой черты.



*a*



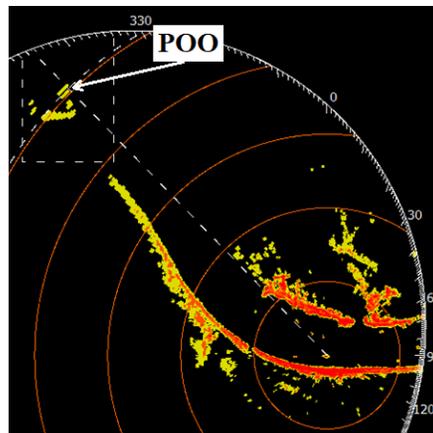
*б*

Рисунок 6 — Линейный створ с РОО направленного действия (*a*). Радиолокационное изображение РОО, установленных на линейном створе (*б*) НРЛС «Река». Дальность до линейного створа — 1950 м. Река Обь. Игрековский перевал

Длина ребра трехгранного уголкового отражателя РОО, используемых в эксперименте, была выбрана равной 60 см. При этом величина ЭПР РОО в свободном пространстве в направлении перпендикуляра к плоскости его раскрыва составила 530 м<sup>2</sup>. Указанный размер уголкового отражателей был выбран из соображений простоты и удобства их монтажа на линейные створы в труднодоступных местах Обского бассейна внутренних водных путей (рисунок 7, *a*).



*a*



*б*

Рисунок 7 — Монтаж РОО направленного действия на задний знак линейного створа (*a*). Радиолокационное изображение РОО, установленных на линейном створе (*б*). Река Томь. Остров Чернильщикковский. Дальность до створа — 4954 м. НРЛС «Река»

Эксперименты и расчеты показали, что с учетом экспериментально измеренного уровня отраженных сигналов от местных предметов для обеспечения вероятности правильного обнаружения  $D = 0,9$  при вероятности ложной тревоги  $F = 10^{-3}$  по критерию Неймана – Пирсона на всей возможной протяженности судового хода (до 5 км) длину ребра уголкового отражателя следует увеличить до 90 см.

### Заключение

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1) оборудование буёв РОО кругового действия повышает эффективность радиолокационного и оптического обнаружения плавучих знаков навигационного ограждения. Так, при высоте установки РОО на буях равной 1,9 м относительно водной поверхности и длине ребер уголковых отражателей РОО 30 см, радиолокационная дальность обнаружения буёв увеличилась в 1,5 раза;

2) оборудование створных знаков РОО направленного действия делает возможным радиолокационное наблюдение береговых знаков навигационного ограждения при различных метеорологических условиях и навигацию судов в условиях недостаточной видимости;

3) для эффективного радиолокационного обнаружения отдельных створных знаков на фоне мешающих отражений радиоволн от местных предметов требуется дополнительная селекция сигналов, отраженных от РОО, например, по поляризационному признаку.

Современные судовые НРЛС X-диапазона работают на фиксированной горизонтальной поляризации радиоволн. Поэтому перспективным является применение радиолокационных отражателей с возможностью амплитудной модуляции своей ЭПР на горизонтальной поляризации радиоволн НРЛС. При этом в приемнике НРЛС селекция отраженных сигналов осуществляется по частоте амплитудной модуляции ЭПР радиолокационного отражателя.

### Список использованной литературы

1. Пат. 2 634 550 РФ, МПК Н 01 Q 15/18, В 63 В 22/01. Навигационный радиооптический уголкового отражатель направленного действия со светоотражающими гранями / Гулько В.Л., Блинковский Н.К., Мещеряков А.А. № 2 016 114 834; заявл. 15.04.16; опубл. 31.10.17, Бюл. № 31. 13 с.

2. Пат. 2 667 325 РФ, МПК Н 01 Q 15/18. Навигационный радиооптический групповой отражатель кругового действия со светоотражающими гранями / Гулько В.Л., Блинковский Н.К., Мещеряков А.А. № 2 017 128 049; заявл. 04.08.17; опубл. 18.09.18, Бюл. № 26. 18 с.

3. Шошин Е.Л. Радиолокационные методы контроля навигационной судоходной обстановки // Вестник кибернетики. Сургут. 2018. № 3 (31). С. 113–134.

---

*Мещеряков Александр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра радиотехнических систем, ведущий научный сотрудник НИИ радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: msch@rts.tusur.ru.*

*Гулько Владимир Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИИ радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: gulkovl@sibmail.com.*

*Блинковский Николай Константинович – заведующий учебной лабораторией, аспирант, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: nkblink@yandex.ru.*

#### **Detection of Radio-Optical Reflectors in the Composition of Navigation Signs**

*The results of experimental studies on the detection of radio-optical reflectors (ROOs) as part of navigation barriers - linear alignment and buoys are presented. Full-scale tests were carried out in the Ob basin of inland waterways - on the Ob and Tom rivers. To assess the efficiency of detecting coastal signs, the navigation barriers were installed on linear sections located along the Ob and Tom rivers, on characteristic sections of the navigational route, differing from each other by the terrain and vegetation cover. The results obtained are analyzed.*

**Key words:** *radio-optical reflector, effective scattering surface, linear wing, buoy.*

*Meshcheryakov Aleksandr Alekseevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Radio Engineering Systems, Leading Researcher, Research Institute of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: msch@rts.tusur.ru.*

*Gulko Vladimir Leonidovich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Research Institute of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: gulkovl@sibmail.com.*

*Blinkovsky Nikolai Konstantinovich – Head of the Educational Laboratory, Postgraduate Student, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: nkblink@yandex.ru.*

В.И. Вебер, В.Ю. Куприц, А.А. Мещеряков

## МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ, ПОЛУЧЕННОМ ПРИ ПОМОЩИ РСА

*Рассматриваются методы распознавания объектов на радиолокационном изображении, полученном при помощи РСА.*

*Ключевые слова: распознавание, сверточная нейросеть, радиолокационное изображение.*

### Введение

С развитием систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе радиолокационной техники и тенденцией роста разрешающей способности, оперативное и достоверное распознавание изображений становится все более актуальной задачей. В настоящее время проблема распознавания изображений для некоторых прикладных задач до сих пор не решена [1]. Это объясняется отсутствием единой классификации методов и математической теории распознавания образов как основного этапа анализа изображений, что в свою очередь препятствует обоснованной и систематизированной разработке, выбору, сопоставлению и применению методов распознавания, а также получению достоверной оценки их эффективности условиям задачи [2].

Область применения систем распознавания образов достаточно широка. При этом важное место занимают системы распознавания изображений, в том числе изображений, полученных с помощью РСА (рисунок 1) [3].



Рисунок 1 — Классификация распознавания образов

В данном случае представляет интерес распознавание радиолокационных изображений когерентной радиолокации (РСА).

### Существующие методы распознавания

Существует различное многообразие методов распознавания, рассмотрим некоторые из них.

1. В вероятностных системах для построения алгоритмов распознавания используются вероятностные методы распознавания, основанные на теории статистических решений [4]. В общем случае применение вероятностных методов распознавания предусматривает наличие вероятностных зависимостей между признаками распознаваемых объектов и классами, к которым эти объекты относятся. К основным вероятностным методам следует отнести [4]:

- байесовские алгоритмы;
- мультипликативные байесовские алгоритмы;
- аддитивные байесовские алгоритмы.

Суть этих методов заключается в выборе такой гипотезы, при которой наименьшие средние потери и высокая вероятность правильного распознавания.

2. Непараметрические алгоритмы были развиты эвристически для неизвестных статистических распределений признаков распознавания. К их числу можно отнести, в частности, различные варианты алгоритмов вычисления расстояний и голосования [5]. Непараметрические модели отличаются от параметрических моделей тем, что структура модели не задается априори, а определяется данными. Термин непараметрический не означает полное отсутствие параметров. Просто их количество и характер гибки и не фиксированы заранее. В такие алгоритмы входят:

- алгоритмы вычисления расстояний;
- алгоритмы голосования.

Эти методы заключаются в нахождении признаков распознаваемого объекта и сопоставление их с эталонными пространствами признаков.

3. Многоэтапные алгоритмы распознавания. Различают измерение неизменяющихся и изменяющихся во времени параметров. Измерение неизменяющихся во времени параметров можно провести за один этап, его называют несledящим. Следящим называют многоэтапное или непрерывное измерение изменяющегося во времени параметра, когда результаты предыдущего этапа измерения используются как априорные для последующего этапа [5].

Суть многоэтапных алгоритмов заключается в допуске отказа от принятия окончательного решения на первых этапах процедуры распознавания до дополнительного набора признаков.

4. Нейрокомпьютерные алгоритмы распознавания. Они относятся к одноэтапным алгоритмам с условной оптимизацией. Условием является частично заданная их структура. Структура задается из аналогий с гипотетическими биологическими нейросистемами (нейросетями). Экспериментальные достижения в этой области часто трактуют как проявления искусственного интеллекта. Обучение (адаптация) нейрокомпьютерных систем (алгоритмов) проводится на основе предъявления большого числа случайных обучающих образцов процессов или объектов известных классов. Статистические закономерности этих процессов (объектов) заранее, как правило, не анализируют, а автоматически учитывают в процессе обучения.

Обучение НС основано на следующей процедуре. НС последовательно (или в случайном порядке — такое обучение называют методом стохастического градиента) предъявляются элементы обучающей выборки и вычисляется величина ошибки, т.е. отклонения результата работы сети на предъявленном обучающем элементе от ожидаемого отклика. Синаптические связи НС корректируются пропорционально величине этого отклонения. Далее предъявляется следующий образ и т.д. Процедуры обучения, таким образом, реализуют нахождения минимума некоторого функционала ошибки методом градиентного спуска. Отличаются эти процедуры друг от друга выбранным функционалом ошибки и реализацией метода градиентного спуска [6].

### **Сверточное нейросетевое распознавание**

Сверточная сеть, она же сверточная нейронная сеть (СНС), — это специальный вид нейронной сети для обработки данных с сеточной топологией. Примерами могут служить временные ряды, которые можно рассматривать как одномерную сетку примеров, выбираемых через регулярные промежутки времени, а также изображения, рассматриваемые как двумерная сетка пикселей. Сверточные сети добились колоссального успеха в практических приложениях. Своим названием они обязаны использованию математической операции свертки. Свертка — это особый вид линейной операции. Сверточные сети — это просто нейронные сети, в которых вместо общей операции умножения на матрицу по крайней мере в одном слое используется свертка [8].

### **Алгоритм распознавания**

Упрощенный алгоритм поиска и распознавания показан на рисунке 2. В этом вычислении состоит рабочий режим искусственной НС, используя весовые коэффициенты, полученные на этапе обучения [6], производят вычисления значений выходных нейронов.

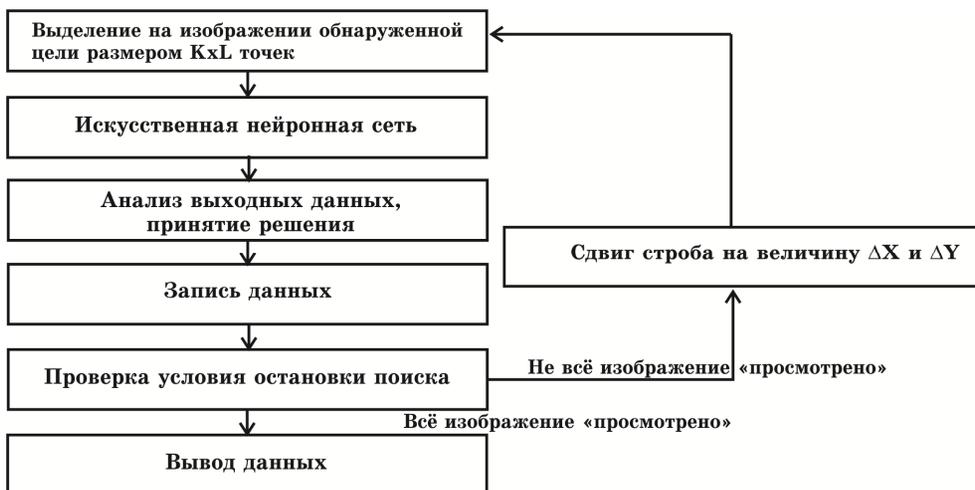


Рисунок 2 — Общий алгоритм поиска и распознавания объектов на изображении при помощи НС

Анализ выходных данных заключается в выборе максимального выходного значения (максимального нейрона). Номер выходного нейрона, имеющего максимальное значение, определит номер класса распознаваемого объекта.

Рассмотрим алгоритм сверточной нейросети на примере распознавания трех классов целей: грузовик, танк, БТР.

1. На вход подается одно- или двухмерное изображение.
2. Для каждого из трех каналов (RGB) производится операция свертки изображения и ядра, и в результате получаем карту признаков. Если на изображении имеются только оттенки серого, где 1 — белый цвет, 0 — черный, то можно использовать один канал.
3. Далее полученная карта признаков поступает на слой активации, которая представляет собой некую нелинейную функцию (сигмоида или ReLU).
4. Затем производится субдискретизация или пулинг, он представляет собой нелинейное уплотнение карты признаков.
5. Операции 2–4 повторяются несколько раз в зависимости от необходимого количества абстрактных карт признаков, подаваемых на полносвязный слой.

6. Остаётся большой набор каналов (в каждом канале — одна карта признаков), хранящих небольшое число данных (даже один параметр), которые интерпретируются как самые абстрактные понятия, выявленные из исходного изображения. На входе полносвязного слоя имеются столько нейронов, сколько карт признаков было определено. Полносвязный слой состоит из входного слоя, скрытого и выходного (структура персептрона).

7. Выбор количества скрытых слоев и содержащихся в них нейронов произволен, однако обычно они выбираются из определенных представлений о задаче, решаемой нейронной сетью. В них создается набор ассоциаций между входными параметрами и необходимой классификацией на выходе.

8. Принимается решение об отнесении изображения к одному из трех классов.

9. Обучение нейросети, получение оптимальных ядер для каждого класса цели для свертки изображения.

В литературе [7] приведены оценки правильного распознавания различных методов:

1) байесовские методы: модель гауссовой условной вероятности — 92 %;

2) параметрические методы: корреляционно-экстремальный метод — 88 %; метод опорных векторов — 90 %;

3) нейрокомпьютерный метод: сверточные нейронные сети — 98 %.

Проанализировав эти данные, можно сказать, что наиболее перспективным алгоритмом распознавания объектов на РЛИ, полученным с помощью РСА, является метод сверточной нейросети.

### Список использованной литературы

1. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрирование радиолокационных изображений : учеб. для курсантов ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского / Л.А. Школьный [и др.] ; под ред. Л.А. Школьного. М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. 531 с.

2. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания : учеб. пособие. М. : Высш. шк., 1984. 208 с.

3. Лепский А.Е., Броневиц А.Г. Математические методы распознавания образов : курс лекций. Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 155 с.

4. Кузнецов В.А. Алгоритмы автоматизированного обнаружения и распознавания наземных объектов по их радиолокационным изображениям в реальном масштабе времени : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. Иркутск, 2012. 168 с.

5. Ле Даи Фонг Распознавание радиолокационных целей по дальностному портрету с использованием аппарата нейронных сетей в целях мониторинга воздушного пространства : дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2006. 125 с.

6. Кирдяшкин В.В. Автоматическое совмещение радиолокационных и эталонных изображений земной поверхности : дис. ... канд. техн. наук: 05.12.14. М., 2011. 202 с.

7. Жердев Д.А., Казанский Н.Л., Фурсов В.А. Распознавание объектов на радиолокационных изображениях с использованием показателей сопряжённости и опорных подпространств // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39. Вып. 2. С. 255–264.

8. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. 2-е изд., испр. М. : ДМК Пресс, 2018. 652 с.

---

*Вебер Владислав Игоревич – студент группы 126-2, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.*

*Куприц Владимир Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: tomskvlad@mail.ru*

*Мещеряков Александр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра радиотехнических систем, ведущий научный сотрудник НИИ радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: msch@rts.tusur.ru.*

#### **Methods for Object Recognition in a Radar Image Obtained Using SAR**

*It the article discusses methods of object recognition in a radar image obtained using SAR.*

**Key words:** *recognition, convolutional neural network, radar image.*

*Veber Vladislav Igorevich – student of group 126-2, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40.*

*Kuprits Vladimir Yurievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: tomskvlad@mail.ru*

*Meshcheryakov Aleksandr Alekseevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Radio Engineering Systems, Leading Researcher, Research Institute of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: msch@rts.tusur.ru.*

А.С. Аникин

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ УСИЛИТЕЛЯ НА КАЛИБРОВКУ ТРАКТОВ

*Рассмотрены оценки максимальных погрешностей амплитудной калибровки приёмных трактов из-за нелинейных искажений третьего порядка при прохождении многочастотного ортогонального сигнала оконечного усилителя источника калибровочного сигнала.*

**Ключевые слова:** калибровка, нелинейность, погрешность, многочастотный сигнал.

### Введение

Калибровка является неотъемлемой процедурой в радиотехнических устройствах, обеспечивающих жесткие требования к тактико-техническим характеристикам. В частности, калибровка приёмных трактов является неотъемлемой частью функционирования радиолокаторов с фазированной антенной решёткой и систем мобильной спутниковой радиосвязи с многолучевыми антеннами, прецизионных приёмников станций контроля навигационного поля глобальных спутниковых навигационных систем.

Цель доклада — дать качественную и количественную оценку влиянию нелинейных искажений выходного сигнала передатчика на результаты калибровки приёмных трактов.

### Модель калибровочного сигнала

Пусть калибровочный сигнал  $s_c(t)$  длительностью  $T_s$  представляет собой сумму совмещённых во времени радиоимпульсов с ортогональными поднесущими:

$$s_c(t) = \operatorname{Re} \left( \sum_{k=1}^N A_k \left\{ \cos [2\pi (f_0 + k\Delta f)t + \varphi_k] + j \sin [2\pi (f_0 + k\Delta f)t + \varphi_k] \right\} \right), \quad (1)$$

$$t \in [0, T_s],$$

где  $N$  — количество ортогональных поднесущих;  $k$  — индекс суммирования поднесущих;  $A_k$  — амплитуда  $k$ -й поднесущей;  $\varphi_k$  — начальная фаза  $k$ -й поднесущей;  $t$  — время наблюдения калибровочного сигнала в интервале  $[0, T_s]$ ;  $f_0$  — центральная частота калибровочного

сигнала;  $\Delta f$  — интервал частот между поднесущими калибровочного сигнала.

Для определённости примем амплитуды всех поднесущих одинаковыми и для мощности калибровочного сигнала  $P_{in\_dBm}$  равными

$$A_k = \sqrt{2 \cdot 10^{\frac{P_{in\_dBm} - 30 - 10 \cdot \lg(N)}{10}}}, \quad (2)$$

а интервал частот между поднесущими —

$$\Delta f = \frac{1}{T_s}. \quad (3)$$

Начальные фазы  $\varphi_k$  поднесущих являются выборкой реализации некоррелированного случайного процесса с равномерной плотностью вероятности в интервале  $[0, 2\pi]$ .

### Нелинейная модель усилителя

Пусть передатчик (источник калибровочного сигнала) работает в нелинейном режиме при воздействии на его вход калибровочного сигнала. В этом случае нелинейные свойства оконечного усилителя описываются следующей статической полиномиальной моделью

$$s_{out}(t, s_{in}) = a_1 s_{in} + a_3 s_{in}^3, \quad (4)$$

где  $a_1$  — коэффициент, учитывающий усиление входного сигнала;  $a_3$  — коэффициент, учитывающий появление комбинационных частот в спектре выходного сигнала.

В частности, примем коэффициенты следующими

$$a_1 = 10^{\frac{G_p^{dB}}{20}}, \quad (5)$$

$$a_3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{10^{\frac{G_p^{dB}}{20}}}{10^{\frac{OIP3\_dBm - 30 - G_p^{dB}}{20}}}. \quad (6)$$

### Влияние нелинейных эффектов на результаты калибровки

Рассмотрим качественно влияние нелинейных эффектов на искажение оценки амплитудно-частотной характеристики приёмного тракта.

В связи с тем, что калибровочный сигнал состоит из 15 поднесущих, то только для этих поднесущих возможно определить

погрешность оценки амплитудно-частотной характеристики приёмного тракта. Отметим, что погрешность оценки амплитудно-частотной характеристики приёмного тракта является систематической.

Систематическая погрешность оценки амплитудно-частотной характеристики приёмного тракта для многочастотного калибровочного сигнала представлена на рисунке 1 при различии превышения уровня основного тона на  $\Delta P = 40$  дБ уровня интермодуляционных искажений.

Анализ представленных материалов показывает, что нелинейные искажения калибровочного сигнала приводят к случайным значениям погрешности оценки амплитудно-частотного тракта.

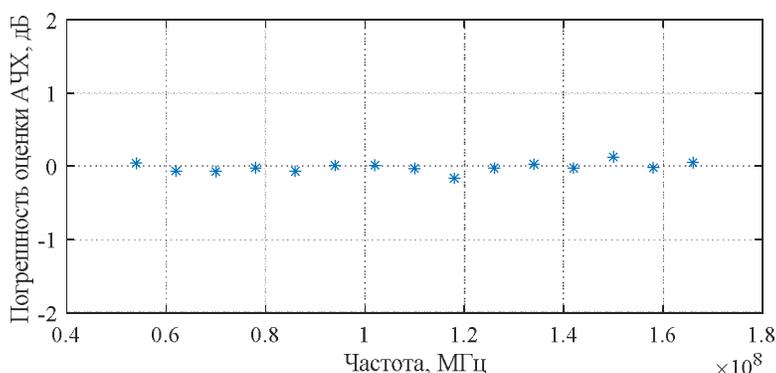


Рисунок 1 — Систематическая погрешность оценки АЧХ приёмного тракта при входной мощности сигнала 8,76 дБм,  $\Delta P = 40$  дБ

### Заключение

Систематическая погрешность оценки амплитудно-частотного тракта из-за нелинейных безынерционных искажений калибровочного сигнала определяется уровнем гармоник на комбинационных частотах третьего порядка относительно мощности основных гармоник полезного сигнала.

### Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 8.879-2014. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. М. : Стандартинформ, 2015.
2. Пат. 166501 РФ. Устройство калибровки многолучевой антенной решетки / Добычина Е.М., Снастин М.В.; заявл. 23.05.2016; опубл. 27.11.2016. Бюлл. № 33.
3. Добычина Е.М. Калибровка цифровой антенной решетки // Тр. 12-й междунар. конф. и выставки «Цифровая обработка сигналов

и ее применение – DSPA-2010», 31 марта – 2 апреля, Москва, 2010. Вып. XII-2. С. 44–47.

4. Shipley C., Woods D. Mutual coupling-based calibration of phased array antennas // IEEE Int. Conf. ARRAY. Dana Point, USA, 2000. P. 529–532.

---

*Аникин Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: anikinAS@main.tusur.ru.*

#### **The Assessment of the Influence of Nonlinear Distortion of the Amplifier on the Calibration of Paths**

*The report considers estimates of the maximum errors in the amplitude calibration of the receiving paths due to third-order nonlinear distortions during the passage of a multifrequency orthogonal signal from the final amplifier of the calibration signal source.*

**Key words:** *calibration, nonlinearity, error, multi-frequency signal.*

*Anikin Alexey Sergeevich – Scientific Leader, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of RTS Research Institute, Associate Professor, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, etc. Lenin, 40, e-mail: anikinAS@main.tusur.ru.*

**УДК 550.34.062: 550.34.063**

**Ю.С. Хворостяная, Г.Н. Якушевич**

#### **ВЫБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ АРУ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СЛОГОВОГО КОМПАНДИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

*Данная статья посвящена исследованию нелинейных искажений регулируемого усилителя для оценки в системах передачи информации, а также для дальнейшего использования в системах мобильной связи и средствах радиомониторинга. Исследуемая технология предполагает компрессию данных и сохранение исходного качества передаваемой информации. Этот метод является актуальным, так как объёмы информации постоянно растут, следовательно, необходимо увеличивать объём накопителей, а также необходимы более надежные каналы связи с быстрой передачей. Но увеличение объема носителей и увеличение скорости передачи по линиям технически сложно и экономически затратно, поэтому*

предлагается произвести сжатие передаваемой информации, не теряя при этом исходного качества.

**Ключевые слова:** слоговое компандирование, информация, автоматическая регулировка усиления, схема, моделирование, нелинейные искажения, коэффициент гармоник.

Практически можно сжать почти любую обычную информацию. Потому что, прежде всего, обычная информация, которой всем привычно пользоваться, находится в избытке. В электронном представлении информации присутствуют повторяющиеся символы и слова. Если избавиться от этой избыточности, то можно сильно уменьшить информационный объем, но при этом необходимо учесть тот факт, что сжатую и переданную информацию нужно будет восстановить к исходному виду, то есть нужно сохранить содержательную часть.

В данной статье мы рассмотрим компандер — техническое устройство, которое применяется, чтобы расширить динамический диапазон компрессией входного сигнала и экспандированием выходного. Компандирование необходимо в цифровых системах для того, чтобы сжать сигнал, перед тем как преобразовывать его из аналогового в цифровой и экспандировать (разархивировать) сигнал после его преобразования из цифрового в аналоговый (аналог использования нелинейного ЦАП) (рисунок 1).



Рисунок 1 — Импульсно-кодовая модуляция с компандированием при аналоговых компрессировании и экспандировании

Компандерные устройства повышают защищенность от внешних помех, что обусловлено участием компрессора и экспандера в обработке полезного сигнала, вместе они образуют эквивалентный линейный каскад — компандер, а обработку внешних помех производит экспандер — нелинейный блок. Уменьшение помех происходит относительно уровня сигнала [1].

Слоговое компандирование было разработано, чтобы бороться с шумами в свободном канале аналоговых цепей. На рисунке 2 можно увидеть, что уровень мощность сигнала на входе (для слогов с малым уровнем мощности) при передаче возрастает, уменьшая динамический диапазон, но снижается во время приема, расширяя динамический диапазон. При ослаблении принимаемых сигналов слоги, у которых маленькая мощность, остаются на начальном уровне, в добавок к ним

подавляются другие шумы, которые возникают в канале передачи. Исходя из этого, отношение сигнал/шум приемника для низкоуровневых сигналов увеличивается. Величина, на которую ОСШ увеличится по отношению к источнику сигнала, зависит от кратковременной (слововой) составляющей мощности передаваемого сигнала. Аналогично компенсирующее подавление на принимающем терминале может быть определено кратковременным уровнем мощности принимаемого сигнала [2].

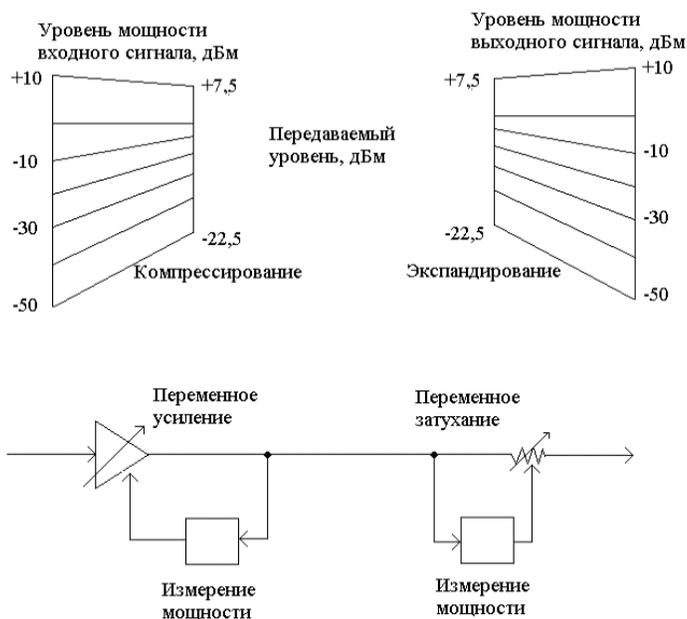


Рисунок 2 — Слововое компандирование аналогового сигнала

Осуществить слововое компандирование, которое мы исследуем, можно путем внедрения системы автоматической регулировки усиления (АРУ). Система АРУ нужна для того, чтобы держать уровень выходного сигнала в системах радиоавтоматики неизменным в определенных пределах, в то время как изменяется уровень входного сигнала. Для разных систем уровень входного сигнала изменяется в очень больших пределах, поэтому необходимо поддерживать уровень выходного сигнала примерно равным номинальному значению  $U_{\text{вых ном}}$ .

Входной  $D_{\text{вх}}$  и выходной  $D_{\text{вых}}$  динамические диапазоны могут быть определены следующими выражениями:

$$D_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}}; \quad D_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{\text{вых min}}},$$

где  $U_{\text{вх max}}$ ,  $U_{\text{вх min}}$  — максимальное и минимальное напряжение входного сигнала;  $U_{\text{вых max}}$ ,  $U_{\text{вых min}}$  — максимальное и минимальное напряжение выходного сигнала.

На рисунке 3 можно увидеть регулировочные характеристики для простой АРУ, АРУ с задержкой, АРУ с задержкой и усилением, также вместе с ними для сравнения показана амплитудная характеристика системы без АРУ.

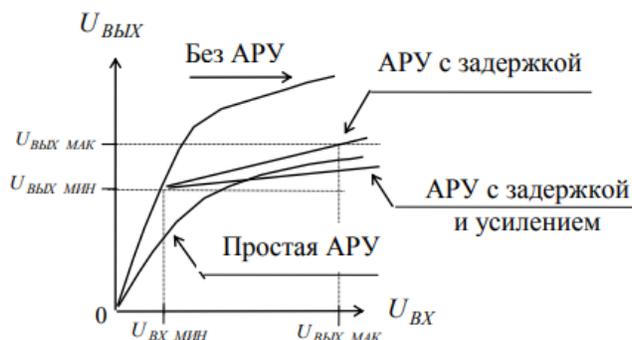


Рисунок 3 — Регулировочные характеристики системы АРУ

Эффективность АРУ можно определить отношением динамического диапазона на входе  $D_{\text{вх}}$  к динамическому диапазону на выходе  $D_{\text{вых}}$  [3]:

$$N = D_{\text{вх}}/D_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}} / \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{\text{вых min}}} = K_0/K_{\text{min}},$$

где  $K_0 = \frac{U_{\text{вых min}}}{U_{\text{вх min}}}$ ;  $K_{\text{min}} = \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{\text{вх max}}}$ .

Эффективность АРУ становится лучше при увеличении коэффициента эффективности  $N$ . При неизменном динамическом диапазоне на выходе эффективность АРУ лучше, чем у системы, динамический диапазон по входу которой больше. Аналогично при неизменном динамическом диапазоне на входе эффективность АРУ лучше той системы, у которой динамический диапазон по выходу меньше.

Следовательно, эффективность системы АРУ с задержкой и усилением лучше, чем эффективность системы АРУ с задержкой, что видно на рисунке 3 [3].

По принципу действия различают системы АРУ без обратной связи, с обратной связью и комбинированные, функциональные схемы которых содержат регулируемый усилитель (РУ), амплитудный детектор (АД) и ФНЧ.

Регулировка усиления в системе АРУ осуществляется следующими способами:

- изменить режим каскада по постоянному току — режимная регулировка;
- изменить глубину ООС в каскаде по переменному току;
- изменить коэффициент передачи межкаскадных цепей — аттенюаторов, которые управляются электрически [3].

В данной статье мы рассмотрим два способа автоматической регулировки усиления — режимную регулировку и регулировку с обратной связью. Каждый из этих способов будет осуществлен на простом каскаде с общим эмиттером и на дифференциальном каскаде.

Сначала произведем оценку нелинейных искажений с применением аналитических формул и расчетов. Формула общего коэффициента гармоник  $K_r$ :

$$K_r = \sqrt{K_{r2}^2 + K_{r3}^2},$$

где  $K_{r2}$ ,  $K_{r3}$  — коэффициенты второй и третьей гармонических составляющих сигнала.

Следующие формулы показывают нахождение второй и третьей гармоник соответственно:

$$K_{r2} = \frac{U_{\text{вх}}}{2\varphi(1+B)^2}; \quad K_{r3} = \frac{U_{\text{вх}}^2(1+2B)}{6\varphi^2(1+B)^4},$$

где  $U_{\text{вх}}$  — входное напряжение сигнала;  $\varphi$  — температурный потенциал,  $\varphi = 25,6 \cdot 10^{-3}$  В;  $B$  — фактор связи, или петлевое усиление.

Фактор связи для дальнейших расчетов:

$$B = \frac{R_r + r_6 + (1 + H_{21a})(r_3 + \Delta r + R_{\text{ос}})}{r_3(1 + H_{21a})}.$$

Рассчитаем с помощью этих выражений коэффициент гармоник схемы с режимной регулировкой усиления. Значение сопротивления  $r_3$  для схем с режимной регулировкой является переменным, его можно рассчитать в цикле с помощью простой схмотехнической формулы:

$$r_3 = \frac{25,6}{I_k}.$$

На рисунках 4–6 представлены зависимости коэффициентов гармоник исследуемых схем от коллекторного тока этих схем. По рисункам видно, что с уменьшением тока коэффициент гармоник увеличивается. При этом у дифференциального каскада этот коэффициент примерно в 2–2,5 раза меньше, чем у простого каскада с общим

эмиттером. Это объясняется тем, что в дифференциальный каскад вводится сопротивление обратной связи в виде входного сопротивления каскада с общей базой.

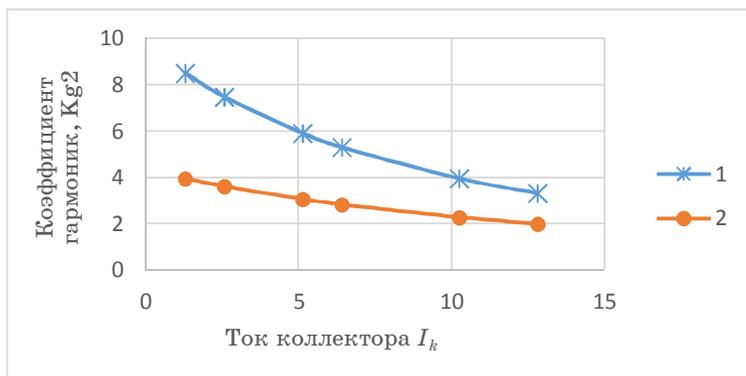


Рисунок 4 — Зависимость коэффициента вторых гармоник от тока коллектора: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

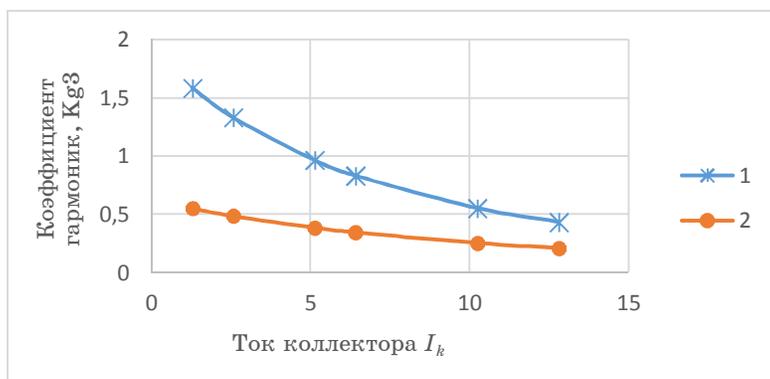


Рисунок 5 — Зависимость коэффициента третьих гармоник от тока коллектора: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

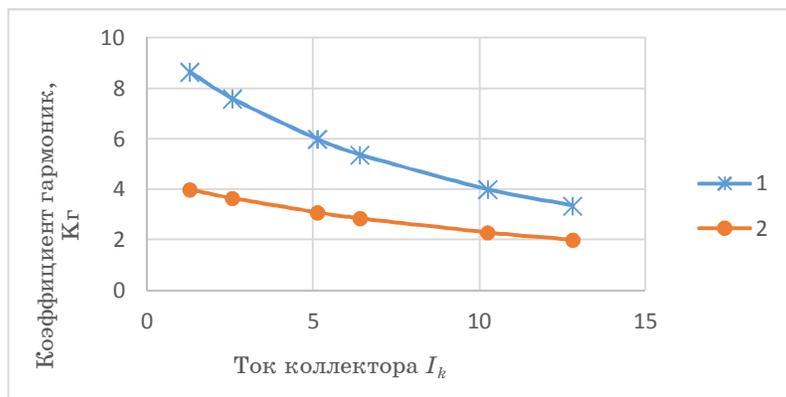


Рисунок 6 — Зависимость общего коэффициента гармоник от тока коллектора: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

Рассчитав схемы с режимной регулировкой усиления, перейдем к схемам с обратной связью. Здесь регулируемым является сопротивление обратной связи  $R_{oc}$ . Его значения мы рассчитаем по формуле, представленной ниже:

$$R_{ocn} = n \cdot 0,1 \cdot R_0,$$

где  $n$  — порядковый номер измерения.

На рисунках 7–9 представлены зависимости коэффициентов гармоник исследуемых схем от их сопротивлений обратной связи. По рисункам можно увидеть, что с уменьшением сопротивления обратной связи коэффициент гармоник возрастает. При этом у дифференциального каскада коэффициент гармоник получается в 2–2,5 раза больше, чем у простого каскада с общим эмиттером.

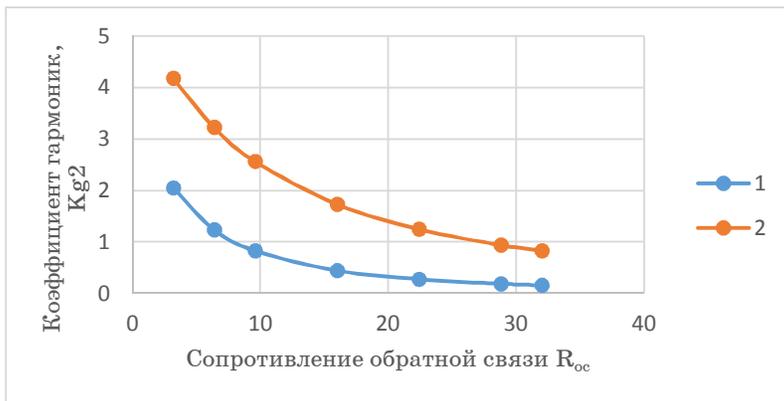


Рисунок 7 — Зависимость коэффициента вторых гармоник от сопротивления ОС: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

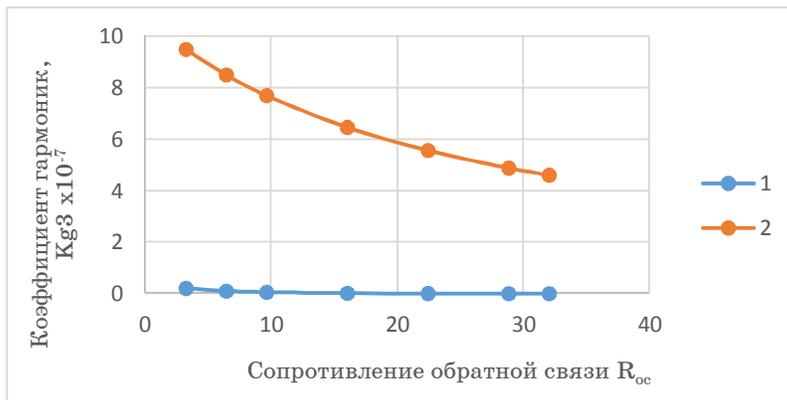


Рисунок 8 — Зависимость коэффициента третьих гармоник от сопротивления ОС: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

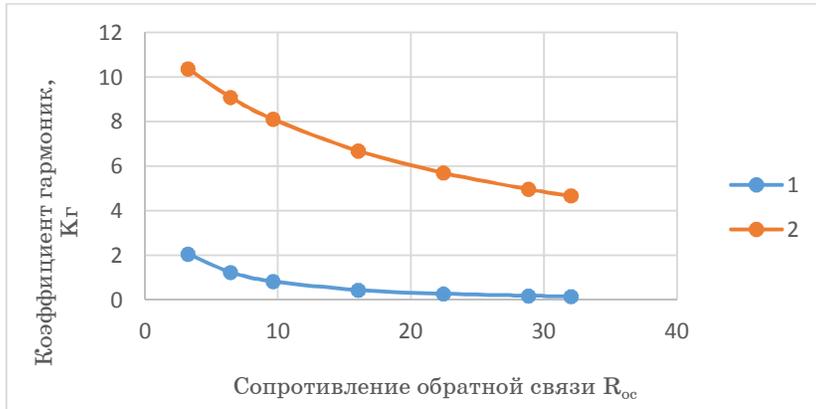


Рисунок 9 — Зависимость общего коэффициента гармоник от сопротивления ОС: 1 — простого каскада; 2 — дифференциального каскада

Далее перейдем к моделированию. На рисунке 10 представлена принципиальная схема каскада с режимной регулировкой усиления, построенная в программе Electronics Workbench (EWB). Схема содержит один биполярный транзистор 2N2218 *n-p-n*-типа [5]. Регулировка усиления производится путем изменения значений сопротивления эмиттера. При изменении этого сопротивления происходит изменение тока в цепи.

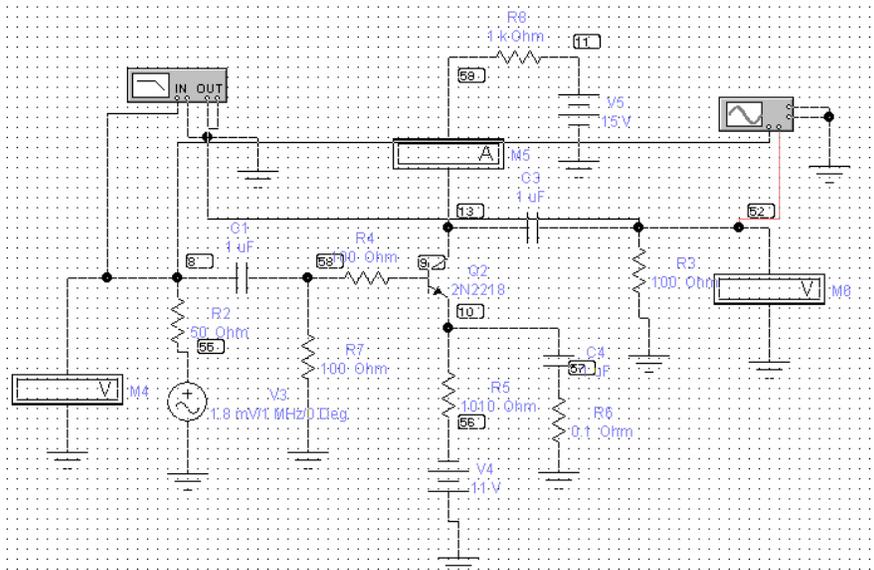


Рисунок 10 — Схема с режимной регулировкой простого каскада

На рисунке 11 показаны зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с простым каскадом. По рисунку видно, что значения третьей гармоники пренебрежимо малы, и в ре-

зультате расчетов общий коэффициент гармоник почти совпадает с коэффициентом вторых гармоник. Также по этому рисунку можно сказать, что с уменьшением коэффициента усиления схемы коэффициент гармоник возрастает.

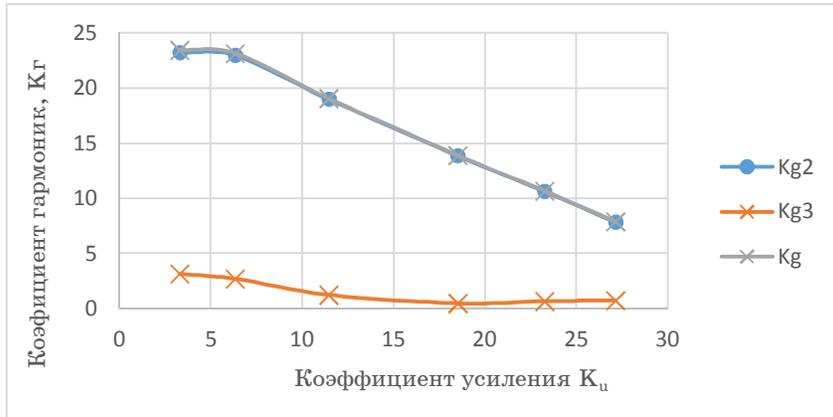


Рисунок 11 — Зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с простым каскадом

На рисунке 12 представлена принципиальная схема дифференциального каскада с режимной регулировкой усиления. В этой схеме используем два биполярных транзистора 2N2218 *n-p-n*-типа, у которых имеется общее эмиттерное сопротивление, с помощью которого мы регулируем ток в цепи.

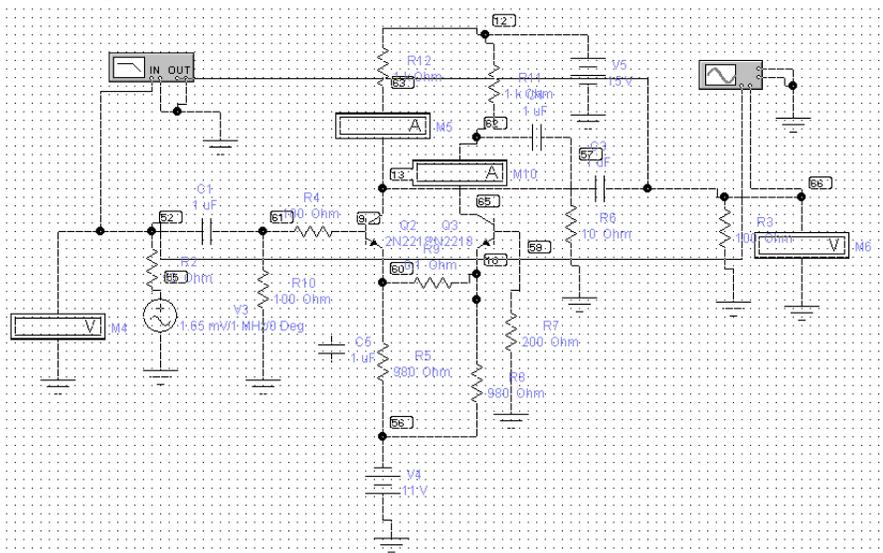


Рисунок 12 — Схема с режимной регулировкой дифференциального каскада

На рисунке 13 показана зависимость коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с дифференциальным каскадом. По рисунку видно, что с уменьшением коэффициента усиления, коэффициент гармоник возрастает.

По сравнению с каскадом с общим эмиттером у дифференциального каскада коэффициент усиления примерно в 2–2,5 раза меньше, это объясняется тем, что крутизна транзистора простого каскада равна  $S_0 R_n$ , в то время как для дифференциального она будет равной  $\frac{S_0 R_n}{2}$ .

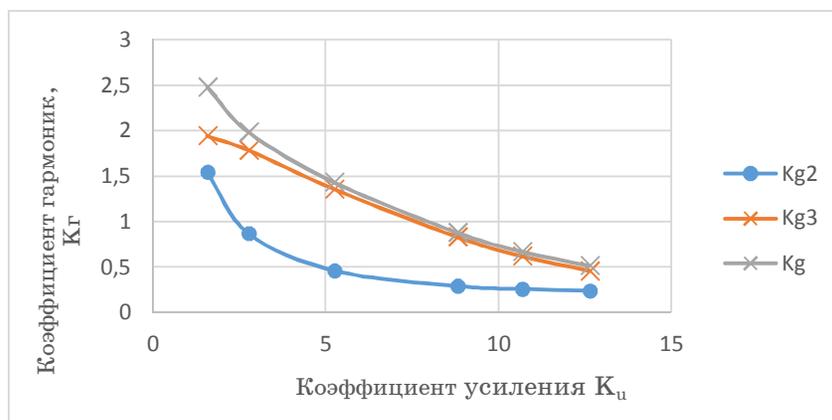


Рисунок 13 — Зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с дифференциальным каскадом

На рисунке 14 представлена принципиальная схема каскада с режимной регулировкой усиления, построенная в программе Electronics Workbench (EWB). Схема содержит один биполярный транзистор 2N2218 *n-p-n*-типа с параметрами, указанными в приложении. В этой схеме добавляется сопротивление обратной связи, которое соединяется с каскадом блокировочной ёмкостью. Регулировка усиления производится путем изменения значений сопротивления обратной связи.

На рисунке 15 представлены зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с обратной связью простого каскада. По рисунку видно, что при уменьшении коэффициента усиления коэффициент гармоник схемы уменьшается, что положительно сказывается на качестве передаваемой информации.

На рисунке 16 представлена принципиальная схема дифференциального каскада с регулировкой обратной связи. В этой схеме используем два биполярных транзистора 2N2218 *n-p-n*-типа, у которых имеется общее эмиттерное сопротивление обратной связи, с помощью которого мы регулируем усиление.

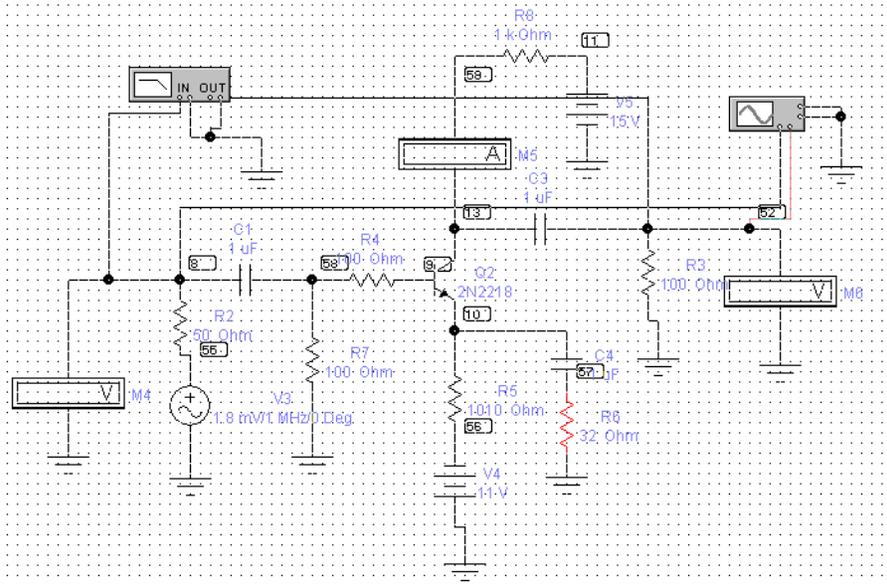


Рисунок 14 — Схема с обратной связью простого каскада

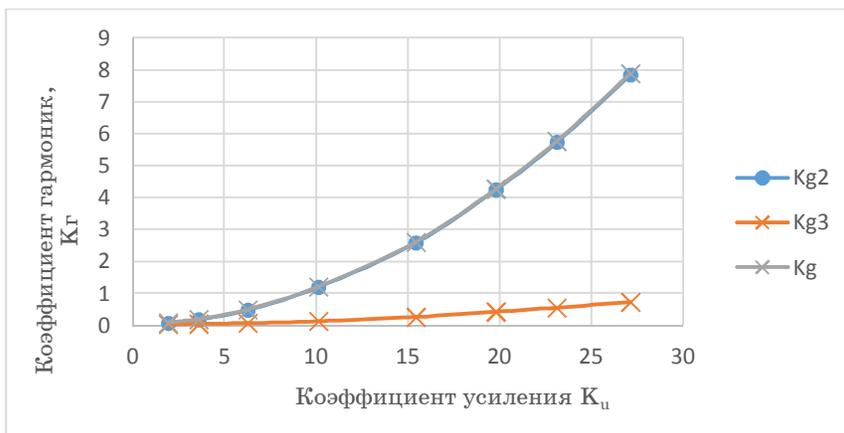


Рисунок 15 — Зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с простым каскадом

На рисунке 17 представлены зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с обратной связью простого каскада. По рисунку видно, что при уменьшении коэффициента усиления коэффициент гармоник схемы уменьшается.

Рассмотрим, как влияет изменение входного сопротивления на выходные напряжения или гармоники. В таблицах 1 и 2 представлены измеренные значения гармоник сигнала для простого каскада и дифференциального каскада.

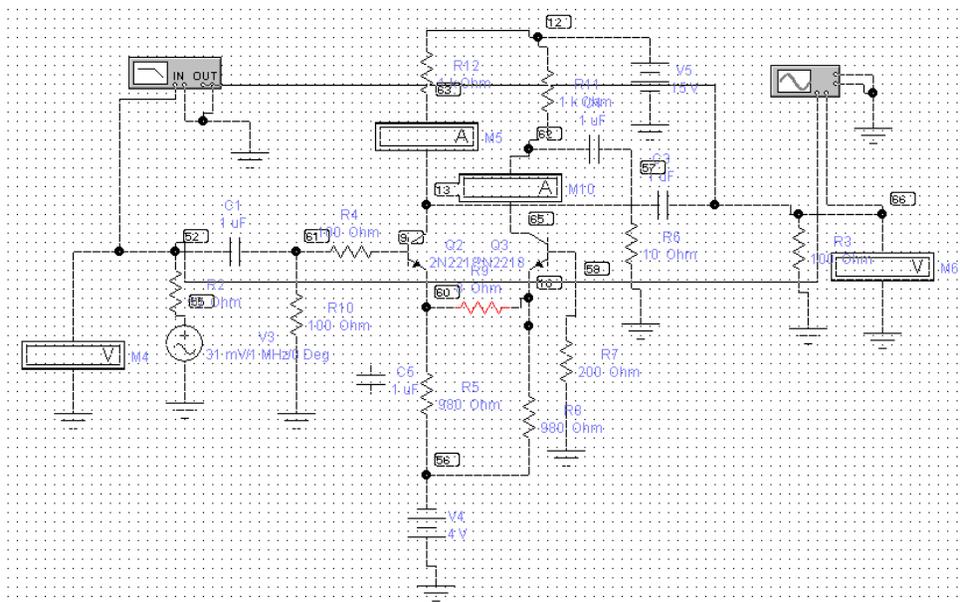


Рисунок 16 — Схема с обратной связью дифференциального каскада

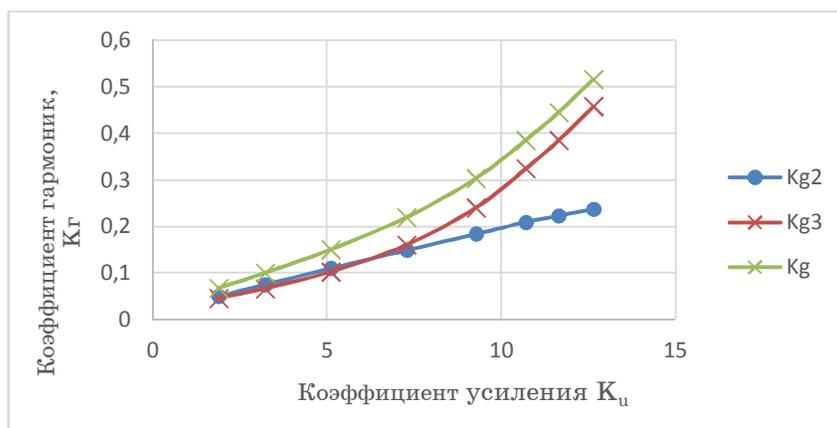


Рисунок 17 — Зависимости коэффициентов гармоник от коэффициента усиления схемы с дифференциальным каскадом

Таблица 1 — Гармоники для схемы с общим эмиттером

$U_{вх}$ , мВ	160	80	40	20	10	5	1
$U_1$ , мВ	2989	1763	1028	548	289,9	144,06	30,9
$U_2$ , мВ	1155	505,6	163,8	43	11,93	3,08	0,199
$U_3$ , мВ	11,3	62,27	21,32	4	0,933	0,350	0,072

Таблица 2 — Гармоники для схемы с дифференциальным каскадом

$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$	160	80	40	20	10	5	1
$U_1, \text{ мВ}$	1123	867,6	503,2	255,2	138,6	64,5	13,5
$U_2, \text{ мВ}$	12,2	4,67	1,52	0,605	0,309	0,14	0,029
$U_3, \text{ мВ}$	213	50	7	1,17	0,39	0,148	0,029

В таблицах 3 и 4 представлены рассчитанные по измеренным данным с помощью формул коэффициенты усиления и гармоник схем.

Таблица 3 — Значения коэффициентов гармоник для простого каскада

$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$	1	5	10	20	40	80	160
$K_u$	30,09	28,812	28,99	27,4	25,7	22,038	18,681
$K_{g2}, \%$	0,661	2,138	4,115	7,847	15,934	28,678	38,642
$K_{g3}, \%$	0,239	0,243	0,322	0,73	2,074	3,532	3,791
$K_g, \%$	0,703	2,152	4,128	7,881	16,068	28,895	38,827

Таблица 4 — Значения коэффициентов гармоник для дифференциального каскада

$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$	1	5	10	20	40	80	160
$K_u$	13,5	12,9	13,86	12,76	12,58	10,845	7,019
$K_{g2}, \%$	0,215	0,217	0,223	0,237	0,302	0,538	1,086
$K_{g3}, \%$	0,215	0,229	0,281	0,458	1,391	5,763	18,967
$K_g, \%$	0,304	0,316	0,359	0,516	1,424	5,788	18,998

На рисунке 18 приведена зависимость коэффициента усиления от входного напряжения схем. С увеличением входного напряжения коэффициент усиления падает, это связано с тем, что каскад входит в режим ограничения, то есть изменяется форма сигнала и появляются гармоники. Происходит так называемое «сжатие» коэффициента усиления.

Проведя моделирование и расчет исследуемых схем, нужно сравнить их между собой, для того чтобы выяснить, какая из них наиболее сохранит качество передаваемой информации. Сравнение схем представим в виде зависимостей коэффициентов гармоник от коэффициентов усиления схем.

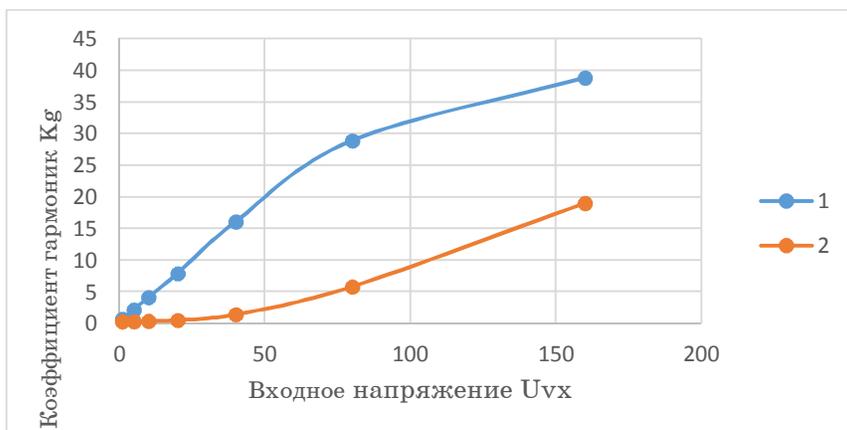


Рисунок 18 — Зависимость коэффициента усиления от входного напряжения схем: 1 — с простым каскадом; 2 — с дифференциальным каскадом

На рисунке 19 показана исследуемая зависимость. По рисунку видно, что зависимости у схем с дифференциальным каскадом имеют значительно меньший коэффициент гармоник, чем схемы с общим эмиттером. Поэтому применение дифференциального каскада в схеме АРУ значительно лучше, чем схемы с общим эмиттером. Осталось узнать, схему с какой регулировкой лучше построить на основе этого каскада.

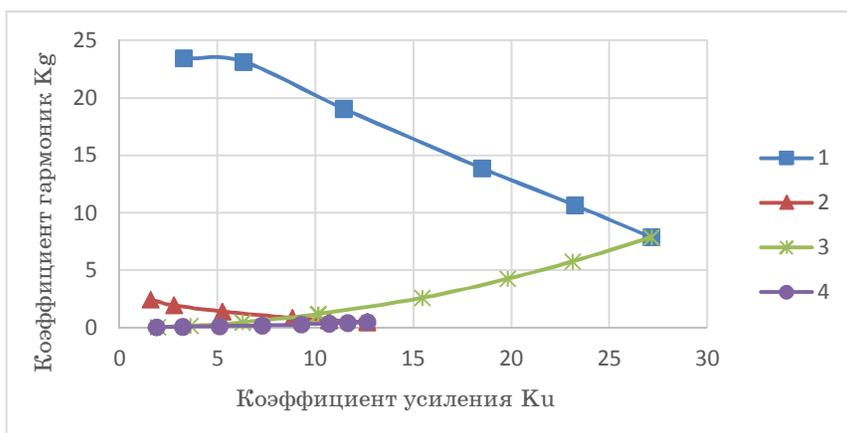


Рисунок 19 — Зависимость коэффициентов гармоник от коэффициентов усиления схем: 1 — с режимной регулировкой простого каскада; 2 — с режимной регулировкой дифференциального каскада; 3 — с обратной связью простого каскада; 4 — с обратной связью дифференциального каскада

При уменьшении коэффициента усиления коэффициент гармоник у схемы с режимной регулировкой возрастает, что не очень хорошо сказывается на качестве передаваемой информации. В таком случае могут появиться искажения. У схемы с обратной связью в этом случае коэффициент гармоник наоборот уменьшается, что более положительно влияет на передаваемые данные.

Однако при регулировке схемы с ОС дифференциального каскада очень трудно выбрать значения резистивного элемента для правильной регулировки. Эта задача затруднена даже при использовании полевого транзистора в каскаде. Делая вывод из сравнительного анализа схем, мы модернизировали схему регулировки усиления, соединив достоинства схем с режимной регулировкой и ОС, с помощью введения параллельного дополнительного каскада. В нем мы регулируем коэффициент усиления с помощью регулируемого источника напряжения. Оптимизированная схема представлена на рисунке 20.

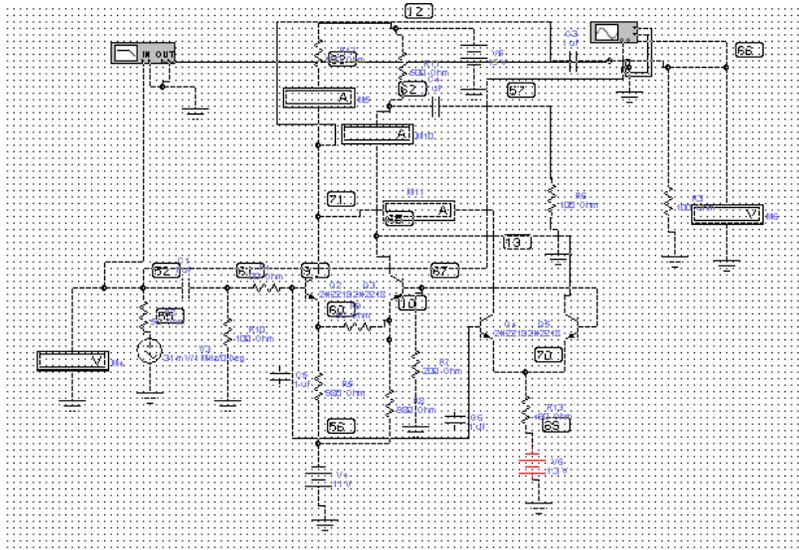


Рисунок 20 — Улучшенная схема регулировки усиления

На рисунке 21 показана зависимость коэффициентов гармоник от коэффициентов усиления улучшенной схем и схем с дифференциальными каскадами для проведения сравнения. По рисунку видно, что по сравнению с другими, у оптимизированной схемы с уменьшением коэффициента усиления коэффициент гармоник остается примерно постоянным, что позволяет сохранить исходное качество передаваемой информации.

В результате было выяснено, что для сохранения качества передаваемой информации следует использовать оптимизированную схему, соединяющую в себе свойства и достоинства видов регулировки — режимной и с ОС. Коэффициент гармоник этой схемы остается почти

постоянным при уменьшении коэффициента усиления, что позволяет сохранить качество передачи данных.

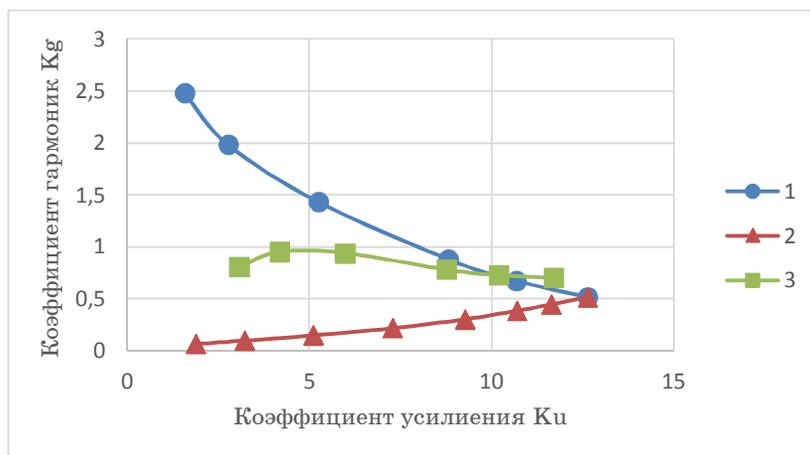


Рисунок 21 — Зависимость коэффициента гармоник от коэффициента усиления схем: 1 — с режимной регулировкой дифференциального каскада; 2 — с ОС дифференциального каскада; 3 — оптимизированной схемы

### Список используемой литературы

1. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи : учеб. – М. : Новое издание, 2002. 751 с.
2. Цифровая телефония : пер. с англ. / под ред. А.Н. Берлина, Ю.Н. Чернышова. М. : Эко-Трендз, 2004. 640 с.
3. Якушевич Г.Н. Радиоавтоматика : учеб. пособие. Томск. : Томск гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2005. 228 с.
4. Якушевич Г.Н. Исследование системы автоматической регулировки усиления : учеб.-метод. пособие по лабораторной работе в среде ElectronicsWorkbench (EWB). Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007.
5. Транзистор 2N2218 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.microshemca.ru/2N2218/> (дата обращения: 12.06.19).

---

*Хворостяная Юлия Сергеевна – студент группы 1В9-М, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: khvorostyanaya1998@mail.ru.*

*Якушевич Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: mrc@main.tusur.ru.*

## **Selection and Optimization of the AGC Scheme for the Implementation of Syllable Companding in Information Transmission Systems**

*This article is devoted to the study of nonlinear distortions of an adjustable amplifier for evaluation in information transmission systems, as well as for further use in mobile communication systems and radio monitoring facilities. The technology under study assumes data compression and preservation of the original quality of the transmitted information. This method is relevant, since the volume of information is constantly growing, therefore, it is necessary to increase the volume of storage devices, and more reliable communication channels with fast transmission are needed. But an increase in the volume of carriers and an increase in the transmission speed along the lines is technically difficult and economically expensive, therefore it is proposed to compress the transmitted information without losing the original quality.*

**Key words:** *syllabic companding, information, automatic gain control, circuit, modeling, nonlinear distortion, harmonic distortion.*

*Khvorostyanaya Yulia Sergeevna – student of group 1V9-M, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Moscow, st. Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: khvorostyanaya1998@mail.ru.*

*Yakushevich Gennady Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Moscow, st. Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: mrc@main.tusur.ru.*

## Секция 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗОВ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК

---

УДК 378.4

И.А. Трубченинова

### БАЗОВАЯ КАФЕДРА КАК ФОРМА КОМПЛЕКСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

*Рассмотрены формы взаимодействия вуза и предприятия на примере Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Выявлены достоинства и недостатки данных форм взаимодействия. Предложено обеспечение комплексного взаимодействия вуза и предприятия через базовые кафедры.*

*Ключевые слова:* базовая кафедра, взаимодействие с предприятием, университет, предприятие оборонно-промышленного комплекса, качество образования.

В настоящее время особое внимание уделяется управлению качеством образования в вузах. Особую актуальность это приобрело в свете усиливающейся конкуренции между образовательными организациями. К приоритетным объектам мониторинга качества образования относятся качество подготовки специалистов, потребности и удовлетворенность субъектов образования предоставлением образовательных услуг, востребованность выпускника на рынке труда. Ряд вопросов по оценке качества образовательного процесса рассматривался ранее в работах [1–4], однако не затрагивался вопрос о влиянии способов взаимодействия предприятия с вузом на качество образовательного процесса и интерес предприятий к работе со студентами. Между тем взаимодействие и укрепление сотрудничества с предприятиями, особенно оборонно-промышленного комплекса (ОПК), весьма актуально. Например, предприятия ОПК являются базами практик студентов и трудоустройства выпускников для Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), и поэтому важно организовать взаимодействие ТУСУРа и предприятий ОПК для укрепления сотрудничества и повышения качества предоставления образовательных услуг.

Цель работы — рассмотреть базовые кафедры как способ взаимодействия с предприятиями ОПК для повышения качества образова-

ния. Для её достижения надо решить следующие задачи: изучить формы взаимодействия вуза с предприятиями ОПК; выявить достоинства и недостатки существующих форм взаимодействия; определить оптимальную форму взаимодействия ТУСУРа с предприятиями ОПК.

Проанализируем формы взаимодействия ТУСУРа с предприятиями.

1. Ведение совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Реализация совместных научных проектов — это не только основа для успешного развития предприятия и вуза, но и возможность привлечения студентов, заинтересованных в развитии науки и участии в научной деятельности университета. Привлечение студентов в научные проекты является выгодным как для студента, так и для ТУСУРа. Студент получает новые знания, растет как профессионал в своей области, приобретает опыт работы, что важно для последующего трудоустройства, имеет возможность писать научные статьи и выступать с ними на конференциях, публиковаться в различных журналах, а также становиться стипендиатом различных программ, тем самым значительно улучшая свое материальное положение. ТУСУР в свою очередь получает «рабочую силу» для реализации проекта, а предприятие — более подготовленного специалиста.

2. Открытие совместной базовой кафедры.

Базовая кафедра — это учебно-научное структурное подразделение университета, предназначенное для создания образовательной, научной, инновационной и культурной среды, обеспечивающей поиск, воспитание и подготовку высококонкурентоспособных специалистов для базового предприятия [5]. Главным достоинством данной формы взаимодействия является подготовка специалистов для конкретного предприятия. Однако в настоящий момент не выработана четкая модель взаимодействия вуза и предприятия в рамках базовой кафедры.

3. Целевое обучение студентов.

Целевое обучение является гарантом того, что выпускник будет трудоустроен в организацию, с которой был заключен договор, а организация пополнит свой кадровый состав. Договор на целевое обучение может быть заключен как с абитуриентом, планирующим поступать в вуз, так и уже со студентом вуза. Именно среди предприятий ОПК распространено привлечение кадров через целевое обучение студентов. В настоящий момент сотрудничество в рамках целевого обучения студентов осуществляется с АО «НПЦ «Полус» (г. Томск), АО «НИИПП» (г. Томск), АО «УПКБ «Деталь» (г. Каменск-Уральский), ФГУП «ПО «Октябрь» (г. Каменск-Уральский), АО «ИСС им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск), АО «ОНИИП» (г. Омск), АО «НПП «Исток» (г. Фрязино).

4. Групповое проектное обучение (ГПО).

Уникальная технология ТУСУРа, которая направлена на реализацию компетентного подхода и практическое закрепление знаний, умений и навыков проектной, научно-исследовательской, организационно-управленческой деятельности при разработке инновационного проекта. Данная технология используется как в рамках образовательной организации, так и с участием предприятий [6]. Достоинствами данной формы взаимодействия являются практико-ориентированный подход и долгосрочное сотрудничество с предприятием при совместной реализации проекта.

#### 5. Организация практики.

Практика — это вид учебной деятельности, направленный на формирование, закрепление практических навыков и компетенций в процессе выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. Практика студентов может проходить как в структурных подразделениях образовательной организации, так и в профильных организациях [7]. Одним из главных преимуществ организации практик является наибольший охват студентов, так как каждый студент вуза проходит несколько практик во время обучения. Еще к достоинствам практик можно отнести погружение студента в производственный процесс предприятия, получение студентом практических навыков в профессиональной среде, возможность дальнейшего трудоустройства на предприятии. К недостаткам можно отнести финансовые затраты, невозможность прохождения практики иностранными студентами на предприятиях ОПК, вероятность того, что студент после прохождения практики выберет иное предприятие для трудоустройства. В 2018/2019 учебном году практику на предприятиях ОПК, с которыми сотрудничает ТУСУР, прошло 198 обучающихся очной формы обучения, в 2019/2020 учебном году — 85 обучающихся очной формы обучения, однако данный спад связан исключительно со сложившейся эпидемиологической ситуацией в стране.

Рассмотрев все формы взаимодействия ТУСУРа с предприятиями ОПК, можно сформулировать следующую рекомендацию, которая позволит обеспечить комплексное взаимодействие вуза и предприятия. Сотрудничество с предприятиями ОПК надо осуществлять через базовые кафедры, так как данная форма взаимодействия позволяет объединить ресурсы предприятия и вуза с целью повышения качества учебного процесса за счет привлечения к преподаванию специалистов-практиков, а также современного оборудования предприятий. Кроме того, именно в рамках реализации базовых кафедр можно обеспечить все остальные формы взаимодействия, представленные выше, тем самым обеспечив комплексное взаимодействие. В настоящий момент существуют 3 базовых кафедры с предприятиями ОПК:

– кафедра «Полупроводниковые приборы», организованная совместно с АО «НИИПП» (г. Томск);

- кафедра «Конструирование радиоэлектронных средств», организованная совместно с АО «НПЦ «Полус» (г. Томск);
- кафедра «Космические радиоэлектронные устройства», организованная совместно с АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва» (Красноярский край, г. Железногорск).

К сожалению, в связи с отсутствием четкого алгоритма взаимодействия в рамках базовой кафедры, работа с ними не проводится систематически и не дает ожидаемых результатов. Поэтому в настоящий момент осуществляются разработка модели взаимодействия вуза и предприятия в рамках базовой кафедры и корректировка нормативного сопровождения.

Рассмотрев организацию взаимодействия с предприятиями ОПК, можно сделать вывод, что сотрудничество через базовые кафедры позволит самим предприятиям принимать участие в подготовке молодого специалиста, привлекать для дальнейшего трудоустройства и тем самым обеспечивать компанию нужными кадрами, обладающими теми компетенциями, которые нужны именно им. В свою очередь образовательная организация за счет данного взаимодействия повышает качество решения одной из самых главных задач — подготовки кадров для предприятий различных сфер деятельности.

### Список использованной литературы

1. Ерофеева Г.В., Гриякова Ю.Л. Развитие тенденций высшего образования и формирование профессиональных компетенций магистрантов технических вузов // Вестник ТГПУ. 2012. Вып. 4. С. 136–141.
2. Черная Ю.А. Оценка эффективности вуза в связи с внедрением критериев оценки качества образовательных услуг // Фундаментальные исследования. 2014. Вып. 12-9. С. 1999–2002.
3. Трубченинова И.А., Газизов Т.Р. Практика реализации оценки качества магистерских программ // Вестник ТГПУ. 2018. Вып. 8. С. 177–184.
4. Трубченинова И.А., Бусыгина А.В. Анкетирование как ресурс для повышения качества образования в магистратуре // Доклады 23-й Междунар. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-23-2017). Томск : В-Спектр, 2017. С. 77–80.
5. Типовое положение о базовой кафедре ТУСУР от 13.06.2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/906>.
6. Положение об организации группового проектного обучения в ТУСУРе от 29.12.2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/868>.
7. Приказ Министерства образования и науки РФ от 27 ноября 2015 г. № 1383.

---

*Трубченинова Ирина Анатольевна – ассистент кафедры телевидения и управления, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: irina.a.trubcheninova@tusur.ru.*

**Basic Department as a Form of Integrated Interaction  
of the University with the Defense-Industrial Complex  
for Improving the Quality of Education**

*The forms of interaction between the university and the enterprise are considered on the example of the Tomsk State University of control systems and radio electronics. The advantages and disadvantages of these forms of interaction are revealed. It is proposed to provide complex interaction between the university and the enterprise through the base departments.*

**Key words:** *base department, interaction with an enterprise, university, enterprise of the military-industrial complex, quality of education.*

*Trubcheninova Irina Anatolyevna – Assistant of the Department of Television and Control, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: irina.a.trubcheninova@tusur.ru.*

**УДК 378.14**

**Л.И. Шарыгина**

**ОБУЧЕНИЕ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

*Рассматриваются проблемы обучения студентов, возникшие в период пандемии коронавируса в 2020 г., и предлагаются шаги дальнейших действий для их решения на случай повторения сложной ситуации.*

**Ключевые слова:** *дистантное обучение, студенты, лекции, контроль знаний.*

Пандемия «упала» на Землю неожиданно. Мир не был готов к ней ни морально, ни физически. Не были готовы и вузы. Да, в некоторых, в том числе и в ТУСУРе, уже несколько лет назад было внедрено дистантное обучение, но оно не было рассчитано на большое число студентов и изучение всего спектра дисциплин, в том числе сугубо практических. Кроме того, дистантно обучались, по мнению автора, студенты, которые действительно хотели получить знания, что, к сожалению, не всегда характерно для студентов дневной формы обучения.

Поскольку число обучающихся дистантно студентов было невелико, к работе по такой технологии было привлечено небольшое число

преподавателей. Остальные преподаватели не имели опыта работы онлайн, ставшего востребованным в период пандемии. Не было и достаточного для обучения больших групп студентов материального и программного обеспечения. Но другого выбора не было — всех студентов стало необходимо обучать в новой реальности по новым технологиям.

Да, можно консультировать студентов по Skype или при помощи других мессенджеров, но это актуально, скорее, для устных дисциплин. Можно также дистантно проверять контрольные или другие письменные работы. Однако опыт показал, что далеко не всегда можно выполнить удаленно лабораторный практикум, даже если это симуляция на компьютерном экране. Проблема в том, что большинство студентов, выполняя лабораторную работу, не всегда способны логически размышлять — ставить задачу и анализировать результат. При нормальном режиме обучения преподаватель может оказать необходимую помощь, подсказать, реагируя на степень затруднения студента «здесь и сейчас», что исключено или крайне затруднено при обучении онлайн.

Нужно отметить, что студенты тоже не были готовы. Даже в обычных условиях (при обучении офлайн) не все умеют планировать свое время. Новая же система, где большой объем материала отдается студенту на самостоятельное изучение, выбивает многих из колеи. Опыт у нас пока небольшой, но и он показал, что, получив «свободу», многие студенты приступили к работе слишком поздно. Так, например, в одной из не самых «худших» групп только шесть человек из девятнадцати сдали в срок домашнее задание, еще семь сдали его много позже, четверо сдали за три дня до конца семестра, а двое не сдали совсем. И есть основания полагать, что общение с преподавателем в аудитории могло бы им помочь.

Контроль работы студентов и их знаний при современной (запущенной в сжатые сроки) системе дистантного образования затруднителен — никогда нельзя быть уверенным, отвечает ли студент сам, с подсказкой или за него отвечает кто-то другой. Самая большая проблема при этом — чтение лекций. Конечно, можно заготовить слайды и показывать их на экране. Но это делает лекцию скучной, а студенты конспект не ведут, надеясь получить готовую презентацию. К сожалению, слайды, если они есть, могут создать ощущение какого-то владения материалом и не стимулируют дальнейшую самостоятельную работу студента.

Часть описанных ситуаций имеет место и при дневной форме обучения, но при дистантной работе ситуация становится более острой. Проблем достаточно много, но важнее найти пути их решения, тем более что ситуация с пандемией не выглядит обещающе. Если предполагать, что и в дальнейшем обучение будет полностью или частично дистантным, необходимо предпринять следующие действия.

1. Обеспечить чтение лекций большому потоку студентов с динамичной подачей материала — симуляция лекционной аудитории на примере программного продукта Zoom или его аналогов с возможностью использования «доски», демонстрации экрана, интерактивных форм взаимодействия, возможностью контакта с слушателями.

2. Разработать интерактивный, удобный для дистантной подачи лекционный материал — обеспечить возможность динамично передавать написанный, как на доске, текст.

3. Организовать контроль посещений слушателей групповых и лекционных поточных занятий, в том числе с визуализацией студента на видео.

4. Разработать систему сроков сдачи заданий с прогрессивной шкалой оценивания в зависимости от времени поступления решения, тем самым мотивируя студентов работать регулярно и как можно более самостоятельно.

5. Предоставить необходимую для обучения материальную базу (как аппаратную составляющую, так и программное обеспечение) для преподавателей и студентов, в том числе для осуществления качественных видеозаписей и создания видеокурсов.

6. Разработать эффективные в условиях дистантной формы взаимодействия способы контроля знаний студента: прием зачетов, экзаменов, оценка контрольных, лабораторных работ, защита курсовых работ, — так чтобы обеспечить самостоятельность, удобство и возможность контакта с преподавателем.

Автором предложены основные меры, обеспечение которых позволит сделать удаленный формат обучения более эффективным. Их необходимость продиктована личным практическим опытом обучения студентов онлайн в весеннем семестре 2020 года. Пандемия и повсеместный переход на дистантное обучение в вузах усилили роль и современных средств связи, и обмена информацией. Таким образом, кроме вышеназванных мер, необходимо также обеспечить высокоскоростной Интернет на местах работы преподавателей, а также по возможности в местах обучения студентов (библиотеки университета, общежития, бизнес-инкубатор и пр.).

---

*Шарыгина Людмила Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: gssh@mail.tomsknet.ru*

### **Education at the Period of Pandemia**

*There are discussed the problems of students' teaching that became obvious at the period of the pandemic 2020. There was introduced the distant system of teaching able to find the way out of the blind alley. Still there should be solved some mental and material questions.*

**Key words:** *distant education, students, lectures, knowledge control.*

*Sharygina Lyudmila Ivanovna – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: gssh@mail.tomsknet.ru.*

**УДК 378.14**

**Д.О. Ноздреватых, В.А. Громов**

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК В ПЕРИОД ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*В статье рассматривается взаимодействие Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники с предприятиями оборонно-промышленного комплекса (ОПК) на примере кафедры радиотехнических систем. Рассматривается период дистанционного обучения в сравнении с аналогичным период очного традиционного обучения.*

**Ключевые слова:** *предприятия ОПК, целевая программа, обучение студентов, дистанционное обучение.*

В настоящее время одним из основных факторов, определяющих направление развития университетов, является их сотрудничество с предприятиями и работодателями. Кафедра радиотехнических систем (РТС) ТУСУРа сотрудничает со многими предприятиями ОПК. В их числе: АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск); АО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь» (г. Каменск-Уральский); АО «Авиационная холдинговая компания «Сухой» (г. Комсомольский-на-Амуре); Авиационный завод имени Ю.А. Гагарина» (г. Комсомольск-на-Амуре); АО «Научно-производственное предприятие «Исток» имени А.И. Шокина» (г. Фрязино Московской области); Центр исследований и разработок ООО «ЛЭМЗ-Т» (г. Томск) и многие другие [1].

Можно выделить два условия успешного решения задачи подготовки технических специалистов с высшим образованием в современных условиях.

Во-первых, нужно обеспечить профессиональную ориентацию молодежи, создать и поддерживать мотивацию к овладению знаниями и навыками в течение всего периода обучения.

Во-вторых, сам процесс обучения должен быть построен так, чтобы обеспечить активное овладение компетенциями, необходимыми для проведения НИОКР по созданию изделий новой техники на современном уровне развития технологий.

Второе условие может быть обеспечено только при вовлечении студентов в процесс разработки реальных технических устройств на предприятии или при выполнении конкретной задачи в рамках действующего хоздоговора между предприятием и университетом. Этот процесс должен начинаться как можно раньше и продолжаться до конца обучения. Этому процессу сопутствуют определенные учебным планом научно-исследовательская работа и групповое проектное обучение (ГПО), производственные практики на предприятиях, занятия на базовых кафедрах предприятий.

В настоящее время существуют различные формы взаимодействия высших учебных заведений и предприятий. По исследованиям современные вузы страны предпочитают следующие формы взаимодействия с предприятиями:

- участие работодателей в формировании учебных планов и рабочих программ подготовки специалистов;
- организацию производственных практик и дипломного проектирования студентов в организации-партнере;
- целевую подготовку специалистов по заказу организации-партнера;
- использование кадрового и научно-технического потенциала организации-партнера в учебном процессе, в том числе путем создания базовых кафедр [2].

Дистанционная форма организации проведения занятий у студентов и практик также внесла свои коррективы.

На рисунке 1 приведены данные о распределении студентов на производственную практику в 2019 году (очное обучение) — было распределено 56 студентов 3 и 4 курсов соответственно.

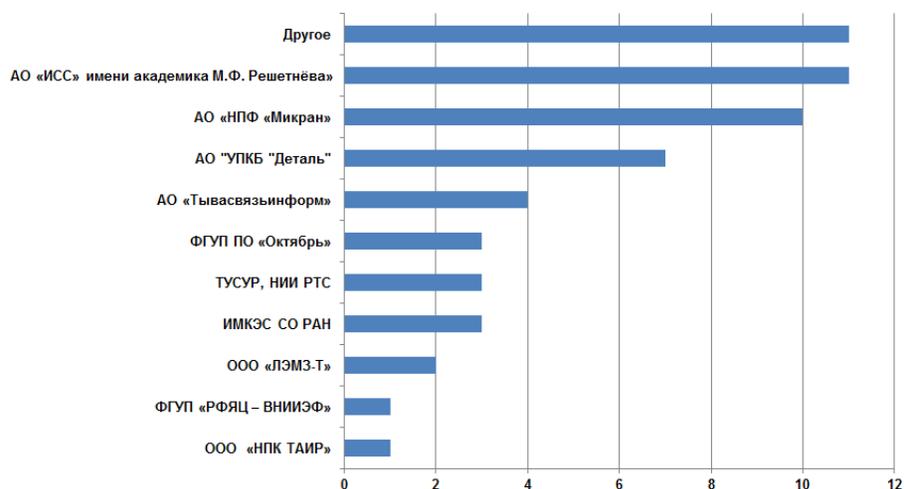


Рисунок 1 — Распределение студентов на производственную практику в 2019 году (очное обучение)

На рисунке 2 представлены данные о распределении студентов на производственную практику в 2020 году (дистанционное обучение) — было распределено 70 студентов 3 и 4 курсов соответственно.

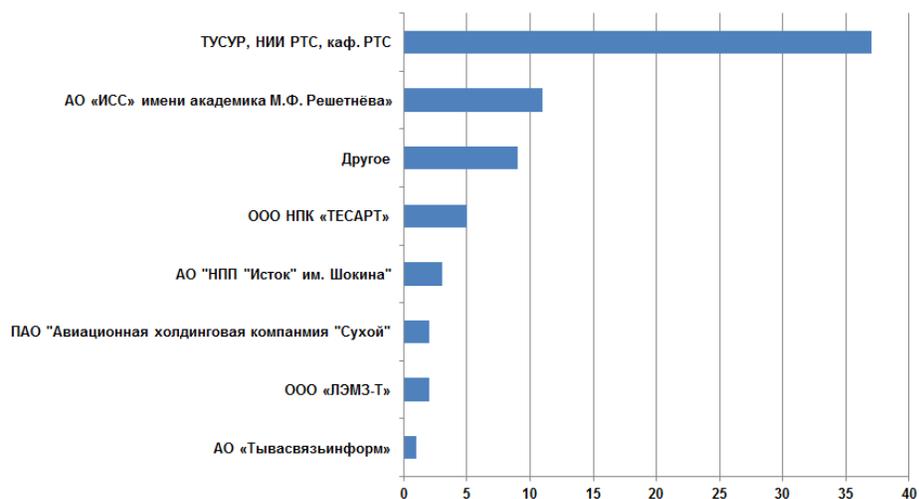


Рисунок 2 — Распределение студентов на производственную практику в 2020 году (дистанционное обучение)

Из рисунков 1 и 2 видно, что произошло сокращение по распределению студентов на предприятия. В основном студенты проходили производственную практику в различных НИИ, СКБ и других структурных подразделениях вуза.

Сравнительная диаграмма по распределению студентов приведена на рисунке 3.

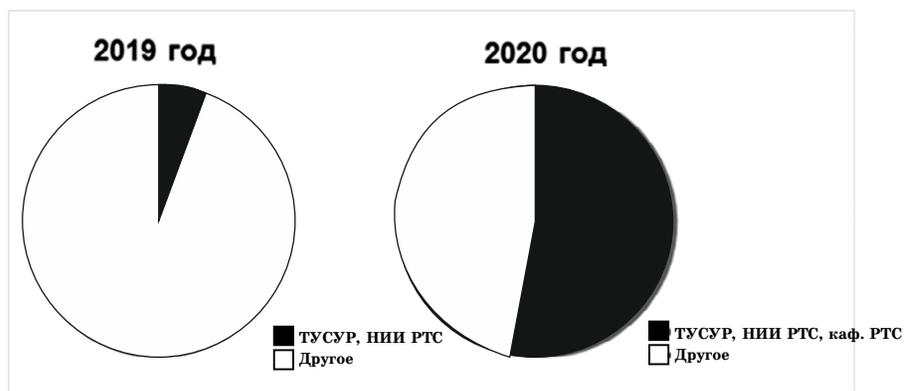


Рисунок 3 — Сравнительные диаграммы по распределению студентов в 2019 и в 2020 годах соответственно

Очевидно, что в современных условиях развитие университетов, в частности ТУСУРа, невозможно без их активного взаимодействия с предприятиями-партнерами.

Поэтому стратегия кафедры РТС ТУСУРа направлена на дальнейшее расширение взаимодействия с предприятиями ОПК, при котором студенты обучаются по целевой технологии и для успешной трудовой деятельности получают набор необходимых компетенций в соответствии с профессиональными стандартами.

### Список использованной литературы

1. Куприц В. Ю., Ноздреватых Д.О., Громов В.А. Взаимодействие университета с предприятиями оборонно-промышленного комплекса // Современное образование: Повышение профессиональной компетентности преподавателей вуза — гарантия обеспечения качества образования : сб. тр. конф., Томск, 1–2 февраля 2018 г. Томск, 2018. С. 152–153.

2. Куприц В.Ю., Мелихов С.В., Ноздреватых Д.О. Взаимодействие Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники с предприятиями оборонно-промышленного комплекса // Шарыгинские чтения : сб. тр. конф. Томск, 2019. 18–19 сентября. Томск. 2019. С. 237–241.

---

*Ноздреватых Дарья Олеговна – старший преподаватель, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: daria.o.nozdrevatykh@tusur.ru.*

*Громов Вячеслав Александрович – доцент, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: viacheslav.a.gromov@tusur.ru*

### Interaction with OPK Enterprises in the Period of Distance Learning

*The article examines the interaction of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics with enterprises of the military-industrial complex (MIC) on the example of the Department of Radio Engineering Systems. The period of distance learning is considered in comparison with the same period of full-time traditional education.*

**Key words:** *defense industry enterprises, target program, student training, distance learning.*

*Nozdrevatykh Daria Olegovna – Senior Lecturer, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: daria.o.nozdrevatykh@tusur.ru.*

*Gromov Vyacheslav Aleksandrovich – Associate Professor, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: viacheslav.a.gromov@tusur.ru.*

**УДК 378.18**

**В.А. Рачис**

### **ОПЫТ ПРОХОЖДЕНИЯ СТАЖИРОВКИ В АО «НПФ «МИКРАН»**

*Рассматриваются способы поиска работы для студентов, а также личный опыт прохождения стажировки в АО «НПФ «Микран» в 2020 году.*

*Ключевые слова: предприятие ОПК, целевая программа, обучение студентов.*

Многие студенты думают, что, после того как они окончат вуз, их тут же возьмут на работу, однако это не так. На мой взгляд, существует четыре способа устроиться на работу, будучи студентом или только окончив вуз:

1) вас пригласят знакомые, друзья или родственники. Вариант возможный, но от соискателя малозависящий;

2) найти подходящую вакансию. Однако шансы малы, так как многим компаниям требуются люди уже «с опытом», который нельзя получить, когда ты только начал искать работу;

3) остаться после производственной практики. У меня есть пара друзей, которым предлагали вакансии после прохождения практики, однако есть три проблемы. Первая — всего один шанс в год. Вторая — вам может не понравиться место, а один год упущен. Третья — могут не предложить место;

4) прохождение стажировки. Несмотря на то, что стажировка требует больше времени и сил, но именно она формирует подробное мнение о компании, о том, какие задачи ты как сотрудник будешь решать, и многое другое. В результате, можно точнее ответить на вопрос: «моё это или нет».

Все варианты получения трудоустройства возможны. Однако я считаю, что пока ты студент, лучшим является именно стажировка, так как есть время и силы и можно инвестировать их в поиск работы мечты.

Я расскажу свой пример прохождения стажировки в АО «НПФ «Микран». Она включала в себя 4 основных этапа (на данный момент прохожу третий) [1]:

- Этап 1 — отбор с 14.02 по 26.02;
- Этап 2 — бесплатная 10-недельная стажировка с 02.03 по 15.05;
- Этап 3 — оплачиваемая 3-месячная стажировка с 01.06 по 01.09;
- Этап 4 — получение приглашения трудоустроиться в штат.

Рассмотрим каждый этап подробнее.

Первый этап состоял из трёх частей: тестовое задание, тестирование, собеседование. Обычно для IT-направления тестовое задание представляет собой написание программы, однако в данном случае необходимо было ответить на вопросы, касающиеся IoT, систем контроля версий и баз данных. Далее было два тестирования: на логику и математические навыки. Тесты показались несложными и главное — не волноваться и уметь пропускать сложные вопросы, так как времени не очень много. И последним было собеседование с руководителями отдела. От себя скажу, что вопросы для кандидатов даже на одну позицию могут сильно различаться, поэтому я привык, отвечая, давать интервьюеру следующий вопрос, в результате чего мне достаются вопросы, на которые я знаю ответ. И опять же — главное не волноваться, по сути, вы уже выполнили тестовое задание, а значит, скорее всего подходите на эту вакансию.

Второй этап начался с общей встречи, на которой участники познакомились между собой и со своими кураторами, а также был представлен план стажировки (рисунок 1).



Рисунок 1 — План стажировки

Как видно, программа включала в себя не только еженедельную отчётность, что является один из основ гибких методологий разработки, но и различные семинары на темы визуализации, командообразования и другого.

Наша задача — реализовать автоматизированную информационную платформу интернета вещей «Micran IoT». Мы разделились по задачам: frontend, backend и настройка системы для работы с датчиками. Обычно работа проходила следующим образом:

1) в понедельник мы определяли задачи на неделю и заносили их в Trello;

2) если выполнена задача по дизайну, то она осматривалась, вносились правки;

3) если готова часть frontend, то html/css/js... передавался разработчику backend;

4) если были описаны алгоритмы работы с датчиками, то они передавались;

5) если страница внесена на сайт (написан backend), то её проверяли;

6) в пятницу проходил сбор, на котором команды делились результатами.

И так продолжалось долго, однако произошёл covid-19, в результате чего предприятие было закрыто для доступа. Однако трудности лишь закалили нас, так как теперь не нужно было собираться и куда-то ехать, а лишь достаточно нажать на ярлык подключения к удалённому рабочему столу. В итоге наша команда разработала ПО и была названа лучшей из четырёх, и мы перешли на третий этап.

Так как у нас уже был готов комплекс, то третий этап представлял лишь его точечную доработку согласно требованиям заказчика. А таких правок было много, поскольку наша программа входит в комплект Micran-IoT, который «Микран» продал Сибур Воронеж-синтезкаучук.

Даже если меня не возьмут в штат, я не буду жалеть о своём решении пройти стажировку, ведь на ней я начал заниматься разработкой backend, изучил много новых технологий, вроде Grafana и InfluxDB, немного понял, как устроена жизнь в крупной компании, а самое главное, разработал программный продукт, который кто-то купил. Что может быть лучше этого?

### Список использованной литературы

1. АО «НПФ «Микран» // ВКонтакте URL: <https://vk.com/micrannpf> (дата обращения: 19.08.2020).

---

*Рачис Всеволод Андреевич – магистрант 2 курса обучения ИШИТР ОИТ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: var18@tpu.ru.*

## Experience with Training in JSC NPF Mikran

*The article discusses ways to find a job for students, as well as personal experience of an internship at JSC "NPF "Mikran" in 2020.*

**Key words:** *defense industry enterprise, target program, teaching students.*

*Rachis Vsevolod Andreevich – 2nd year undergraduate student of ISHITR OIT, National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 30, e-mail: var18@tpu.ru.*

**УДК 378.14**

**В.В. Орлова, С.Н. Глухарева, Ю.О. Лобода,  
О.В. Кочетков, Д.О. Ноздреватых, О.И. Рекундаль**

### **ПРОТОТИП КОММУНИКАЦИОННО-КОГНИТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАКОМАНД**

*Коммуникационно-когнитивная платформа (ККП) – эффективный инструмент для формирования метакоманд, участия в междисциплинарных проектах по передовым технологиям. Понятие коммуникационно-когнитивной платформы представляется как модель взаимосвязи (Шеннон, Уивер, Дефлюер) источника информации и адресата, где основная задача адресата раскодировать сообщение прежде чем его понять, решая при этом важную семантическую проблему. На основе объективных данных генерируется банк идей, участник выбирает проект, получает роль в проекте /команде (<https://trainingtechnology.ru/model-kommunikacii-shennona-i-uivera/>)*

**Ключевые слова:** *коммуникационно-когнитивная платформа, метакоманда, стейкхолдеры, групповое проектное обучение (ГПО), Big Data.*

Платформа организована инициативной группой сотрудников Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Концепция проекта: ККП помогает сформировать успешность участников через развитие softs skills, hard skills, self skills, обеспечить сферы приложения сил и интересов, создать условия для осмысленной цифровой трансформации образовательных траекторий, способствовать эффективному взаимодействию со стейкхолдерами. Использование модели «Четырех-компонентная образовательная модель» (4C/ID model) позволит организовать междисциплинарные свя-

зи, расширить сферу проектной деятельности и улучшить результат обучения. Применение цифровых технологий Big Data позволит активизировать межпредметные связи. Платформа создается для масштабирования группового проектного обучения.

Результатом выполнения проекта стал прототип коммуникационно-когнитивной платформы. ККП в качестве отправной точки, основного источника кадров и информации для анализа на начальном этапе за основу берёт технологию ГПО (ТУСУР).

Технология ГПО реализуется в университете на протяжении более 15 лет, но требует модернизации из-за активного и прогрессирующего внедрения цифрового обучения. ККП должна обеспечить уникальные возможности участия в междисциплинарных проектах по передовым технологиям, в том числе совместно с ведущими компаниями/работодателями.

Модель ГПО (рисунок 1) может выступать в качестве инструмента для формирования метакоманд междисциплинарной направленности, т.к. позволяет определять актуальные проблемы и подбирать весь спектр ресурсов, необходимых для их решения, а также компоненты обучения в рамках ГПО для успешной реализации проекта. ККП позволит настроить эффективный обмен информацией между заинтересованными сторонами, существующими группами ГПО, потенциальными участниками и стейкхолдерами (рисунок 2).

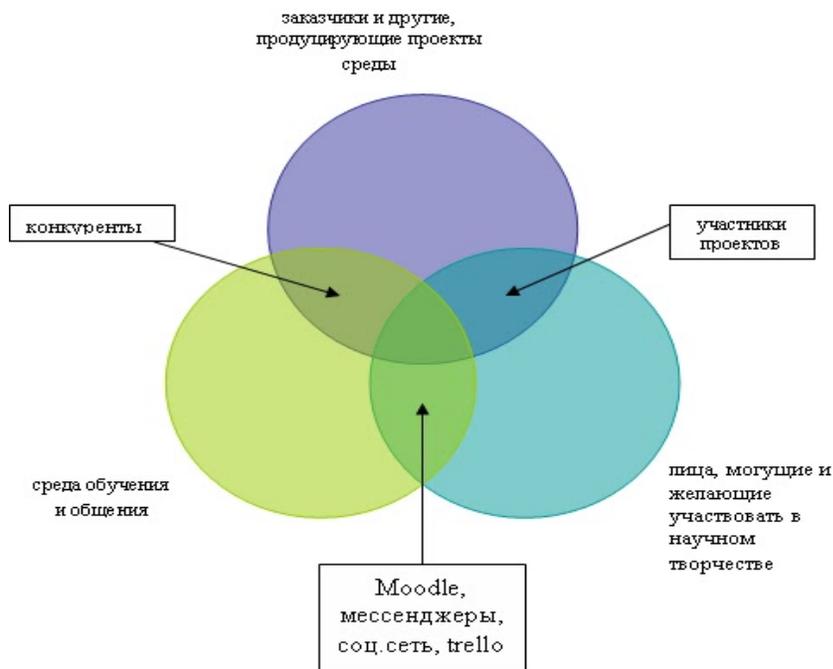


Рисунок 1 — Модель платформы ККП

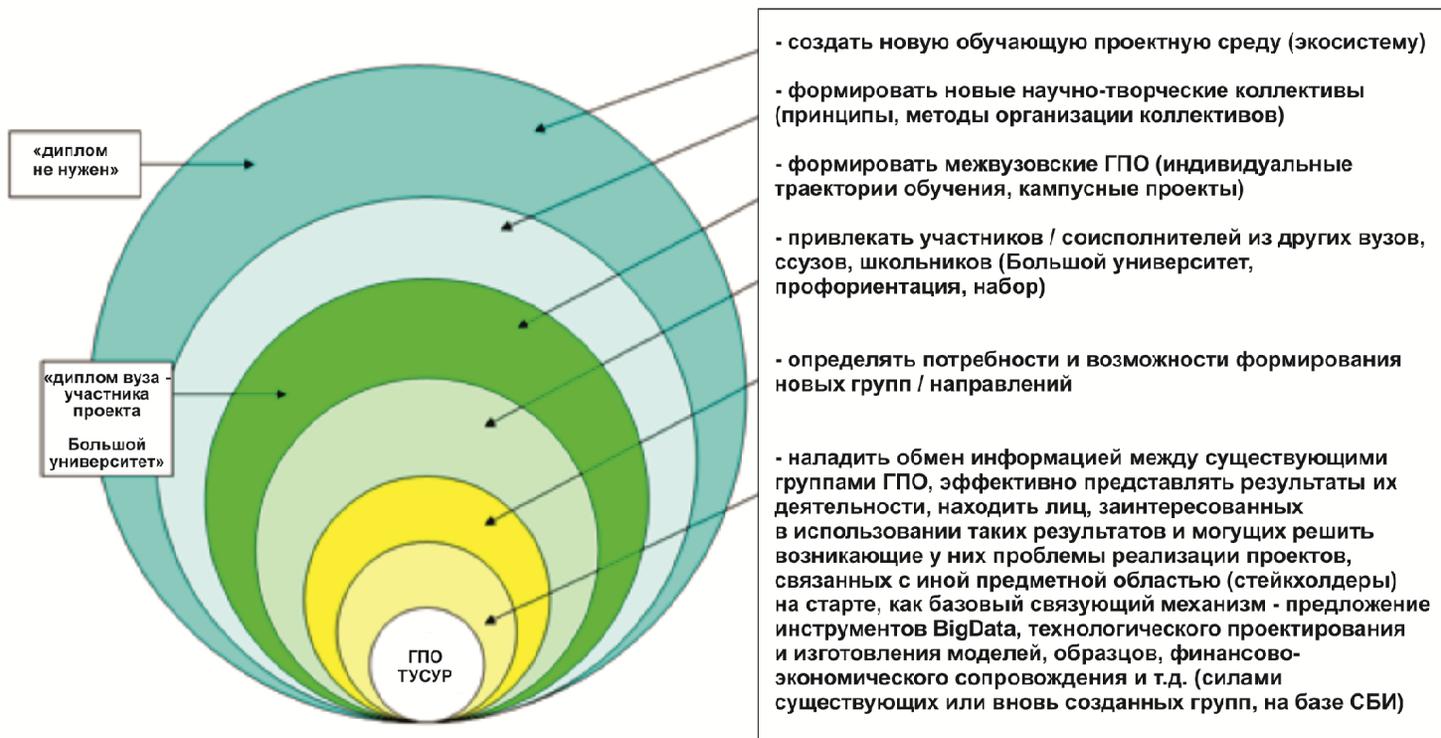


Рисунок 2 — Этапы разработки проекта

Инициативной группой были проведены аналитические исследования и обобщен опыт деятельности образовательных, проектных, экспертных наработок по нескольким направлениям: образовательная среда, проектная работа, подбор кадров. На основе анализа выявлены особенности, которые могут быть применены в дальнейших разработках, и сформулированы ограничения, помогающие в дальнейшем развитии проекта.

Направление: ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

Темы, форматы — наука, креатив, творчество, формат — классическое академическое образование.

Ориентируются на рынок контента: «Мы лучший источник по актуальной информации!»

Секрет успеха — привлечение в академическую науку лучших исследователей, создание системы программ для обучения через всю жизнь.

Успешные реализации в данном направлении:

Университет Monash <https://www.monash.edu/>;

Университет Джона Хопкинса <https://www.jhu.edu/>;

Кембридж <https://www.cam.ac.uk/>;

Asian and Global Singapore (Сингапур) <https://www.asiaglobalvacation.com/>;

Университет Беркли <https://www.berkeley.edu/>;

Лондонская школа экономики и политических наук <http://www.lse.ac.uk/>;

Университет г. Маастрихт (Нидерланды) <https://www.maastrichtuniversity.nl/>;

Образовательная среда МИСИС <https://lms.misis.ru/login/ldap>.

Направление: ПРОЕКТНАЯ РАБОТА

Темы, формы — наука, креатив, творчество.

Формат — коллективная творческая работа, коммерциализация проектов.

На школьном уровне реализована система, где проекты построены по принципам «гражданской науки»: небольшой вклад каждого участника формирует общее качественно новое знание. На основе результатов, присланных множеством участников со всего мира, формируется общая картина, которая представляется в виде живых карт, графиков, диаграмм, галерей и другой инфографики (рисунок 3). Общий результат может представлять новое знание, служить предметом дискуссий, основой для возникновения новых проектов. Есть также опыт подобных проектов в высшей школе.

Успешные реализации в данном направлении:

Университет г. Маастрихт (Нидерланды) <https://www.maastrichtuniversity.nl/>;

Сириус <https://sochisirius.ru/>;

Санкт-Петербургский университет имени Петра Великого  
<https://www.spbstu.ru/>;

Международный конкурс по решению глобальных социальных задач с помощью AI & Data <https://datamasters.ru/aianddata>;

Глобальная школьная лаборатория <https://globallab.org/ru/>;

Проекты «Наука +0» STEM-центры <http://stem.festivalnauki.ru/>;

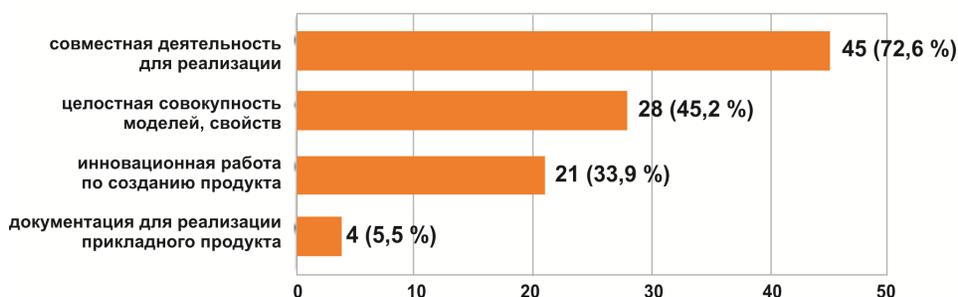
Олимпиада НТИ <https://nti-contest.ru/> ;

Система Кванториумов <http://kvantoriumtomsk.ru/>;

Проекты Балтийского научно-инженерного конкурса (ИТМО)  
<https://timeforscience.ru/>.

Что для вас включает понятие «Проект»?

62 ответа



Какие типы проектов вам знакомы?

42 ответа



Рисунок 3 — Диаграммы по итогам вводного анкетирования

Направление: ПОДБОР КАДРОВ

Формат — система кванториумов, точки кипения, сессии, онлайн и т.д.

Информационная система поддержки лидеров, система разнообразных «социальных лифтов», позволяющих достигать нового уровня карьерного, профессионального, личностного и социального развития.

Благодаря системе мероприятий на платформу приходят новые лидеры, а вместе с ними их единомышленники и последователи. Следует отметить углубленное описание типа личности. Представлены конкретные практические рекомендации для развития во всех основных сферах жизни: карьера, дружба, семья.

Успешные реализации:

Университет 20.35 <https://2035.university/> технология Остров, 2018 <https://ostrov2018.2035.university/>;

Leader-ID <https://leader-id.ru/>;

Программа Type.Map <https://www.pinterest.co.uk/pin/>;

Фонд содействия инновациям <http://fasie.ru/>;

Яндекс.Практикум <https://praktikum.yandex.ru/>.

На основе анализа сформирован прототип платформы, который включает: вход на платформу через социальные сети (ВКонтакте) и телеграмм-каналы; боты, помогающие осуществлять навигацию; базовый образовательный модуль и элементы информационной среды на базе Moodle, помогающий приобрести и совершенствовать необходимые знания и пройти дополнительные тестирования для формирования базы данных участников платформы и оценки их потенциала, для того чтобы соответствовать роли в команде. В качестве коммуникативной составляющей используется конференция проектов ГПО.

Проведено вводное анкетирование, которое позволило выделить заинтересованных участников проекта, собрать информацию о предполагаемой роли в команде, выделить отношение к проектной деятельности (рисунок 4).

1	Отметка времени	Укажите проект, который Вас инт...	Что для вас включает в...	Какие типы проектов ва...	Есть ли у вас опыт учас...	Знаковы ли вы с систем...	Какие направления про...	Разведчик	Согла...
44	17.10.2020 8:57:22	Академия Samsung	целостная вовлеченность исследовательский	нет	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	коллективист	да	
45	17.10.2020 8:57:56	Волонтер Интергация	совместная деятельность исследовательский	да	нет, но хотел бы поучас	Безопасность, Социальн	Доводчик	да	
46	17.10.2020 8:58:57	RAS(аутизм)	совместная деятельность практикоориентирован	да	нет, но хотел бы поучас	Социально-гуманитарн	Лучшая роль-оценщик	да	
47	17.10.2020 9:00:28	Нейроэпидемиология (НГУ)	целостная вовлеченность исследовательский	да	нет, но хотел бы поучас	IT, Социально-гуманита	Доводчик	да	
48	17.10.2020 9:05:07	Нейроэпидемиология (НГУ)	совместная деятельность исследовательский	нет	нет, но хотел бы поучас	Безопасность, Эконом	разведчик, формирует	Нет	
49	17.10.2020 9:08:10	Волонтер интергация	целостная вовлеченность практикоориентирован	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	коллективист	Нет	
50	17.10.2020 9:08:56	Академия Samsung	целостная вовлеченность исследовательский	да	да, слышал и участво	Электроника, Телекома	Эксперт	Нет	
51	17.10.2020 9:10:04	Волонтер интергация	совместная деятельность исследовательский	нет	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	коллективист	да	
52	17.10.2020 9:13:33	Академия Samsung	целостная вовлеченность исследовательский	нет	нет, мне не интересно	IT, ML, Безопасность, O	Разведчик	Нет	
53	17.10.2020 9:19:13	Волонтер интергация	целостная вовлеченность исследовательский	нет	нет, но хотел бы поучас	Социально-гуманитарн	Доводчик	да	
54	17.10.2020 9:48:46	RAS(аутизм)	целостная вовлеченность исследовательский	да	да, слышал и участво	IT, Электроника, Телема	Разведчик	да	
55	17.10.2020 9:54:17	Андроида робототехника	целостная вовлеченность практикоориентирован	да	нет, но хотел бы поучас	IT	Поддерживающая	да	
56	17.10.2020 10:35:12	RAS(аутизм)	совместная деятельность исследовательский	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	Исполнитель	да	
57	17.10.2020 10:35:22	Академия Samsung	целостная вовлеченность исследовательский	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	Коллективист	да	
58	17.10.2020 10:39:14	Волонтер интергация	совместная деятельность исследовательский	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	Мыслитель	да	
59	17.10.2020 10:39:54	RAS(аутизм)	совместная деятельность исследовательский	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	Доводчик	да	
60	17.10.2020 10:41:00	Волонтер интергация	целостная вовлеченность исследовательский	да	нет, но хотел бы поучас	Социально-гуманитарн	Мыслитель	да	
61	17.10.2020 10:41:49	Волонтер интергация	совместная деятельность практикоориентирован	да	нет, мне не интересно	Социально-гуманитарн	Коллективист	да	
62	17.10.2020 10:45:03	Нейроэпидемиология (НГУ)	целостная вовлеченность исследовательский	да	нет, но хотел бы поучас	Социально-гуманитарн	Председатель	да	
63	17.10.2020 12:23:29	Академия Samsung	совместная деятельность практикоориентирован	нет	нет, но хотел бы поучас	Электроника, Телекома	Доводчик	да	

Рисунок 4 — Начальное распределение по проектам

С использованием нейросети моделируется механизм формирования команд с учетом потребностей: потребности (мнения) работодателя (кого он видит в команде); внутренние потребности команды (кого не хватает); согласование с универсальными требованиями (обеспечивающих эффективность) работы коллективов (по достижению целей проектов).

Создан учебный курс на СДО ТУСУР для участников проекта (рисунок 5).

Планируемые результаты использования платформы КЖП:

- 1) возможность реализации межвузовских проектов;
- 2) эффективные коммуникации со стейкхолдерами;
- 3) рост объема публикаций;
- 4) освоение и применение новых цифровых инструментов;
- 5) развитие у обучающихся комплексного подхода к решению проектных задач в междисциплинарных проектах;
- 6) практико-ориентированные и мотивированные студенты, успешные выпускники;
- 7) повышение уровня самостоятельности участников платформы.

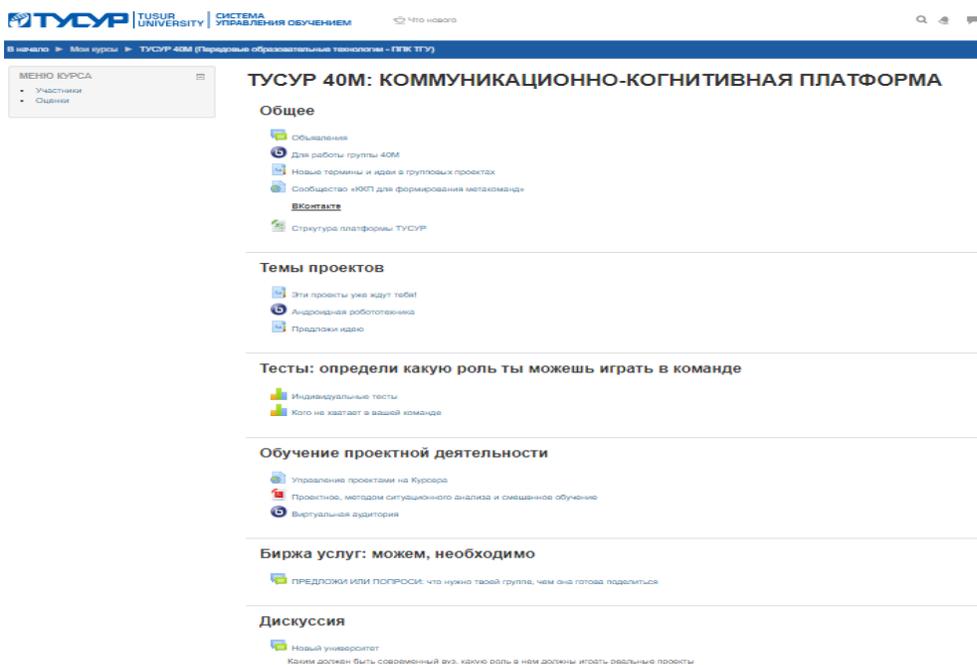


Рисунок 5 — Учебный курс на СДО ТУСУР для руководителей и участников проекта

---

Орлова Вера Вениаминовна – доктор социологических наук, доцент, профессор кафедры философии и социологии, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: vera.v.orlova@tusur.ru.

Глухарева Светлана Николаевна – старший преподаватель кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: gsv@keva.tusur.ru.

Лобода Юлия Олеговна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: yulloboda@gmail.com.

Ноздреватых Дарья Олеговна – старший преподаватель, кафедра радиотехнических систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: daria.o.nozdrevatykh@tusur.ru.

Кочетков Олег Викторович – старший преподаватель кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: ok@tomsk.ru.

Рекундаль Ольга Игоревна – доцент кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: rek\_olga@mail.ru.

### **Prototype of Communication and Cognitive Platform for Forming Meta Commands**

*The Communication and Cognitive Platform (PCP) is an effective tool for forming meta-teams, participating in interdisciplinary projects based on advanced technologies. The concept of a communication and cognitive platform is presented as a model of the relationship (Shannon, Weaver, DeFluer) of the source of information and the addressee, where the main task of the addressee is to decode the message before understanding it, while solving an important semantic problem. Based on objective data, a bank of ideas is generated, the participant chooses a project, gets a role in the project / team (<https://trainingtechnology.ru/model-kommunikaciishennona-i-uivera/>)*

**Key words:** communication and cognitive platform, meta-team, stakeholders, group project learning (GPO), Big Data.

*Orlova Vera Veniaminovna – Doctor of Social Sciences sciences, associate professor, prof. department FiS, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: vera.v.orlova@tusur.ru.*

*Glukhareva Svetlana Nikolaevna – Senior Lecturer at KIBEVS, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: gsv@keva.tusur.ru.*

*Loboda Yulia Olegovna – Cand. ped. Sci., Associate Professor KIBEVS, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: yulloboada@gmail.com.*

*Nozdrevatykh Daria Olegovna – Senior Lecturer, Department of Radio Engineering Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: daria.o.nozdrevatykh@tusur.ru.*

*Kochetkov Oleg Viktorovich – senior lecturer at KIBEVS, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: ok@tomsk.ru.*

*Rekundal Olga Igorevna – associate professor of the department. KIBEVS, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 40, e-mail: rek\_olga@mail.ru.*

# Содержание

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

<i>Акулиничев Ю.П., Денисов В.П.</i> 60 ЛЕТ КАФЕДРЕ РТС .....	5
<i>Тисленко В.И., Савин А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ НИИ РТС В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСАХ РАДИОМОНИТОРИНГА .....	17
<i>Слуцкий В.И.</i> 20 лет вместе! (воспоминания) .....	28
<b>Секция 1. РАДИОФИЗИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН</b>	
<i>Лебедев В.Ю., Захаров Ф.Н., Мухомор К.Е., Филимонов В.А.</i> ОЦЕНКА ОСЛАБЛЕНИЯ СИГНАЛА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ .....	34
<i>Лебедев В.Ю., Захаров Ф.Н., Мухомор К.Е., Филимонов В.А.</i> ОЦЕНКА ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ ДЛЯ СИГНАЛОВ ГНСС, ПРИНИМАЕМЫХ НА УЗКОНАПРАВЛЕННУЮ АНТЕННУ .....	38
<i>Ноздреватых Д.О., Аникин А.С.</i> МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ УСИЛИТЕЛЕЙ ПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ В РЕТРАНСЛЯТОРАХ СПУТНИКОВОЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ .....	45
<i>Гордеев В.Ф., Малышков С.Ю., Поливач В.И., Шталин С.Г.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОВОЛНОВОГО МЕТОДА РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ АКТИВИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	51
<i>Зайниев А.И., Кузьменко И.Ю.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ SDR-РАДИО В РАДИОФИЗИКЕ .....	61
<i>Попов Ю.Б., Карпушин П.А., Красненко Н.П., Кураков С.А., Раков А.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ АТМОСФЕРЫ .....	69
<i>Жукова В.А., Красненко Н.П., Пустовалов К.Н., Раков А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ НИЖНЕГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В КАЧЕСТВЕ ПРЕДВЕСТНИКА ГРОЗ И ШКВАЛОВ .....	76

## Секция 2. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

<i>Денисов В.П., Дубинин Д.В., Ерофеев Д.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ ДЛЯ УГЛОВОГО РАЗРЕШЕНИЯ СИГНАЛОВ В МНОГОБАЗОВЫХ ФАЗОВЫХ ПЕЛЕНГАТОРАХ .....	84
<i>Шаврин В.В., Тисленко В.И., Лебедев В.Ю., Филимонов В.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ГНСС В НЕКОГЕРЕНТНОМ РЕЖИМЕ СЛЕЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИГМА-ТОЧЕЧНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА.....	100
<i>Сладкова Л.А., Клименко Я.В.</i> ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ.....	115
<i>Голиков А.М.</i> НЕЙРОСЕТЕВАЯ И ВЕЙВЛЕТ-ФРАКТАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ РСА. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ .....	121
<i>Голиков А.М., Малмыгин Я.С., Мельников Д.С.</i> РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИКА НАНОСПУТНИКА CUBESAT.....	125
<i>Аржевикин И.В., Захаров Ф.Н.</i> МАКЕТ МАГИСТРАЛИ НЕФТЕПРОВОДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК.....	130
<i>Аржевикин И.В., Захаров Ф.Н.</i> АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК НЕФТИ .....	134
<i>Разгуляев С.И., Филатова В.Е., Задорин А.С.</i> МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧА ПО ПРОТОКОЛУ BB84 .....	137
<i>Шамин В.А., Чусов А.А.</i> АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РОТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ CORDIC ДЛЯ ЧИСЛЕННОЙ АППРОКСИМАЦИИ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА ЧИСЛАМИ С ПЛАВАЮЩЕЙ ТОЧКОЙ.....	143
<i>Хоменко А.А., Чусов А.А.</i> КОМПРЕССИОННОЕ КОДИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕО.....	148
<i>Ломакин А.Ф., Стеценко Г.А., Колесникова Н.Е., Тихонов Д.Е.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА SFN DVB-T2 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	154

<i>Бездверный С.А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В ХИИК .....	168
<i>Непряев А.А.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ.....	172
<i>Васильев К.К., Маттис А.В., Саверкин О.В.</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЛЬТРАЦИИ В СВЯЗАННЫХ КООРДИНАТАХ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ БЫСТРО МАНЕВРИРУЮЩИХ ЦЕЛЕЙ .....	178
<i>Иноземцев М.А.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ GPRMAX ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГЕОРАДАРА.....	185
<i>Белых А.А.</i>	
К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ AFDX БЕЗ ЗАМЕНЫ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ .....	192
<i>Якушевич Г.Н.</i>	
АЛГОРИТМ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ СОГЛАСУЮЩИХ ЦЕПЕЙ .....	197
<i>Старченко К.В., Чусов А.А.</i>	
ВЕКТОРИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЦИКЛИЧЕСКОГО КОДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАНАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ .....	203
<i>Мещеряков А.А., Гулько В.Л., Блинковский Н.К.</i>	
ОБНАРУЖЕНИЕ РАДИООПТИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ЗНАКОВ НАВИГАЦИОННОГО ОГРАЖДЕНИЯ.....	209
<i>Вебер В.И., Куприц В.Ю., Мещеряков А.А.</i>	
МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ, ПОЛУЧЕННОМ ПРИ ПОМОЩИ РСА.....	216
<i>Аникин А.С.</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ УСИЛИТЕЛЯ НА КАЛИБРОВКУ ТРАКТОВ.....	222
<i>Хворостяная Ю.С., Якушевич Г.Н.</i>	
ВЫБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ АРУ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СЛОВОГО КОМПАНДИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ.....	225

### Секция 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗОВ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК

*Трубченинова И.А.*

БАЗОВАЯ КАФЕДРА КАК ФОРМА КОМПЛЕКСНОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОБОРОННО-  
ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ..... 242

*Шарыгина Л.И.*

ОБУЧЕНИЕ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ ..... 246

*Ноздреватых Д.О., Громов В.А.*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК В ПЕРИОД  
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 249

*Рачис В.А.*

ОПЫТ ПРОХОЖДЕНИЯ СТАЖИРОВКИ  
В АО «НПФ «МИКРАН» ..... 253

*Орлова В.В., Глухарева С.Н., Лобода Ю.О., Кочетков О.В.,*

*Ноздреватых Д.О., Рекундадь О.И.*

ПРОТОТИП КОММУНИКАЦИОННО-КОГНИТИВНОЙ  
ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАКОМАНД..... 256

Научное издание

**ШАРЫГИНСКИЕ ЧТЕНИЯ**

**Вторая международная научная конференция ведущих научных школ  
в области радиолокации, радионавигации и радиоэлектронных систем передачи  
информации, посвященная памяти профессора Томского государственного  
университета систем управления и радиоэлектроники  
академика Германа Сергеевича Шарыгина**

Материалы конференции

Подписано в печать 28.12.2020. Формат 70×100 1/16.  
Усл. печ. л. 21,93. Тираж 100 экз. Заказ 343.

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018.