

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН

*Голубев Андрей Николаевич, Бакина Любовь Игоревна,  
Зефиоров Виктор Леонидович (vzefirov@niiis.nnov.ru)*

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова», г. Нижний Новгород

В работе рассматривается технологическое обеспечение проектирования и изготовления легких цилиндрических спиральных антенн с эллиптической поляризацией и высоким значением коэффициента усиления в широкой полосе частот, используемых в космических аппаратах. Представляются оригинальные технологические процессы намотки и пропитки полимерным компаундом при изготовлении таких антенн, а также способ ускорения процесса пропитки и увеличения прочности изделия. Полученные образцы спиральных антенн характеризуются малым разбросом параметров и их стабильностью к воздействию глубокого вакуума и способны выдерживать нагрузки до 1000 г в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

**Ключевые слова:** спиральные антенны, диэлектрические слои, пропитка компаундом, цилиндрические заготовки.

## TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR DEVELOPING SPIRAL ANTENNAS

*Golubev Andrey Nikolaevich, Bakina Lyubov Igorevna,  
Zefirov Victor Leonidovich (vzefirov@niiis.nnov.ru)*

Branch of RFNC-VNIIEF «NIIS named after Yu. Ye. Sedakov», Nizhniy Novgorod

The paper considers technological support for designing and manufacturing light cylindrical spiral antennas with elliptical polarization and a high gain value in a wide frequency band used in spacecrafts. There are presented original technological processes for manufacturing spiral antennas by winding film layers and impregnating them with a polymer compound, as well as a method for accelerating the impregnation process and increasing the strength of the product. The obtained samples of the spiral antennas are characterized by small scatter parameters and their stability to the deep vacuum effect and are able to withstand the loads up to 1000 g in three mutually perpendicular directions.

**Key words:** spiral antennas, dielectric layers, impregnation by compound, cylindrical billets.

### Введение

Развитие аэрокосмической отрасли и радиоэлектроники вызвало практическую потребность в легких антеннах, обеспечивающих излучение и прием эллиптически поляризованного поля в широком диапазоне частот. Необходимость улучшения помехозащитности, информативной способности и потенциала радиолокационных средств требует применения антенн с управляемыми во времени поляризационными параметрами.

Среди различных типов широкополосных антенн важное место занимают спиральные антенны, которые являются как слабонаправленными, так средненаправленными широкополосными антеннами эллиптической и управляемой поляризации. Они применяются, как в качестве самостоятельных антенн, так и в качестве элементов антенных решеток.

Цилиндрические спиральные антенны весьма перспективны из-за высокого значения коэффициента усиления в широкой полосе частот и малых размеров.

## Технология изготовления спиральных антенн

Разработка спиральных антенн, с точки зрения технологического обеспечения подготовки их производства, включала в себя поиск способов их построения, новых конструктивных решений с целью получения заданных характеристик при минимизации массогабаритных, энергетических и материальных затрат, с возможностью использования в ракетно-космической технике.

Конструктивно цилиндрическая спиральная антенна состоит из проволочной спирали длиной несколько длин волн  $\lambda$  при диаметре витка близком к  $\lambda/\pi$ . Один конец спирали остается свободным, а другой соединен с внутренним проводником коаксиальной линии [1]. Внешний проводник коаксиальной линии присоединяется к оси спирали (рис. 1).

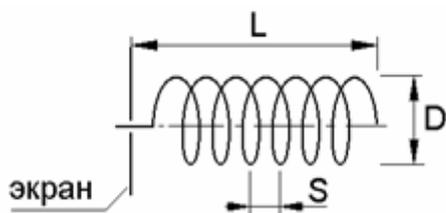


Рис. 1. Цилиндрическая спиральная антенна:  
D – диаметр спирали; S – шаг спирали

Целью данной работы являлось технологическое обеспечение проектирования и изготовления [2] легких цилиндрических спиральных антенн с эллиптической поляризацией и высоким значением коэффициента усиления в широкой полосе частот, для использования в космических аппаратах.

Кроме радиофизических характеристик к разрабатываемым спиральным антеннам были предъявлены требования к массогабаритным характеристикам, требования по прочности и стойкости к механическим и климатическим факторам, а также к долговечности и стабильности характеристик антенны.

Формирование цилиндрической заготовки антенны заключается в следующем – проводники спирали закрепляют на плоской диэлектрической подложке, затем собирают подложки с проводниками в пакет, накручивают пакет подложек на цилиндрическую оснастку, фиксируют изготовленный цилиндрический пакет подложек с проводниками, затем извлекают из него оснастку. После чего полученную цилиндрическую заготовку антенны подвергают пропитке пропиточными (эпоксидными, полиэфирными или др.) компаундами. В качестве пропитывающего компаунда использовали – компаунд марки ПК-34 (ТУ 2252-433-56897835-2008).

Технология пропитки антенн заключалась в следующем – цилиндрическую заготовку антенны (изделие) погружали в емкость с компаундом, далее ее помещали в вакуумный шкаф, создавали в шкафу вакуум не выше 40 гПа (30 мм рт. ст.), выдерживали изделие погруженным в компаунд до полного выхода пузырей, снимали вакуум (запускают в шкаф воз-

дух, при этом компаунд заходит в полости изделия), повторяли вакуумирование 2–3 раза (до полного удаления видимых воздушных пузырей). Благодаря капиллярным силам компаунд не вытекает из заготовки и обеспечивает монолитность изделия после пропитки и отверждения. Изделие извлекают, затем проводят отверждение компаунда в изделие в сушильном шкафу при температуре 60 °С в течение 10 ч.

Экспериментально было установлено, что ускорить процесс пропитки и увеличить прочность изделия возможно, если пленки диэлектрических подложек предварительно перфорировать в местах отсутствия проводника спирали (сделать отверстия) до намотки на оснастку (или вводить промежуточный слой из тонкой стеклоткани). При этом облегчается проникновение компаунда, легче и полнее удаляется воздух из изделия, кроме того адгезионная прочность компаунда в отношении материала подложек дополняется когезионной прочностью компаунда (по путям перфорации).

В результате проведенной работы была разработана технологическая инструкция: «Пропитка изделий компаундом марки ПК-34», которая обеспечивает образование легкого, прочного и тонкостенного каркаса (трубы) из слоев диэлектрика, не содержащего полостей, со спиральным проводником между слоями.

С применением данной технологической инструкции были изготовлены две партии спиральных цилиндрических антенн. Для примера описания конструктивных особенностей приведена модель антенны (рис. 2), функционирующей в диапазоне 755...845 МГц. Антенна является монофилярной спиральной антенной, расположенной над рефлектором конической формы 3. Металлический ленточный проводник 1, образующий спиральную антенну, вклеен в диэлектрик трубы антенны 2. В качестве диэлектрических подложек использовали фольгированный стеклотекстолит (в этом случае проводник спирали вытравливается) и перфорированную полиимидную пленку.

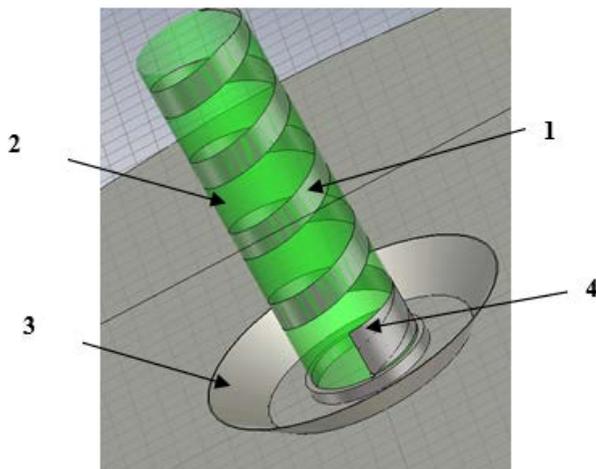


Рис. 2. Модель спиральной антенны: 1 – металлический ленточный проводник; 2 – диэлектрик трубы антенны; 3 – рефлектор конической формы; 4 – соединение с внутренним проводником коаксиальной линии

Антенны полностью отвечают предъявляемым требованиям, характеризуются малым разбросом параметров, их стабильностью при длительном хранении, воздействии экстремальных температур, перепадах давления и глубокого вакуума (1 мм рт. ст.), способны выдерживать высокие механические нагрузки, что обеспечивает возможность длительной эксплуатации в космосе.

Технология изготовления спиральных антенн защищена патентом [3].

### **Выводы**

Разработаны технологическая оснастка и технология пропитки изделий компаундом ПК-34, которые обеспечивают изготовление легких цилиндрических спиральных антенн с заданными характеристиками, высокой механической прочностью, обладающих стабильностью и малым разбросом характеристик, а так же стойкостью к перепадам давления. Разработанные и изготовленные спиральные цилиндрические антенны предназначены для длительной эксплуатации в космосе.

Результаты работы позволили расширить возможности технологической базы [4, 5] «НИИИС им. Ю. Е. Седакова» при технологическом обеспечении проектирования и изготовления устройств, в частности реализации многоканального приема электро-

магнитных волн в десяти частотных полосах, для проектирования и изготовления антенно-фидерных систем.

### **Список литературы**

1. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1988.

2. Козлов В. А., Светлаков Ю. А., Седаков А. Ю. Развитие структуры технологического обеспечения при системном проектировании и изготовлении СВЧ компонентов бортовых радиоэлектронных систем // Проектирование и технология электронных средств. 2018. № 3. С. 23–29.

3. Пат. 2625093 РФ, МПК H01Q, 1/36. Способ изготовления спиральной антенны / Зефилов В. Л., Илларионов И. А., Лихонин Д. Н. // Бюллетень изобретений. 2017. № 20.

4. Светлаков Ю. А. Формирование технологической базы при технологическом обеспечении проектирования и изготовления СВЧ устройств // Проектирование и технология электронных средств. 2018. № 4. С. 30–36.

5. Светлаков Ю. А. Совершенствование и развитие технологической базы проектирования и изготовления СВЧ устройств // Материалы XXIII Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии», ИСТ-2017. Нижний Новгород: НГТУ, 2017. С. 1344–1349.