

УДК 621.371.3

## РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ, ИМЕЮЩИХ ТЕПЛОВУЮ ФЛУКТУАЦИЮ, В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Свирид М.С., Копшай А.А., Булавко Д.Г., Лисов Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, [peuneva@bsuir.by](mailto:peuneva@bsuir.by)

**Аннотация.** Представлена 3D модель цифровой системы дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн.

**Ключевые слова.** Приемник, передатчик, гетеродин, тепловая флуктуация.

В настоящее время многие страны активно эксплуатируют и разрабатывают новые системы радарного зондирования земли. Радарный космический аппарат «Обзор-Р» предназначен для проведения съемки в X-диапазоне в интересах социально-экономического развития Российской Федерации [1]. «Обзор-Р» предназначен для обеспечения данными радарной съемки МЧС России, Минсельхоза России, Росреестра, других министерств и ведомств, а также регионов России. В Японии эксплуатируется аппарат «ALOS-2» в L-диапазоне [2]. «RISAT-1» радиолокатор С-диапазона частот (5,35 ГГц). Спутник предназначен для круглосуточной и всепогодной съемки Земли в различных режимах. Съемка земной поверхности проводится в С-диапазоне длин волн с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV). Канадский спутник «RADARSAT» работает в С-диапазоне (5,6 см) с предельным разрешением 3\*3м. Для решения мониторинговых задач в Корее эксплуатируется «KOMPSAT-5» для съемки земной поверхности в С-диапазоне с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV). В Великобритании «NovaSAR-S» представляет собой платформу SSTL-300 с инновационным радаром для съемки в S-диапазоне. Испанский радарный спутник «SEOSAR» способен проводить съёмку любых погодных условиях, днем и ночью. «Paz» снабжен радаром с синтезированной апертурой, разработанным компанией Astrium GmbH на платформе радара спутника TerraSAR-X, работающего в X-диапазоне. В Германии разработаны радарные космические аппараты TerraSAR-X и TanDEM-X, работающие в X-диапазоне [2].

Таким образом, разработка системы дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн является важной и актуальной задачей для развития научно-технического прогресса и повышения эффективности экономики Республики Беларусь.

Для решения данной задачи было проведено моделирование приемника (рисунок 1), передатчика (рисунок 2) и гетеродина (рисунок 3), как составных частей цифровой системы дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн.

3D модель приемника разрабатывалась с учетом основных технических характеристик таких устройств как входные фильтры преселектора, ма-

лошащие усилители, ограничители мощности, регулируемые усилители мощности, детекторы, СВЧ ключи, ответвители.

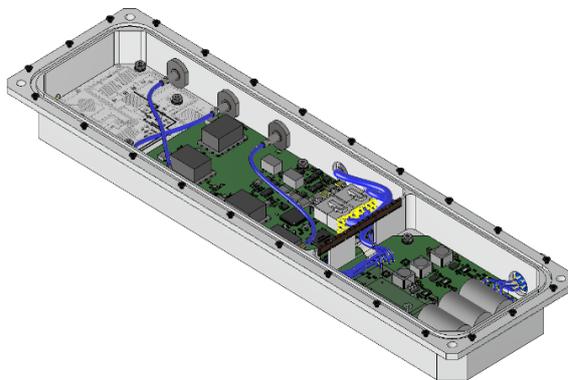


Рисунок 1 – 3D модель приемника

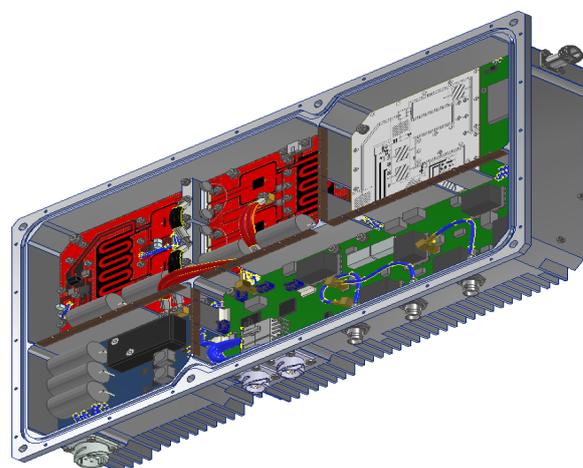


Рисунок 2 – 3D модель передатчика

3D модель передатчика разрабатывалась с учетом основных технических характеристик таких устройств как выходные каскады усиления, состоящие из предварительных усилителей, регулируемые аттенуаторы мощности, мощные выходные усилители, выходные фильтры, выходное коммутирующее устройство на высокочастотных PIN диодах, направленный ответвитель мощности для контроля выходного излучения, детекторы.

3D модель гетеродина разрабатывалась с учетом основных технических характеристик таких устройств как, задающий опорный генератор, синте-



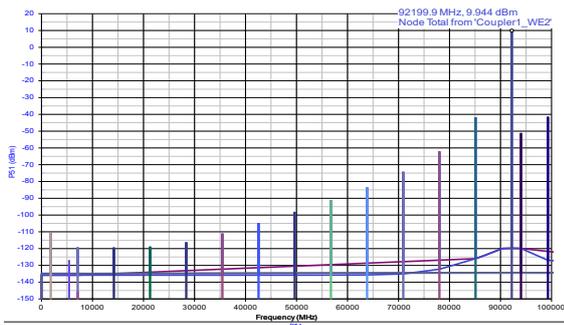


Рисунок 7 – Спектр сигналов гетеродина (92199.9 МГц, 10 дБм)

На рисунке 8 представлены результаты математического моделирования дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн, а именно значения измеренной амплитуды сигнала электромагнитного излучения. На рисунке 9 приведен результат моделирования дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, по данным рисунка 8.

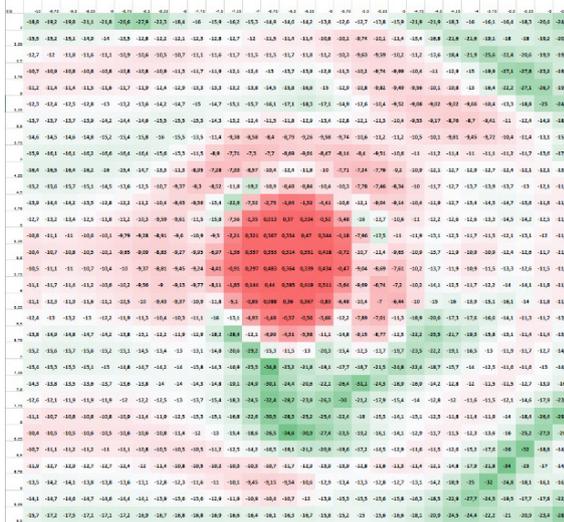


Рисунок 8 – Результаты математического моделирования дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн

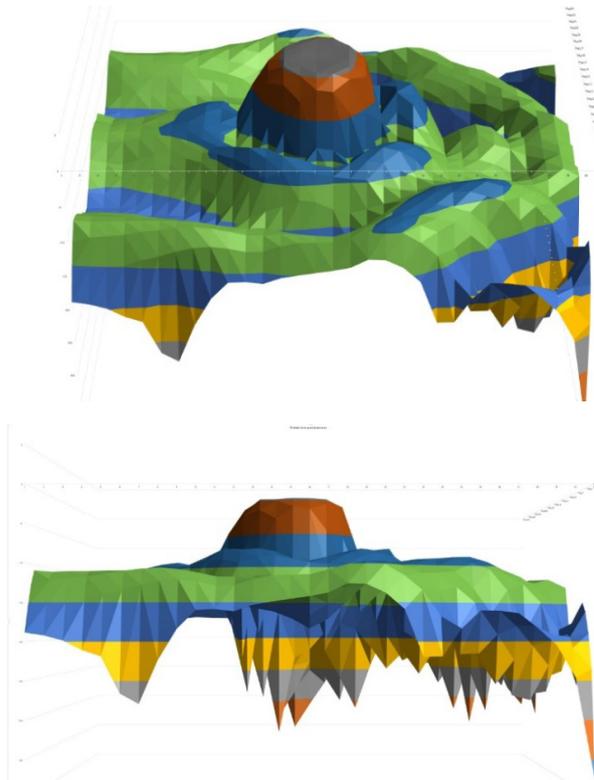


Рисунок 9 – Результат моделирования дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, по данным рисунка 8

Результаты компьютерного моделирования могут быть использованы в дальнейшем для разработки и изготовления цифровой системы дистанционного определения положения объектов, имеющих тепловую флуктуацию, в миллиметровом диапазоне длин волн.

### Литература

1. Заичко, В.А. Основные направления развития российской системы ДЗЗ из космоса / В.А. Заичко, М.Н. Хайлов // Дистанционное зондирование земли из космоса в России. – 2019. – № 1. – С. 8–15.
2. Дворкин, Б.А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли / Б.А. Дворкин // ГЕОМАТИКА. – 2013. – № 2. – С.16– 36.

## DEVELOPMENT OF A 3D MODEL OF A DIGITAL SYSTEM FOR REMOTE DETERMINATION OF THE POSITION OF OBJECTS WITH THERMAL FLUCTUATION IN THE MILLIMETER WAVELENGTH RANGE

D.A. Kondrashov, A.A. Kopshaj, D.G. Bulavko, D.A. Lisov

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus, peuneva@bsuir.by*

**Abstract.** A 3D model of a digital system for remote determination of the position of objects with thermal fluctuations in the millimeter wavelength range is presented.

**Keywords.** Receiver, transmitter, local oscillator, thermal fluctuation.