



**Двадцать вторая международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**

ктн, В.В. Зайцев; К.С. Кудинов

**Разработка фотограмметрической модели радиолокационной съемки земной
поверхности для анализа свойств отраженных сигналов**

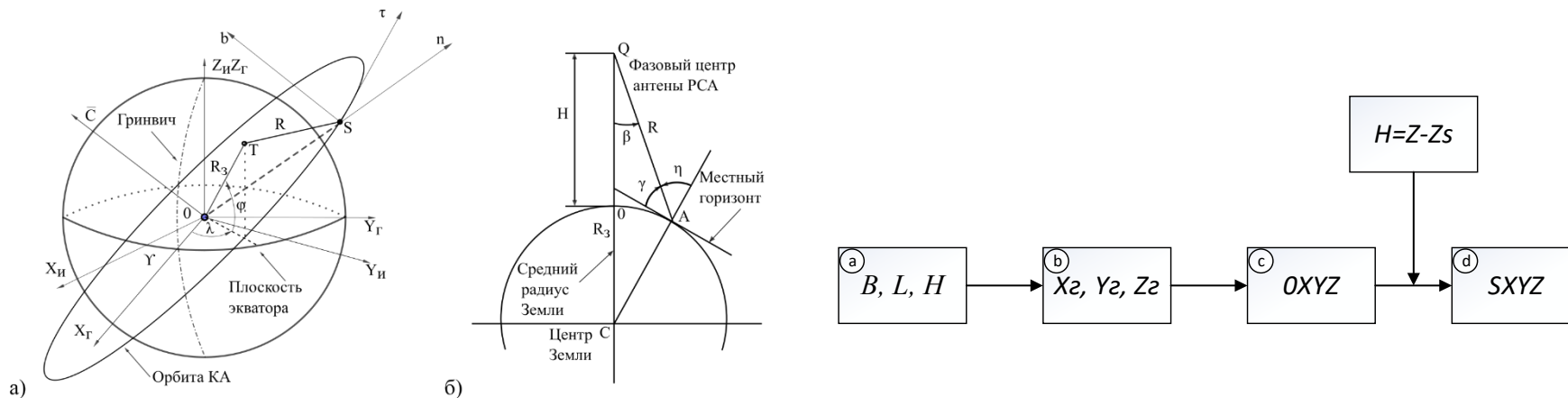




Современные тенденции развития дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) радиолокатором с синтезированной апертурой (РСА) открывают новые возможности для повышения качества получаемых данных [1]. Разработка, изучение и внедрение различных моделей позволяет разработать новые режимы работы съемочной аппаратуры, которые в свою очередь позволяют увеличить разрешающую способность, повысить скорость обработки данных, а также дает возможность более точно идентифицировать объекты, что существенно увеличивает эффективность анализа данных.



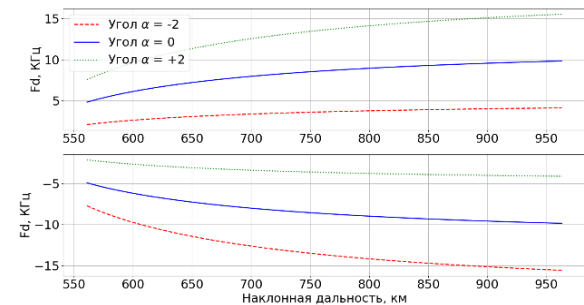
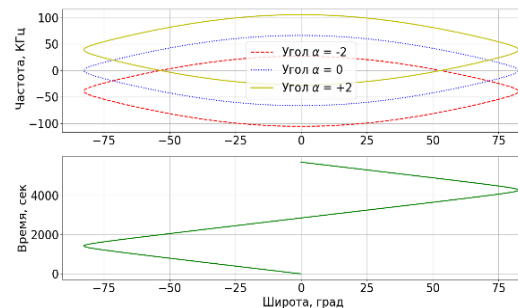
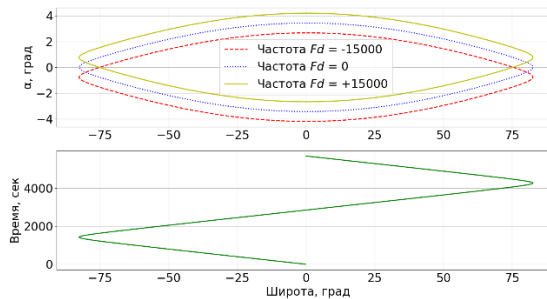
При решении задачи расчёта параметров отраженных сигналов РСА необходимо проводить вычисления относительно положения КА на орбите в заданный момент времени, что вызывает определенные сложности для случаев произвольной ориентации антенны РСА в новых, современных режимах наблюдения. В работе предлагается использовать преобразование в единую систему координат положение носителя РСА на орбите и точки на поверхности Земли для описания ориентации и положения космического аппарата относительно плоскости его орбиты [2].



В качестве модели съёмки РСА используются уравнение земного эллипсоида, наклонной дальности и доплеровской частоты отраженного сигнала. Система из трех уравнений решается аналитически при допуске о местной сферичности Земли в районе наблюдаемой сцены с известным локальным радиусом [2]. Практическая реализация включала в себя модель прогноза SGP4, баллистические параметры КА и РСА «Кондор – ФКА» [3]. Был выполнен прогноз движения космического аппарата для планирования пролета над интересующим районом и исследованы зависимости основных параметров отраженных радиолокационных сигналов за время полета КА в различных условиях наблюдения с переменными углами обзора и азимутального угла (скоса). Также решалась обратная задача по определению ориентации антенны РСА для получения требуемой задержки и частоты отраженных сигналов для объектов наблюдения, находящихся на разных широтах на поверхности Земли.



При проведении моделирования, выявлена зависимость изменения азимутального угла, для получения доплеровской частоты отраженного сигнала заданной величины, за одновитковый период полета КА. Значения рассчитывались для заданной ширины спектра частот, а также для углов разворота антенны и центральной доплеровской частоты равной 0. Очевидный разброс значений обусловлен различными скоростями движения цели за счет углового вращения поверхности Земли на разных широтах и смене знака на восходящем и нисходящем витках. Так же выявлена и обратная зависимость изменения доплеровской частоты при предельных углах отклонения луча антенны АФАР РСА КА «Кондор – ФКА» на траверсном направлении. Таким образом, показано, что применение преобразования в единую СК позволяет исследовать параметры отраженных сигналов условно-реального КА для реализации новых, перспективных режимов работы, например таких как *staring spotlight mode* [4,5].





Литература:

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под ред. В.С. Вербы.
2. Зайцев В.В. Расчет длительности наблюдения при радиолокационной съемке // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2022. Т. 65. № 9. С. 685–695.
3. Руководство пользователя данными дистанционного зондирования Земли, получаемыми космической системой «Кондор-ФКА». Версия 1. АО «ВПК «НПО машиностроения», 2023. 112 с.
4. Внотченко С.Л., Щетинин М.В. Улучшение характеристик космических РСА в режимах высокого разрешения // *Журнал радиоэлектроники* [электронный журнал]. 2022. №2.
5. Ignatenko V., Nottingham M., Radius A., Lamentowski L., Muff D., ICEYE Microsatellite SAR Constellation Status Update: Long Dwell Spotlight and Wide Swath