нагрузки до заедания 2780...2800 Н. Улучшение антифрикционных свойств топокомпозитов ТА-1, ТБ-1 достигали формированием в дисперсиях подсмазочных покрытий ПВ-3 марок А и Б, смазочных покрытиях ВСП-1, ВСП-2 технологическими приемами фрактальных нанокластеров, обеспечивающих образование на контактирующих поверхностях штампового инструмента износостойких пленок.

Технология с использованием топокомпозитов ТА-1, ТБ-1 была внедрена в производство при получении тонкостенных оболочек, получаемых многопереходной глубокой вытяжкой из коррозионностойких сталей типа 12Х18Н10Т. Нанесение топокомпозитов ТА-1, ТБ-1 из водных дисперсий осуществляется на конвейерных, автоматических, роторных линиях, а многопереходная вытяжка осесимметричных оболочек на роботизированных комплексах.

Таким образом, применение топокомпозитов ТА-1 и ТБ-1 позволяет заменить покрытия на основе цапонлака НЦ-62, расплавов солей, повысить долговечность штампового инструмента и оборудования, улучшить качество поверхностей деформируемых изделий, устранить пожаровзывоопасность технологических процессов, вредное воздействие лаков, органических растворителей на организм человека, а также загрязнение окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова В.С. От дислокации к фракталам. Фрактальная синергетика и «интеллектуальные» материалы // Материаловедение, Ч.2, №1, 2001 – С.22-29.
2. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением. М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
3. Каржавин В.В. Металлические покрытия, наносимые в расплавах солей, их исследования в процессах обработки металлов давлением // Трение и износ. 1992, Т.13, №3. – С.141-150.
4. Шульга Г.И. Функциональные водорастворимые технологические смазочные средства для обработки материалов. Ростов н/Д: Ред. ж. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2004. – 212 с.
5. Шульга Г.И. Колесниченко А.О., Скринников Е.В., Шульга Т.Г Функциональные технологические смазочные материалы, структурированные нанопорошками цветных металлов для повышения эффективности обработки деталей транспортных систем // Вестник Донского государственного технического университета. Спецвыпуск. Т.11, №10, 2011. – С. 1867-1873.
6. Шульга Г.И. Функциональные смазочные материалы, содержащие фрактальные кластеры // Физическое материаловедение: сборник тезисов и статей VI международной школы, г. Новочеркасск, 24 июня 2013 г./Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И.Платова, Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2013.– С.221-229.
7. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985. – 411 с.
8. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. Freeman: New York 1983. – 480 p.

РАЗРАБОТКА ПРИЕМООТВЕТЧИКА Х ДИАПАЗОНА

Соколов Игорь Алексеевич

к.т.н., генеральный директор, ОАО «НИИ Микроприборов им. Г.Я. Гуськова», г. Зеленоград

Скичко Денис Юрьевич

ведущий инженер, ОАО «НИИ Микроприборов им. Г.Я. Гуськова», г. Зеленоград

Бац Александр Викторович

ведущий инженер, ОАО «НИИ Микроприборов им. Г.Я. Гуськова», г. Зеленоград

Введение

Для управления и коррекции параметров полета подвижных необходима надежная линия связи. Для её реализации на борту объектов размещается устройство, называемое приемоответчиком. В простейшем случае - это совмещенные приемник, передатчик и устройство управления и обработки информации. В зависимости от возлагаемых на приемоответчик задач, каждая из его составляющих усложняется и в итоге может стать отдельным изделием. Данная статья посвящена вопросам проектирования и изготовления опытных образцов бортового приемоответчика Х-диапазона.

1. Требования к приемоответчику Х диапазона

Приемоответчик предназначен для осуществления приема и передачи командно-телеметрической информации в Х диапазоне на расстояние до 1500 км. Расчеты показывают, что для обеспечения энергетического потенциала радиолинии борт-земля с учетом выбранного типа шумоподобного сигнала мощность передаваемого сигнала должна быть не менее 15 Вт, а коэффициент шума приемника не более 4,5 дБ. Кроме того, для повышения достоверности передачи информации используется многоканальный пространственно-разнесенный прием с анализом отношения сигнал-шум (ОСШ) в каждом канале и последующем использовании канала с наилучшим ОСШ для передачи. Пространственное разнесение обычно осуществляется посредством множественных принимающих антенн, разнесенных на расстояние, не меньшее 10 длин волн [1, с. 1001]. Для реализации данного принципа приемоответчик функционально должен состоять из следующих изделий: блока управления (БУ) и не менее чем четырех приемо-передающих усилительных модулей (МППУ).

МППУ предназначены для усиления передаваемых и принимаемых радиосигналов до требуемого уровня с необходимым коэффициентом передачи с наименьшими искажениями (ухудшением) спектральных, временных и шумовых характеристик входных радиосигналов. Причем каждый МППУ должен быть двухканальным, т.е. содержать по два приемных и передающих канала, выбор которых осуществляется автоматически (программно) в зависимости от ориентации объекта в пространстве. Основные технические требования к МППУ представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные технические характеристики МППУ

Диапазона частот, ГГц	8,5 – 9,5
Коэффициент усиления приемного канала, дБ	19±1,5
Коэффициент шума приемного канал, дБ, не более	4,5
Выходная импульсная мощность, Вт, не менее	15
КСВН по входу и выходу, не более	2

Примечание: длительность передаваемого сигнала 16 мс, скважность – 60.

БУ должен осуществлять обработку приемного сигнала: усиление и перенос сигнала на промежуточную частоту 70 МГц, аналоговую фильтрацию, цифровую фильтрацию, оценку ОСШ в каждом из 4-х каналов, демодуляцию и формирование передаваемого сигнала. С этой целью БУ должен содержать преобразовательно-усилительный тракт (ПУТ) и передающий тракт. Основные технические требования к данным трактам приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные технические характеристики БУ

Диапазона частот, ГГц	8,5 – 9,5
Вторая промежуточная частота ПУТ, МГц	70
Коэффициент усиления ПУТ, дБ	37,5±2,5
Коэффициент шума ПУТ, дБ, не более	7
Выходная мощность, мВт, не менее	500
КСВН по входу и выходу, не более	2

Примечание: ПУТ – преобразовательно-усилительный тракт.

2. Проектирование

На рисунке 1 изображена функциональная схема МППУ. Как видно из рисунка модуль состоит из двух приемных и двух передающих каналов, управляемых одним контроллером. Усилительные тракты в передающих и приемных каналах выполнены на основе внутренне согласованных GaAs СВЧ-микросхем. Контроллер осуществляет коммутацию питания усилителей приемных и передающих каналов, управляет коэффициентом затухания в каждом из каналов до 25 дБ с шагом 1 дБ в приемном канале и до 30 дБ с шагом 1 дБ в передающем канале, а также осуществляет подачу напряжения смещения на усилители передающего канала.

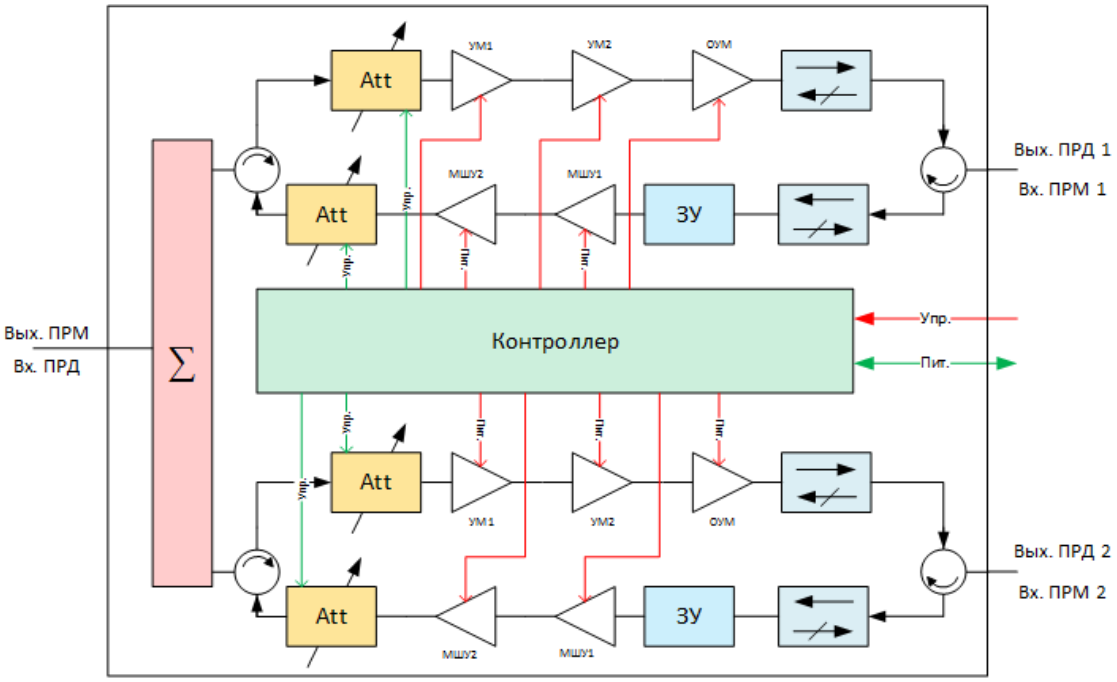

Рисунок 1. Функциональная схема МППУ

Развязка не менее 22 дБ между передающими и приемными каналами осуществляется с помощью ферритовых циркуляторов, имеющих прямые потери не более 0,4 дБ в рабочем диапазоне частот. Приемный усилительный тракт построен по двухкаскадной схеме. Каждая из микросхем обладает коэффициентом усиления не менее 18 дБ и коэффициентом шума не более 1,7 дБ. Наиболее значительный вклад в результирующий коэффициент шума приемного тракта оказывают потери в циркуляторе (0,4 дБ) и защитном устройстве (1,2 дБ). Практически полученный результирующий коэффициент усиления ПУТ

перекрывает требуемые 19 дБ даже с учетом потерь в циркуляторах и защитном устройстве.

Передающий тракт построен по трехкаскадной схеме с общим коэффициентом усиления 22 дБ. С учетом мощности входного сигнала 27 дБмВт (500 мВт), потерь в сумматоре/делителе (3 дБ), потерь в циркуляторах (~1 дБ) и подводящих высокочастотных цепях и разъемах (~1,5 дБ) выходная мощность передающего канала должна составить 43,5 дБмВт, т.е. около 23 Вт. Расчетная потребляемая мощность передающего канала составляет 90 Вт, т.е. планируемый КПД должен составить ~25%. С учетом скважности, равной 60, средняя потребляемая мощность передающего канала составит 1,5 Вт.

Основной проблемой при конструировании МППУ оказалась реализация достаточно малых габаритных размеров модуля (96x65x44 мм) и расположение разъемов. Результатом проектирования стала трехуровневая конструкция модуля, изображенная на рисунке 2.

Оконечные каскады передающих каналов и приемные каналы, а также циркуляторы, развязывающие вход приемника и выход передатчика, расположены на нижнем уровне. На среднем расположены предварительные усилители передающих каналов, аттенюаторы приемных и передающих каналов, циркуляторы, развязывающие вход передатчика и выход приемника, а также делитель/сумматор каналов. На верхнем уровне расположена плата контроллера.

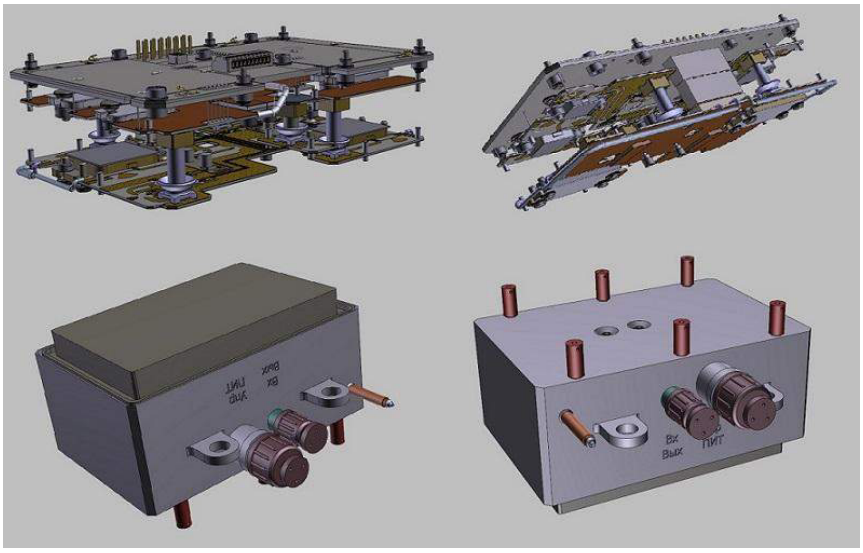

Рисунок 2. Внешний вид МППУ

Функциональная схема БУ изображена на рисунке 3. Для оптимизации разработки и настройки изделия БУ разбит на четыре функциональные ячейки: ячейку устройства управления и цифровой обработки сигналов (УУЦОС), ячейку устройства управления и вторичных источников питания (УУВИП), ячейку преобразовательно-усилительных трактов (ПУТ) и ячейку синтезатора частот (СЧ).

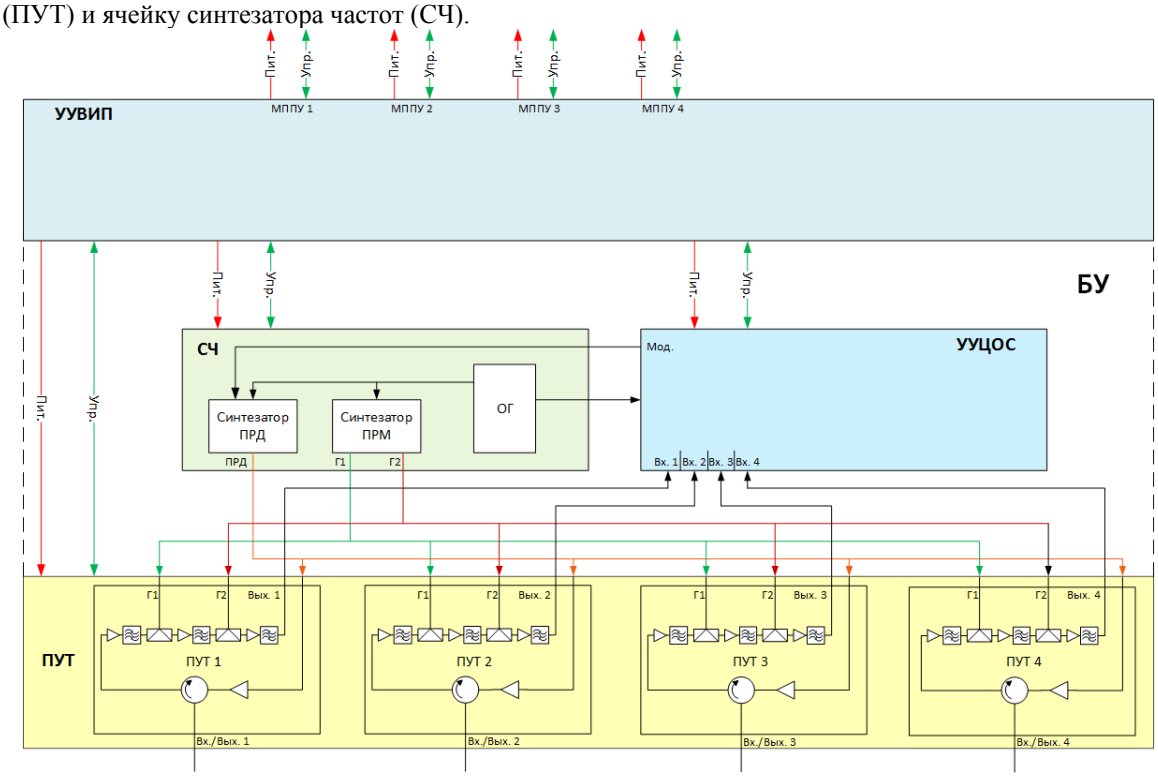

Рисунок 3. Функциональная схема БУ

Ячейка УУЦОС предназначена для цифровой обработки принимаемых сигналов, формирования передаваемого сигнала в низкочастотной области, для управления ячейками из состава БУ, а также управления всеми МППУ. Ячейка УУВИП служит для формирования всех номиналов напряжений, необходимых для работы приемоответчика, а также для трансляции сигналов управления от УУЦОС до СЧ и ПУТ, и до всех МППУ. Ячейка СЧ служит для формирования опорного сигнала синхронизации, формирования сигналов первого и второго гетеродинов, а также для формирования передаваемого сигнала в рабочем диапазоне частоте. Ячейка ПУТ предназначена для реализации четырехканального приема с двойным преобразованием частоты. Помимо этого, в ячейке ПУТ расположены усилители, обеспечивающие уровень передаваемого сигнала не менее 27 дБмВт, необходимый для работы МППУ на максимальной мощности не менее 15 Вт.

БУ совместно с МППУ работает в двух режимах: прием и передача. В режиме приема СЧ обеспечивает формирование частот гетеродинов – первого, перестраиваемого, для формирования первой промежуточной частоты 1500 МГц, и второго, фиксированного, на частоте 1570 МГц, для формирования второй промежуточной частоты 70 МГц. Приемные каналы каждого из ПУТ содержат полосовые фильтры на промежуточных частотах. Полоса каждого фильтра определяется шириной полосы канала связи, которая составляет 20 МГц. Суммарный коэффициент передачи ПУТ составляет 44 дБ. На выходе оконечного каскада предусмотрено два управляемых аттенюатора. Один обеспечивает диапазон изменения затухания 25 дБ с шагом 1 дБ, второй предназначен для коррекции коэффициента усиления в диапазоне температур (от минус 60 °С до плюс 85 °С). Результирующий коэффициент шума ПУТ составил не более 6 дБ. С выхода каждого из каналов ПУТ приемный сигнал на частоте 70 МГц поступает на ячейку УУЦОС, где в каждом из каналов производится дополнительная фильтрация, оцифровка, обработка и демодуляция.

В режиме передачи УУЦОС формирует передаваемый сигнал на нулевой частоте, который поступает на фазовый манипулятор, расположенный в СЧ. Фазоманипулированный сигнал с выхода синтезатора поступает на предварительный усилитель, расположенный в ячейке ПУТ. Далее передаваемый сигнал, мощностью не менее 27 дБмВт поступает на вход каждого МППУ. Выбор передающего канала осуществляется на основе оценки ОСШ в режиме приема и реализуется коммутацией питания на соответствующие каскады усилительного тракта.

Ячейки из состава БУ располагаются одна над другой. Подача питания, сигналов управления и СВЧ сигналов осуществляется соединительными жгутами и жесткими СВЧ кабелями. Внешний вид БУ изображен на рисунке 4. Жесткое крепление ячеек из состава БУ осуществляется шестью соединительными шпильками, а также общей плитой, расположенной со стороны широкого торца каждой из ячеек.

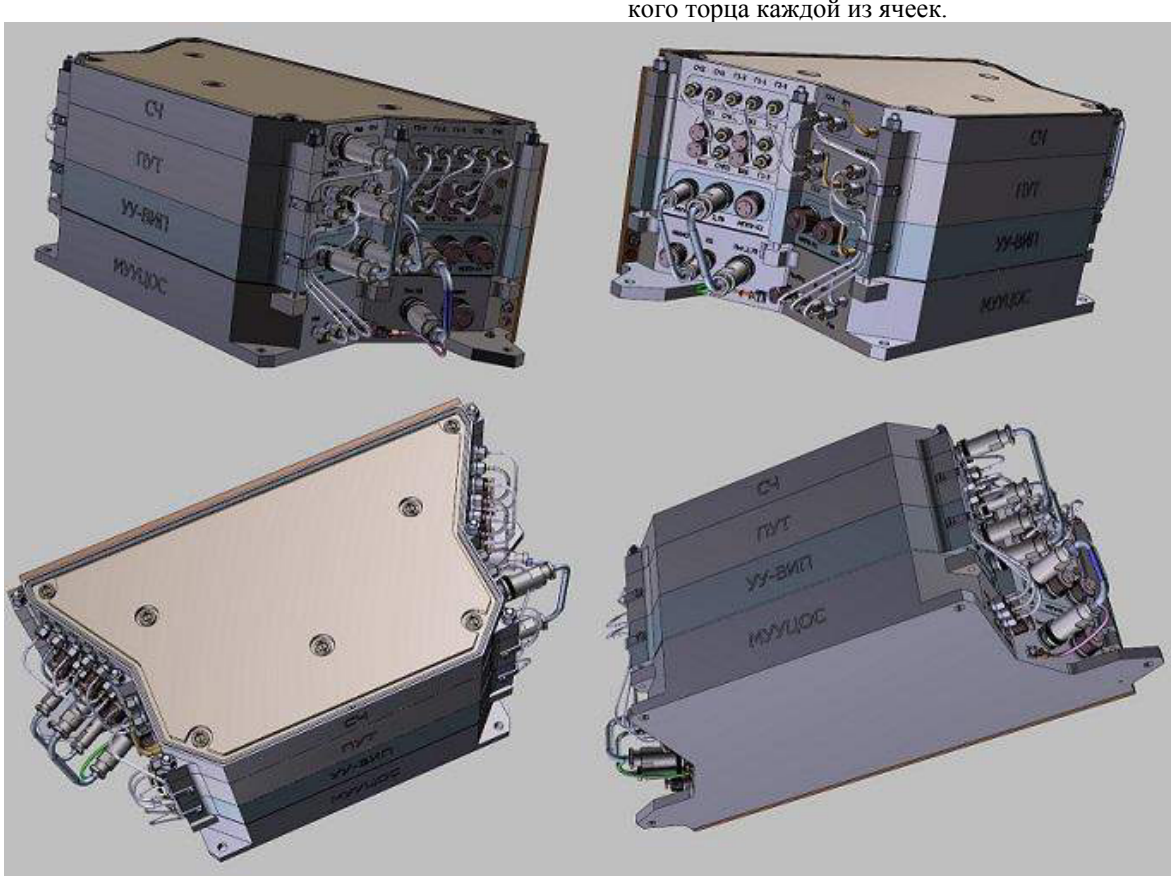

Рисунок 4. Проектируемый внешний вид БУ

3. Изготовление и настройка. Полученные результаты

Для настройки каждой ячейки из состава БУ, а также МППУ была разработана специальная технологическая настроечная аппаратура (ТНА), соединяемая с каждой ячейкой посредством технологических жгутов. Внешний вид платы ТНА изображен на рисунке 5.

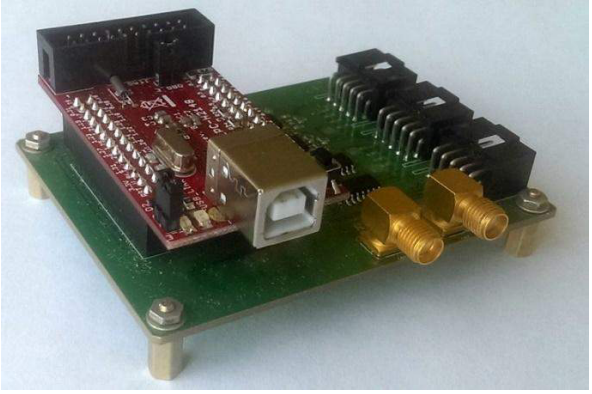

Рисунок 5. Внешний вид платы ТНА

Особенностью ТНА является её унифицированность. В зависимости от подключаемой ячейки, контроллера ТНА посылает специализированные команды управления (для ячейки СЧ это коды перестройки синтезатора, для ПУТ – управление аттенюаторами в приемном канале и т.д.). Использование ТНА позволило настроить каждую ячейку из состава БУ, а также МППУ во всех режимах работы, независимо от других составляющих приемоответчика.

После настройки каждой ячейки осуществлялась сборка и настройка изделий из состава приемоответчика (БУ и МППУ) в целом. На рисунке 6 изображен собранный МППУ, а на рисунке 7 – БУ.

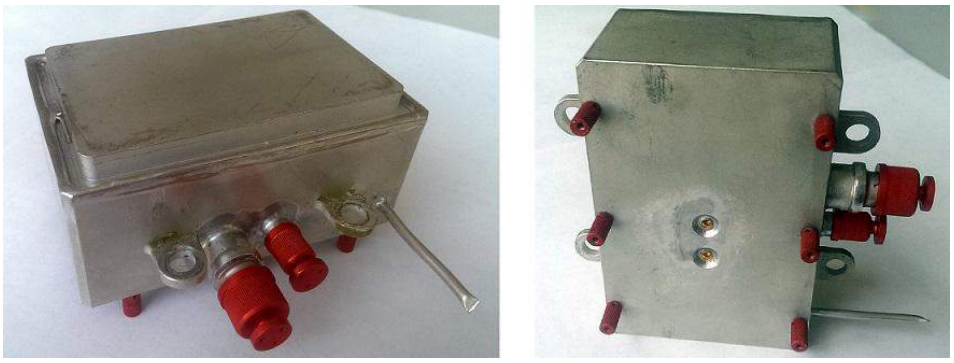

Рисунок 6. Внешний вид МППУ

Рисунок 7. Внешний вид БУ

В результате проверки технических характеристик БУ и МППУ получены следующие характеристики: импульсная мощность сигнала на выходе МППУ – 43,3 дБмВт (рисунок 8), коэффициент передачи приемного канала МППУ – не менее 20 дБ, коэффициент шума приемного канала МППУ – не более 4 дБ (рисунок 9), коэффициент передачи приемного канала ПУТ – не менее 42 дБ, коэффициент шума приемного канала ПУТ – не более 5,3 дБ (рисунок 10), мощность фазоманипулированного сигнала на выходе БУ – не менее 27 дБмВт (рисунок 11). Энергопотребление МППУ в режиме передачи составляет не более 2 Вт, БУ в режиме приема (максимальное потребление в силу задействования всех вычислительных мощностей) – 100 Вт.

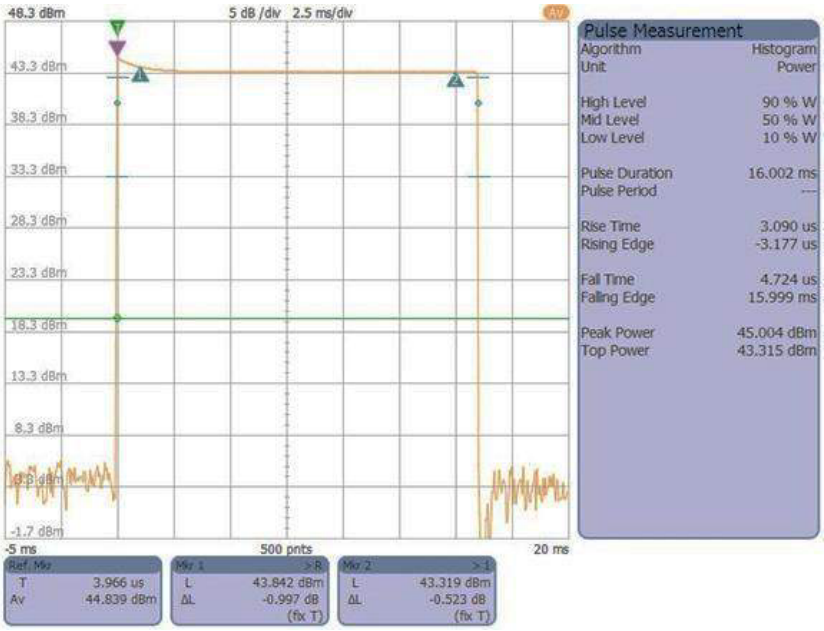

Рисунок 8. Эпюра радиоимпульса на выходе МППУ

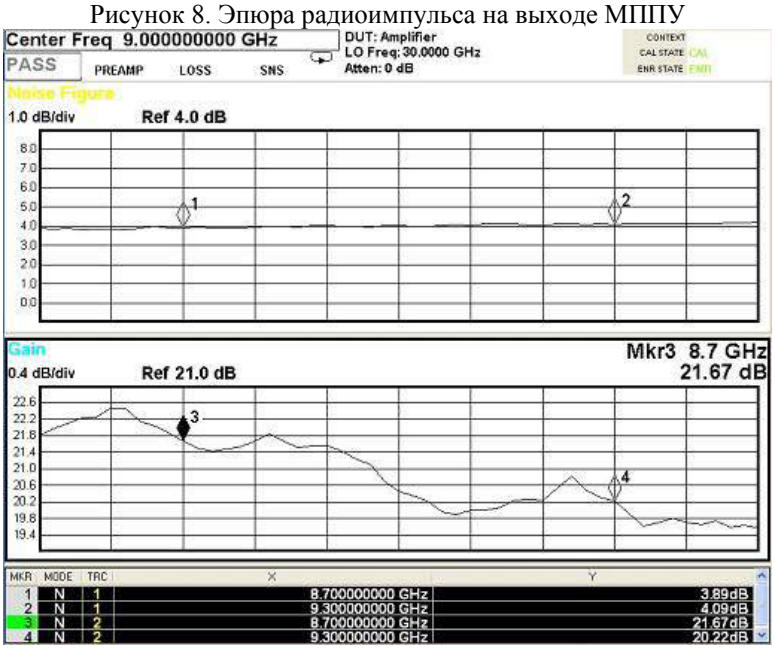

Рисунок 9. Эпюра характеристик приемного канала МППУ

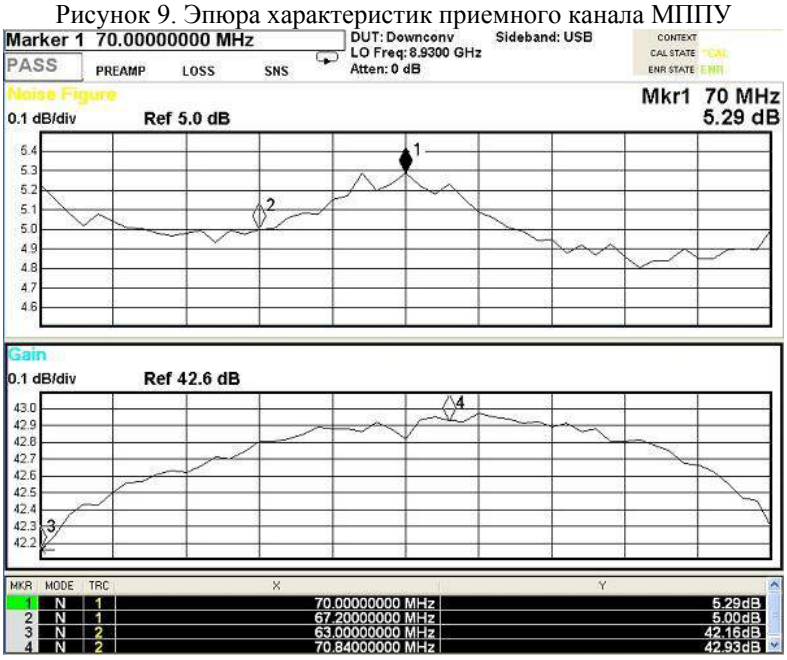

Рисунок 10. Эпюра характеристик приемного канала ПУТ

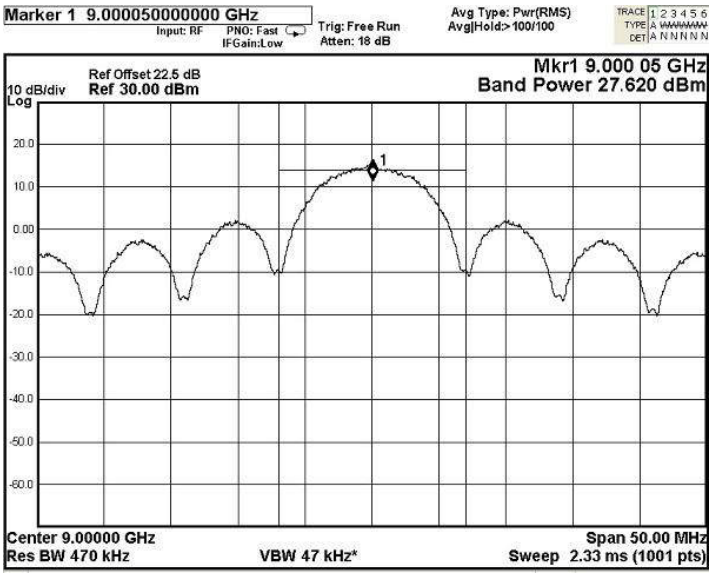

Рисунок 11. Эпюра спектра передаваемого сигнала на выходе БУ

Выводы

В результате разработки приемоответчика X диапазона удалось реализовать бортовые устройства, которые сохраняют работоспособность в жестких условиях эксплуатации, и обладают высокими техническими характеристиками, отвечающими заданным требованиям.

Список литературы:

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СРАБАТЫВАЕМОСТИ МОЮЩИХ ПРИСАДОК В МОТОРНОМ МАСЛЕ ПРИ ТРЕНИИ

Скотникова Маргарита Александровна
Докт. техн. наук, проф. кафедры МиОК, ИММиТ, СПбПУ г. Санкт-Петербург
Медведева Виктория Валерьевна, Петровская Ксения Валерьевна
Барамидзе Гиоргий Отариевич, *Студенты кафедры МиОК, ИММиТ, СПбПУ г. Санкт-Петербург*

С помощью методов оптической микроскопии, ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и торцевого трения образцов из стали 45 при нагрузке 500 Н в течение 0,5 и 3,0 часа, проведено исследование физико-химического механизма срабатываемости моющих присадок в минеральном моторном масле М-6$_з$/12Г1. Показано, что с увеличением времени приработки, укрупняются молекулярные комплексы, за счёт обволакивания частиц износа присадками.

1. Введение.

Известно, что сроки замены моторных масел очень малы и, например, для легкового автомобиля составляют 6…8 тыс. км пробега [1, с.75]. Основная причина кратковременности ресурса моторных масел связана с накоплением в них твердых продуктов износа и продуктов сгорания. При работе двигателя, наблюдается уменьшение концентрации присадок в масле и понижение эффективности их действия, то есть, присадки срабатываются.

2. Методика и материалы.

В работе с помощью методов оптической металлографии, ЯМР и торцевого трения стали 45 в минеральном моторном масле марки М-6$_з$/12Г1 при нагрузке 500 Н в течение 0,5 и 3,0 часа, исследовали кинетику взаимодействия частиц износа с присадками масла.

3. Результаты исследования.

3.1. Анализ износа масла по регистрации времени спин-спиновой релаксации протонов методом ЯМР.

В настоящей работе был использован малогабаритный ЯМР томограф [2-4], который укомплектован постоянным магнитом с полем 0,127 Тл и имел частоту протонного резонанса 5,44 Мгц.

Моторное масло является достаточно сложной молекулярной системой, в которой существует подмножество протонных систем, имеющих свои характерные времена спин-спиновой релаксации T_2i протонов. Известно, что времена релаксации [5, с.205] весьма чувствительны к наличию в растворах ферромагнитных частиц (продуктов износа), что увеличивает скорость переориентации протонных спинов молекул растворителя и сопровождается существенным уменьшением времени их релаксации.

На рис. 1(а-в) представлены затухающие протонные ЯМР сигналы, зарегистрированные от образцов масла М6з/12Г1 как в исходном состоянии, так и после торцевого в нём трения в течение 0,5 и 3,0 часа. Как видно, с увеличением времени торцевого трения и возрастания количества частиц износа, наблюдается существенное уменьшение времен спин-спиновой релаксации для образцов моторного масла, поскольку основным механизмов для спиновой переориентации протонов оказывается поверхностное взаимодействие молекул растворителя с ферромагнитными частицами. Персональный компьютер вычислял постоянную T_2 и оценивал среднюю квадратичную погрешность отклонений (СКО)