

#6
2020

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ТЕОДЕЗИИ
#108



Платиновый спонсор



Золотой спонсор



Информационный партнер

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
ПРОСТРАНСТВО РФ
И ДАННЫЕ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА

РОЛЬ АНТЕННЫ
В ВЫСОКОТОЧНЫХ
ГНСС-ИЗМЕРЕНИЯХ

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ
В ПК КРЕДО

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ИЗМЕРЕНИЙ И ВМ

О ПРИГОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ
БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОСЪЕМКИ
ДЛЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНЫХ
КООРДИНАТ В РЕЖИМЕ PPP
STATIC С САНТИМЕТРОВОЙ
ТОЧНОСТЬЮ

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОЛИГОНЫ
И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
В СРЕДНЕЙ АЗИИ ВО ВТОРОЙ
ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА



Программные решения и услуги в области геоинформатики,
фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли



PHOTOMOD™

ФОТОГРАМ-
МЕТРИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА
ДААННЫХ ДЗЗ

ЦФС PHOTOMOD
PHOTOMOD UAS
PHOTOMOD GeoMosaic
PHOTOMOD Radar

ОБЛАЧНЫЕ И
КОНВЕЙЕРНЫЕ
РЕШЕНИЯ

PHOTOMOD Conveyor
PHOTOMOD @ GeoCloud
PHOTOMOD @ cloudeo

БЕСПЛАТНЫЕ
ПРИЛОЖЕНИЯ

PHOTOMOD Lite
PHOTOMOD GeoCalculator
PHOTOMOD Radar Viewer
Direct Georeferencing
Datum Parameters



80
стран мира

1000
организаций

3000
лицензий

10000
рабочих мест

Новая версия **PHOTOMOD 7.0:**

- новый алгоритм измерения связующих точек объектно-ориентированным коррелятором;
- совершенствования интерфейсов процесса обработки данных с БПЛА;
- мультитредовый режим уравнивания, дающий многократный прирост скорости выполнения операции;
- новые эффективные алгоритмы вычисления облака точек и автоматического текстурирования, повышающие качество 3D моделей;
- новые методы фильтрации ЦМР, обеспечивающие рост автоматизации и качества создания ортофотопланов;
- улучшение реализации режимов распараллеливания вычислений на GPU в ряде процессов;
- и многое другое.



АО «РАКУРС», Россия, Москва
8 (495) 720 51 27, info@racurs.ru, https://racurs.ru

Уважаемые коллеги!

Подходит к концу не только 2020 год, но и первый год журнала «Геопрофи» в социальных сетях.

2020 год во многом был необычным:

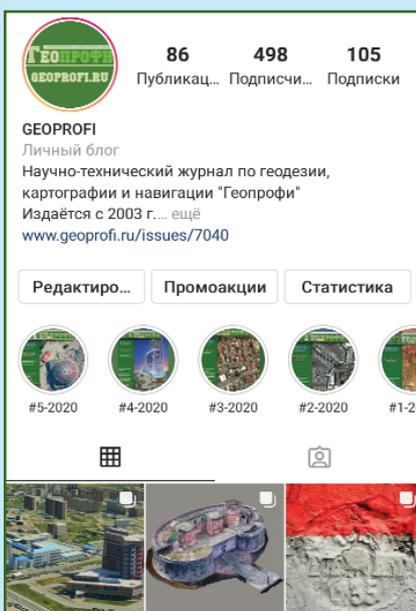
- не состоялись традиционные выставки и конференции, запланированные встречи с партнерами и отпуска;
- вводились и до сих пор сохраняются ограничения на перемещение не только через границы государств, но и в пределах постоянного места жительства и работы;
- появились обязательные аксессуары в нашей повседневной жизни — от защитных медицинских масок и перчаток до дезинфицирующих средств;
- произошел массовый переход к дистанционным формам общения, включая образование, конференции и выставки.

Но всего этого еще не было, когда редакция журнала приняла решение окунуться в мир социальных сетей и в январе этого года создала страницы журнала «Геопрофи» в Instagram и Facebook.

Причин для принятия такого решения было много: нарастающий тренд сокращения участия компаний в рекламной поддержке печатных СМИ и их уход в социальные сети, рекомендации наших партнеров, желание расширить аудиторию читателей электронных версий статей на сайте (www.geoprofi.ru), в первую очередь, за счет возрастной группы от 18 до 35 лет.

Если электронная версия журнала является цифровым «двойником» его полиграфического варианта, то статьи в электронном виде, представленные в разделах сайта «Публикации» и «Авторы», кроме полиграфической копии содержат дополнительную информацию — аннотации, фото, схемы и активные ссылки на использованные документы, литературу и справочную информацию.

В течение текущего года на страницах журнала в Instagram и в Facebook размещалась информация о

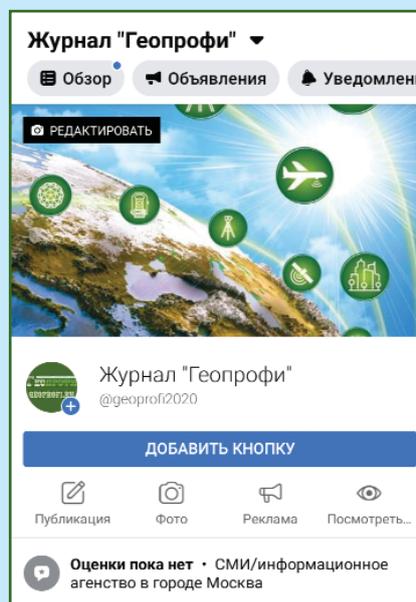


выходе очередного номера, статья, а также событиях, в которых принимала участие редакция. Публиковались итоги выставок и конференций, анонсы нормативных правовых документов и книг, новости компаний и учебных заведения.

Конечно, один год — это достаточно короткий срок, чтобы делать серьезные выводы об эффективности проделанной работы, но он позволил получить некоторые оценки сообщества социальных сетей по размещаемым в журнале материалам.

Как уже отмечалось, 2020 год разрушил многие планы, но показал целесообразность и необходимость перехода на цифровые технологии. Несмотря на все сложности, нам удалось выпустить 6 номеров журнала «Геопрофи», опубликовав 43 статьи 59 авторов, 35 из которых впервые появились на страницах журнала.

Поздравляем наших партнеров, авторов, подписчиков и читателей журнала «Геопрофи» с наступающим 2021 годом! Надеемся, что Новый год позволит реализовать задуманное, принесет новые впечатления и удачу!



Редакция журнала



Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ
ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: www.roscartography.ru | info@roscartography.ru

Редакция благодарит компании,
поддержавшие издание журнала:

Trimble (Платиновый спонсор),
JAVAD GNSS (Золотой спонсор),
«ГНСС плюс» (Информационный партнер),
АО «Роскартография»,
ГК «Геоскан», АО «Ракурс»,
«Геодезические приборы»,
«Кредо-Диалог»,
КБ «Панорама», ПК «ГЕО»,
ГБУ «Мосгоргеотрест»

Издатель
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор
В.В. Грошев

Главный редактор
М.С. Романчикова

Редактор
Е.А. Дикая

Дизайн макета
И.А. Петрович

Дизайн обложки
И.А. Петрович

Интернет-поддержка
«Инфодизайн»

Почтовый адрес: 117513, Москва,
Ленинский пр-т, 135, корп. 2
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия
www.geoprofi.ru



[Instagram.com/geoprofi_2020](https://www.instagram.com/geoprofi_2020)

[Facebook.com/geoprofi2020](https://www.facebook.com/geoprofi2020)

Перепечатка материалов без разрешения
редакции запрещается. Мнение редакции
может не совпадать с мнением авторов.
Редакция не несет ответственности за
содержание рекламной информации.

Свидетельство о регистрации в Минпечати
России ПИ № 77-14955 от 03.04.2003 г.

ISSN 2306-8736

Периодичность издания —
шесть номеров в год.

Индекс для подписки в каталоге
Агентства «Урал-Пресс» 010688

Тираж 3000 экз. Цена свободная
Номер подписан в печать 25.12.2020 г.

Печать Издательство «Проспект»

ОТ РЕДАКЦИИ

ОДИН ГОД В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ 1

ТЕХНОЛОГИИ

В.А. Заичко, А.А. Кутумов, Д.О. Шведов
**ДАнные ДЗЗ ИЗ КОСМОСА — ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОГО
ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ** 4

Р. Мовахединия, Дж. Хоткер, Дж. Пантер, К. Маклеод
**МЕНЬШЕ И ЛУЧШЕ. ИННОВАЦИИ В НОВОЙ
ГНСС-АНТЕННЕ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ** 13

Д.В. Чадович, Г.В. Серафимович
КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ 2.0 — НОВОЕ В СИСТЕМЕ 22

М.Д. Алексеев, В.И. Глейзер, В.П. Галахов
**РОЛЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
В ВIM-ТЕХНОЛОГИИ** 27

С.А. Кадничанский
**О ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛАМИ АФС
С БВС, ПРИГОДНЫМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ
РАБОТ НА ЗЕМЛЯХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ** 35

В.Ю. Афанасьев
**ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ PPP STATIC
ПРИ РАЗНЫХ ЭФЕМЕРИДАХ И ПОПРАВКАХ ЧАСОВ
СПУТНИКОВ GPS И ГЛОНАСС** 41

НОВОСТИ

СОБЫТИЯ 31

ПУТЕШЕСТВИЕ В ИСТОРИЮ

А.П. Райзман
**ВКЛАД ПРЕДПРИЯТИЯ № 12 ГУГК СССР В НАУЧНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ
В СРЕДНЕЙ АЗИИ** 45

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

52

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент снимка с КА «Ресурс-П», аппаратура «КШМСА-ВР», 03.11.2019 г. На снимке — Корякское нагорье, Чукотский АО. Информация принята и обработана Оператором КС ДЗЗ (НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы») © Госкорпорация «Роскосмос», 2019.



ДАННЫЕ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА — ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОГО ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.А. Заичко (Госкорпорация «Роскосмос»)

В 1983 г. окончил факультет сбора и обработки информации Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского по специальности «инженер радиоэлектронной техники». С 2008 г. работает в Госкорпорации «Роскосмос», в настоящее время — заместитель директора Департамента навигационных космических систем (ГЛОНАСС).

А.А. Кутумов (АО «Российские космические системы»)

В 2014 г. окончил факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК по специальности «картография». С 2013 г. работает в АО «Российские космические системы», в настоящее время — инженер 1 категории.

Д.О. Шведов (Госкорпорация «Роскосмос»)

В 2017 г. окончил факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК с присвоением квалификации «магистр» по направлению «картография и геоинформатика». С 2016 г. работал в ООО «Центр инновационных технологий», с 2017 г. — в АО «НИИ ТП». С 2020 г. работает в Госкорпорации «Роскосмос», в настоящее время — специалист Департамента навигационных космических систем (ГЛОНАСС).

▼ **Нормативное правовое регулирование и взаимодействие пространственных данных и данных ДЗЗ из космоса**

Использование космической геопрограмственной информации, а именно данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), базовой информационной продукции, созданной на их основе, материалов тематической обработки в соответствии с резолюциями Комитета по использованию космического пространства в мирных целях Организации Объединенных Наций является одним из приоритетных направлений для содействия устойчивому развитию.

В связи с этим создание и применение космической геопрограмственной информации

в виде данных ДЗЗ в интересах государственных и других потребителей в Российской Федерации также является одним из приоритетов развития космической деятельности.

В настоящее время сбор, обработка, хранение и распространение космической геопрограмственной информации в России осуществляются в соответствии с Законом Российской Федерации от 20 августа 1993 г. № 5663-1 «О космической деятельности» [1] и Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 июня 2005 г. № 370 [2] и напрямую зависит от состояния и возможностей российской космической системы ДЗЗ.

В соответствии с пунктом 1 статьи 31 Закона Российской

Федерации № 5663-1 [1] в целях эффективного использования данных, получаемых с космических аппаратов, созданных за счет средств федерального бюджета (государственные космические аппараты), а также данных, получаемых с космических аппаратов, созданных за счет средств физических и юридических лиц и не относящихся к государственным космическим аппаратам (негосударственные космические аппараты), и закупаемых за счет средств федерального бюджета, Российская Федерация обеспечивает создание и ведение федерального фонда данных.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 мая

2019 г. № 689 [3] оператором федерального фонда данных определена Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» (Госкорпорация «Роскосмос») [4].

В соответствии с пунктом 2 статьи 31 Закона Российской Федерации № 5663-1 [1], к данным ДЗЗ из космоса относятся первичные данные, получаемые непосредственно с помощью аппаратуры дистанционного зондирования Земли, установленной на борту космического аппарата (КА), и передаваемые или доставляемые на Землю из космоса посредством электромагнитных сигналов, фотопленки, магнитной ленты или какими-либо другими способами, а также материалы, полученные в результате обработки первичных данных, осуществляемой в целях обеспечения возможности их использования.

В то же время в Федеральном законе от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ [5] закреплено, что пространственные данные — это данные о пространственных объектах (природные объекты, искусственные и иные объекты (в том числе здания, сооружения), местоположение которых может быть определено, а также естественные небесные тела), включающие сведения об их форме, местоположении и свойствах, в том числе представленные с использованием координат.

При этом в Законе Российской Федерации № 5663-1 [1] отмечено, что пространственные данные не относятся к данным ДЗЗ из космоса.

Таким образом, можно сформулировать понятие геопространственной информации, которое ранее было закреплено в Постановлении Правительства Российской Федерации от 28 мая 2007 г. № 326 [6] и в настоящее время утратило силу.

Геопространственная информация — совокупность данных

о местности и объектах, расположенных на поверхности Земли, в подповерхностном слое Земли, приповерхностном слое атмосферы Земли и околоземном пространстве, необходимых для использования в различных областях деятельности.

При этом с учетом понятийного аппарата, закрепленного в Законе Российской Федерации № 5663-1 [1] и в Федеральном законе № 431-ФЗ [5] структурно геопространственную информацию можно представить как совокупность пространственных данных, данных ДЗЗ из космоса и других данных о местности и объектах.

Учитывая, что уполномоченным органом, осуществляющим космическую деятельность в Российской Федерации, согласно Федеральному закону от 13 июля 2015 г. № 215-ФЗ [7], является Госкорпорация «Роскосмос», одно из основных направлений такой деятельности — дистанционное зондирование Земли из космоса, а ее результатом являются собственно данные ДЗЗ или космическая геопространственная информация, вопросы регулирования этой деятельности находятся в компетенции Госкорпорации «Роскосмос».

Следует отметить при этом, что в соответствии с Положением [2] обладателем данных дистанционного зондирования, получаемых с российских космических аппаратов и созданных за счет средств федерального бюджета, является Российская Федерация. А в соответствии с пунктом 17 статьи 6 Федерального Закона № 215-ФЗ [7] полномочия по управлению и распоряжению принадлежащими Российской Федерации правами на данные дистанционного зондирования Земли из космоса также принадлежат Госкорпорации «Роскосмос».

Следует особо подчеркнуть, что в соответствии с Постанов-

лением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2014 г. № 1390 [8] данные дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемые с зарубежных космических аппаратов и российских космических аппаратов гражданского назначения, отнесению к государственной тайне не подлежат и публично используются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Как уже отмечалось, сбор, хранение и распространение космической геопространственной информации напрямую зависит от состояния и возможностей российской космической системы ДЗЗ.

При этом российская космическая система ДЗЗ представляет собой совокупность космического сегмента (орбитальная группировка, оснащенная различными типами целевой аппаратуры наблюдения в различных диапазонах длин волн) и наземного сегмента инфраструктуры ДЗЗ, обеспечивающей планирование космических съемок, прием, сбор, обработку, хранение и распространение (предоставление) данных ДЗЗ из космоса, продукции и сервисов, созданных на их основе.

Основным документом, определяющим направления развития и финансирования мероприятий по формированию российской космической системы ДЗЗ является Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы (ФКП-2025), утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2016 г. № 230. Основные положения ФКП-2025 представлены на официальном сайте Госкорпорации «Роскосмос» [4]. Федеральной космической программой предусмотрен целый комплекс мероприятий по формированию орбитальной группировки КА ДЗЗ, развитию наземной космической инфраструк-

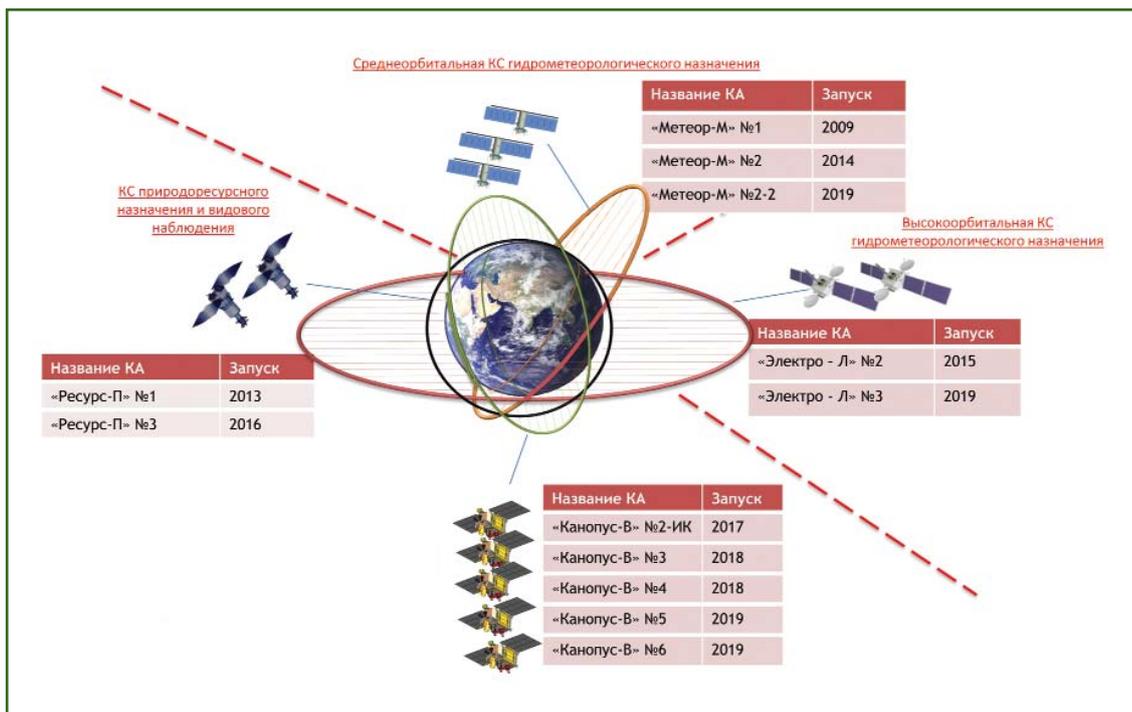


Рис. 1
Текущий состав российской орбитальной группировки КА ДЗЗ

туры приема, обработки, хранения и распространения данных ДЗЗ, совершенствованию технологии обработки данных ДЗЗ, созданию космической геопространственной информации и обеспечения ею потребителей.

В настоящее время в составе российской орбитальной группировки насчитывается 12 КА ДЗЗ, из них 7 КА обеспечивают предоставление данных высокого пространственного разрешения, являющихся основой для создания космической геопространственной информации (рис. 1). К их числу относятся 2 КА «Ресурс-П» и космическая система «Канопус-В» в составе 5 КА.

С целью повышения качества и полноты геопространственной информации в рамках ФКП-2025 предусмотрены мероприятия по дальнейшему развитию орбитальных и наземных средств ДЗЗ.

При этом предусматривается доведение к 2022–2023 гг. количества КА ДЗЗ в составе

орбитальной группировки до 20 и поддержание ее на этом уровне до 2030 г.

▼ **ЕТРИС ДЗЗ**

В рамках работ по развитию наземной космической инфраструктуры обеспечения потребителей данными ДЗЗ, проводимых в соответствии с ФКП-2025, создана и успешно функционирует Единая территориально-распределенная информационная система приема, сбора, обработки, хранения, распространения и предоставления данных дистанционного зондирования Земли из космоса (далее — ЕТРИС ДЗЗ) (рис. 2).

ЕТРИС ДЗЗ введена в эксплуатацию и обеспечивает государственным и другим потребителям данными ДЗЗ и геоинформационной продукцией, созданной на их основе. Государственными потребителями являются федеральные органы исполнительной власти и региональные органы исполнительной власти всех субъектов Российской Федерации.

Структура взаимодействия потребителей с ЕТРИС ДЗЗ представлена на рис. 3.

Для решения задачи оперативного сбора и предоставления потребителям космической геопространственной информации на территории страны развернуты региональные центры приема, обработки и хранения данных ДЗЗ (Москва, Калининград, Мурманск, Красноярск, Новосибирск, Хабаровск, Циолковский, Дудинка, Анадырь, Самара). В каждом регионе вводятся аппаратно-программные средства центров космических услуг (центров компетенции), обеспечивающих доступ к информационным ресурсам ЕТРИС ДЗЗ.

В состав ЕТРИС ДЗЗ также входят: Единый банк геоданных, геопортал Госкорпорации «Роскосмос» (<https://gptl.ru>), региональные банки данных ДЗЗ из космоса, аппаратно-программные средства фонда данных ДЗЗ, специальное программное обеспечение и техно-



Рис. 2
Единная территориально-распределенная информационная система ДЗЗ

логии обработки данных, система обмена данными и соответствующая телекоммуникационная сеть.

Эта система в настоящее время эффективно используется

для обеспечения федеральных и региональных органов исполнительной власти космической геопространственной информацией, созданной на основе данных ДЗЗ, предоставления дру-

гой продукции и услуг, полученных в результате космической деятельности.

Источником данных для формирования космической геопространственной информации

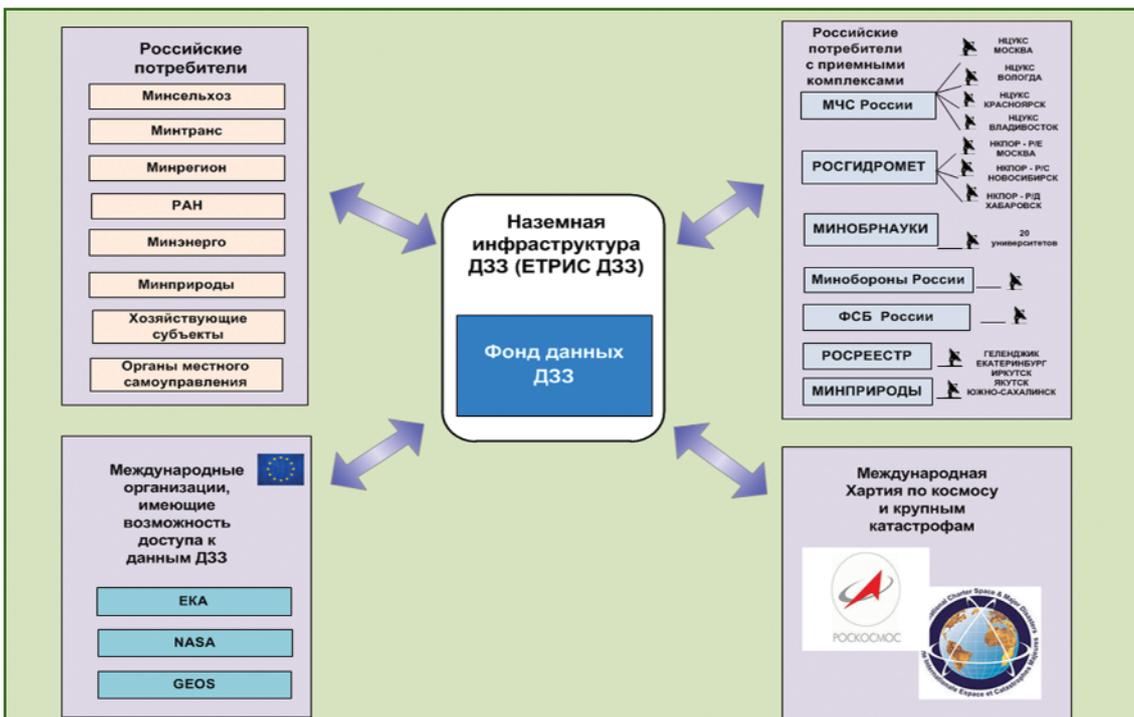


Рис. 3
Структура взаимодействия потребителей с ЕТРИС ДЗЗ

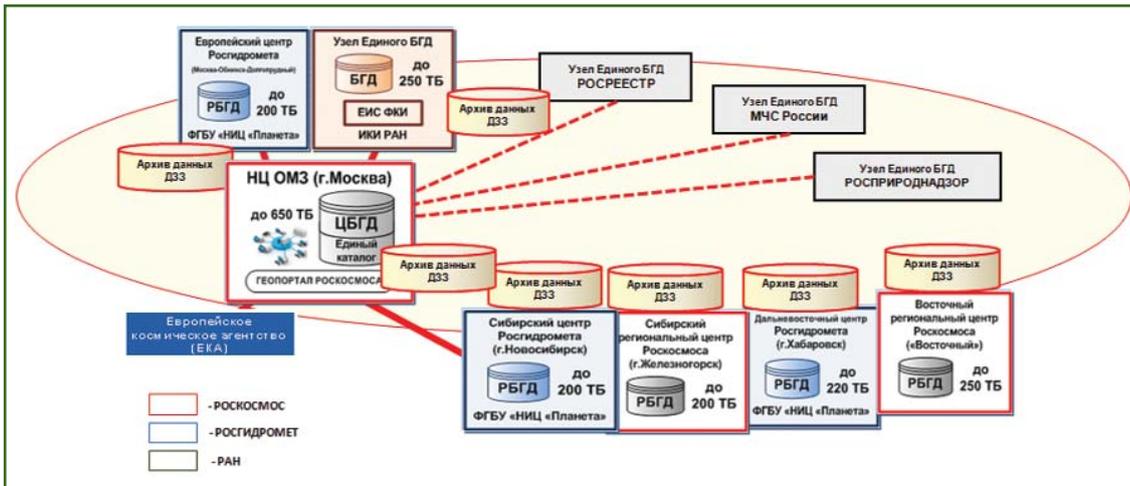


Рис. 4

Оснащение ЕТРИС ДЗЗ средствами хранения космической геопространственной информации



Рис. 5

Виды геоданных, хранящихся в едином банке геопространственных данных ЕТРИС ДЗЗ

является федеральный фонд данных ДЗЗ, полученных с космических аппаратов гражданского назначения, аппаратно-программные средства которого являются неотъемлемой частью этой информационной системы. Оснащение ЕТРИС ДЗЗ средствами хранения космической геопространственной информации представлено на рис. 4, а виды геоданных в едином банке геопространственных данных — на рис. 5. Федеральный фонд данных ДЗЗ будет функционировать в составе Национального центра ДЗЗ, создаваемого Госкорпорацией

«Роскосмос» по поручению Президента Российской Федерации.

Взаимодействие ведомственных и региональных информационных систем для организации доступа к данным ДЗЗ и другой космической геопространственной информации через сервисы геопортала Госкорпорации «Роскосмос» представлено на рис. 6.

Всего в рамках информационного взаимодействия с ЕТРИС ДЗЗ Госкорпорацией «Роскосмос» в 2020 г. государственным потребителям были переданы данные космической

съемки на территорию общей площадью более 600 млн км².

► Проект «Цифровая Земля»

В рамках Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы предусмотрено дальнейшее развитие ЕТРИС ДЗЗ, в части создания Национального центра ДЗЗ, развертывания полномасштабной системы обеспечения потребителей данными ДЗЗ из космоса и продукции на их основе с учетом наращивания орбитальной группировки космических аппаратов ДЗЗ, создания высокопроизводительных центров обработки данных.

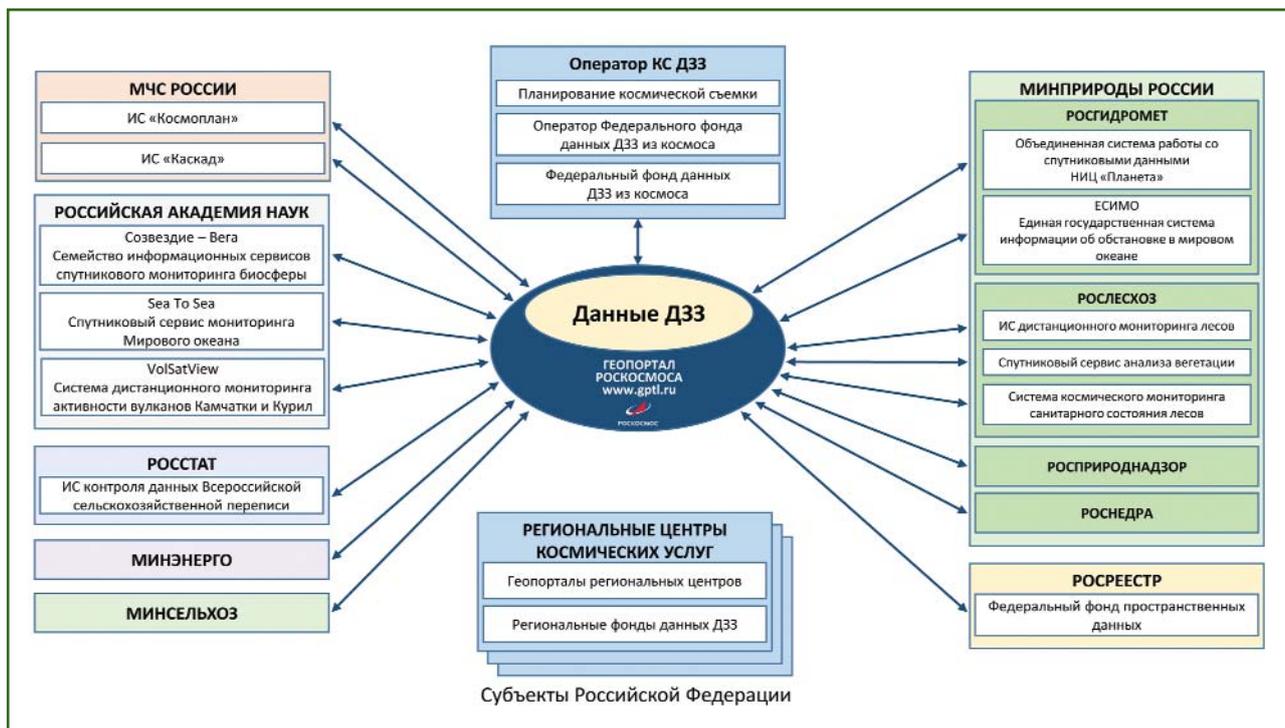


Рис. 6

Взаимодействие ведомственных и региональных информационных систем для организации доступа к данным ДЗЗ через сервисы геопортала Госкорпорации «Роскосмос»

При этом в 2019–2020 гг. совместно с МЧС России произошло расширение сети центров приема данных ДЗЗ в арктической зоне Российской Федерации (Дудинка, Анадырь) и в Антарктиде (станция «Прогресс»), что позволило значительно увеличить возможности по сбору данных ДЗЗ не только с российских, но и с зарубежных КА.

На совещании у Президента Российской Федерации по вопросам развития космической отрасли Российской Федерации, состоявшемся в мае 2017 г., был

принят ряд решений по повышению эффективности использования данных ДЗЗ, получаемых с российских КА гражданского назначения.

В частности, данным поручением Правительству Российской Федерации поручено закрепить за Госкорпорацией «Роскосмос» функции по созданию и эксплуатации федерального фонда данных ДЗЗ и по организации доступа потребителей к этим данным.

Этим же поручением Госкорпорации «Роскосмос» предпи-

сано обеспечить создание и функционирование Национального центра ДЗЗ, задачей которого, в том числе, будет являться предоставление потребителям продукции и услуг с использованием космических данных в рамках реализации проекта «Цифровая Земля».

Этот проект предусматривает создание единого сплошного многослойного динамического покрытия (ЕСМДП) данными ДЗЗ различного пространственного разрешения, в том числе высокого (лучше 1 м), всей тер-

Единое сплошное многослойное динамическое покрытие данными ДЗЗ территории Земного шара

Уровень детализации	Пространственное разрешение	Источники данных (КА / аппаратура)	Точность географической привязки
Глобальный	1 км	Электро-Л	1 км
Федеральный	1 км	Метеор-М / МСУ-МР	1 км
Региональный	60–120 м	Метеор-М / КМСС Ресурс-П / ШМСА-СР	60–120 м
Детальный	1–3 м	Ресурс-П / Геотон Канопус-В / ПСС, МСС	3–5 м

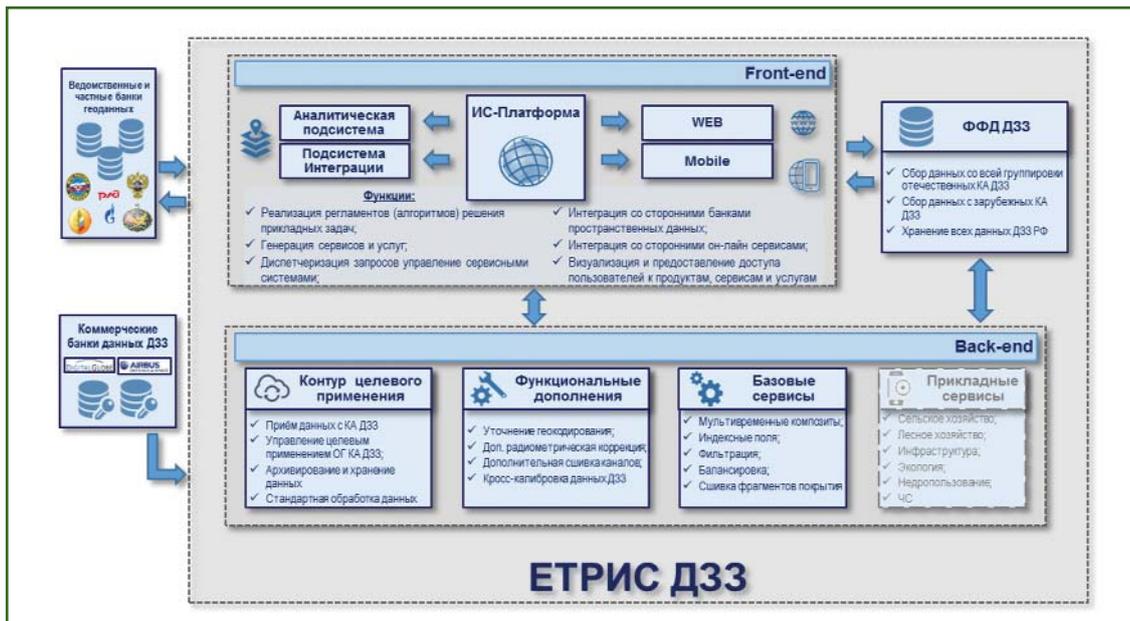


Рис. 7 Основные принципы реализации проекта «Цифровая Земля»

ритории Земного шара и, прежде всего, Российской Федерации (см. таблицу).

Основным принципом реализации проекта «Цифровая Земля» (рис. 7) является перенос всех технологий в облачную инфраструктуру и предоставление данных, услуг и сервисов Д33 из космоса непосредственно в облаке. Это сде-

лано для того, чтобы пользователь максимально использовал облачные технологии, не перекачивал данные Д33 и промежуточную продукцию, а проводил всю обработку на предоставляемых технических и аппаратных средствах хранения и обработки данных в облаке, и на выходе получал конечную продукцию, в том

числе тематическую, предоставляемую в векторном формате и в виде информационно-аналитических материалов и документов. При этом взаимодействие с уже имеющимися ведомственными и региональными информационными системами будет осуществляться с использованием технологий API.



Рис. 8 Основные области применения ЕСМДП и продукции на его основе

Использование ЕСМДП и продукции на его основе в интересах отраслей экономики сводится к задаче информационного обеспечения пользователей на любую территорию в формате, пригодном для автоматического (автоматизированного) анализа космических геопространственных данных.

Основные области применения ЕСМДП и продукции на его основе (рис. 8):

— хозяйственная деятельность в отраслях, связанных с использованием и переработкой возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов, включая сельское, рыбное, лесное, водное хозяйство, геологию и разработку месторождений полезных ископаемых;

— создание и обновление широкого спектра общегеографических и тематических картографических материалов (топографические карты, карты в цифровом виде, ГИС различного назначения, карты сейсмичности и геологического риска, карты лесных массивов, сельскохозяйственных и др. тематического назначения);

— экологический мониторинг на глобальном, региональном и локальном уровнях за распространением загрязнений во всех основных природных сферах (атмосфера, поверхность суши, водная среда), развитием процессов деградации природной среды;

— мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС), включая обнаружение факта ЧС, оценку масштабов и характера разрушений; прогнозирование землетрясений и других разрушительных природных явлений;

— деятельность по землеустройству, прокладке транспортных магистралей, строительству промышленных объектов и градостроительству, составлению кадастров земельных и иных природных ресурсов.

Основной тематической продукцией, которая может быть получена на основе ЕСМДП, являются индексные изображения, мультимедийные композиции, тематические карты классификаций и тренды (динамика значений отражения заданных участков земной поверхности).

Продукция на основе ЕСМДП перспективна для использования в аналитических платформах наряду с другими источниками информации от различных автоматических сервисов (метеостанции, гидрографические посты, датчики влажности почвы и др.) при реализации специализированных отраслевых сервисов принятия решений (лесное хозяйство, сельское хозяйство, мониторинг землепользования, инфраструктуры и др.).

Помимо проекта «Цифровая Земля» в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» реализуются еще два проекта, связанных с созданием единой электронной картографической основы (ЕЭКО) и федерального портала пространственных данных (ГИС ФППД), направленных на развитие в Российской Федерации сервисов по предоставлению потребителям пространственных данных.

На базе этих двух проектов и проекта «Цифровая Земля» предполагается создание к 2023 г. единого общедоступного геоинформационного пространства Российской Федерации путем объединения ресурсов этих трех систем и их информационного взаимодействия. При этом, как предполагается, будет создан единый информационный ресурс «Цифровая Россия», объединяющий ЕЭКО, ФППД, Федеральный фонд данных ДЗЗ и ЕСМДП в единое целое.

С учетом изложенного, Госкорпорация «Роскосмос» полагает, что основу единого гео-

информационного пространства могут составить средства уже созданной и функционирующей в интересах обеспечения государственных органов власти данными ДЗЗ из космоса ЕТРИС ДЗЗ и других элементов наземной космической инфраструктуры ДЗЗ во взаимодействии с ГИС ЕЭКО и ГИС ФППД.

▼ Список литературы

1. Закон Российской Федерации от 20 августа 1993 г. № 5663-1 «О космической деятельности» (с изменениями на 8 декабря 2020 г.).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 10 июня 2005 г. № 370 «Об утверждении Положения о планировании космических съемок, приеме, обработке, хранении и распространении данных дистанционного зондирования Земли с космических аппаратов гражданского назначения высокого (менее 2 м) разрешения (с изменениями на 12 апреля 2017 г.)».

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 689 «Об определении оператора федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и его полномочий».

4. Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». — www.roscosmos.ru.

5. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

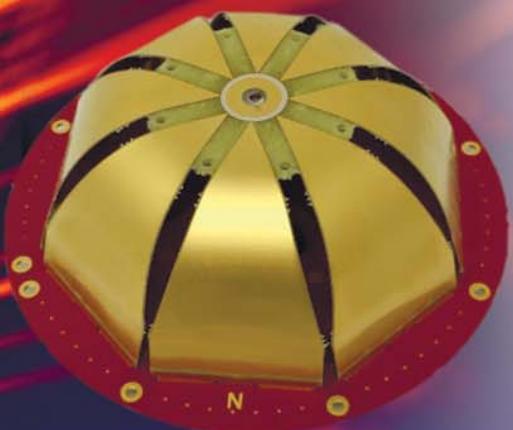
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2007 г. № 326 «О порядке получения, использования и предоставления геопространственной информации» (утратило силу).

7. Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 215-ФЗ «О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» (с изменениями на 7 апреля 2020 г.).

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2014 г. № 1390 «О публичном использовании данных дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемых с зарубежных космических аппаратов и российских космических аппаратов гражданского назначения».

Tallysman VSE6328L

Легкая и компактная, встраиваемая ГНСС антенна, разработанная для высокоточного позиционирования. В антенне **VSE6028L** реализована уникальная технология **VeroStar™**, обеспечивающая высокий коэффициент усиления по всему спектру ГНСС - GPS/QZSS: L1/L2/L5; QZSS-L6; ГЛОНАСС: L1/L2/L3; Galileo: E1/E5a/E5b/E6; BeiDou: B1/B2/B2a/B3; IRNSS/NavIC-L5 и SBAS. **VSE6028L** поддерживает работу с сервисами коррекции L-band на предельно малых углах возвышения. Стабильность фазового центра ± 2 мм. Размеры: высота – 38,7 мм, внешний диаметр – 106 мм. Вес – 80 граммов.



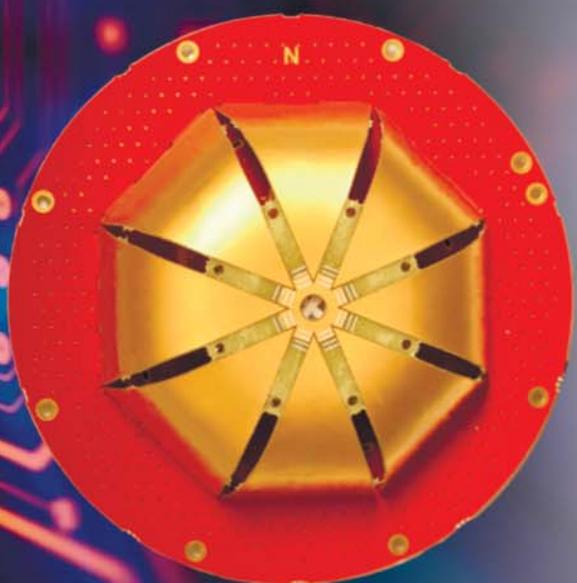
Tallysman VSP6037L

Универсальная мультисистемная и мультисистемная ГНСС антенна, выполненная в прочном защищенном корпусе. Запатентованная технология **VeroStar™**. Прием спутниковых сигналов - GPS/QZSS: L1/L2/L5; QZSS-L6; ГЛОНАСС: L1/L2/L3; Galileo: E1/E5a/E5b/E6; BeiDou: B1/B2/B2a/B3; IRNSS/NavIC-L5 и SBAS. **VSP6037L** поддерживает работу с сервисами коррекции L-band на предельно малых углах возвышения. Стабильность фазового центра ± 2 мм. Размеры: высота – 74,9 мм, внешний диаметр – 170 мм. Вес – 500 граммов.



Tallysman VSM6028L

Самая компактная и легкая в своем классе, встраиваемая ГНСС антенна с технологией **VeroStar™**. Прием спутниковых сигналов - GPS/QZSS: L1/L2/L5; QZSS-L6; ГЛОНАСС: L1/L2/L3; Galileo: E1/E5a/E5b/E6; BeiDou: B1/B2/B2a/B3; IRNSS/NavIC-L5 и SBAS. **VSE6028L** поддерживает работу с сервисами коррекции L-band на предельно малых углах возвышения. Антенна **VSM6028L** идеальна для автономной навигации транспортных средств (наземной, морской и воздушной), геодезии и морского позиционирования. Стабильность фазового центра ± 2 мм. Размеры: высота – 32,4 мм, внешний диаметр – 90 мм. Вес – 58 граммов.



Официальный дилер компании Tallysman в России

МЕНЬШЕ И ЛУЧШЕ. ИННОВАЦИИ В НОВОЙ ГНСС-АНТЕННЕ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ*

Реза Мовахединия (Reza Movahedinia) — Tallysman, Канада

Окончил Университет Конкордия (Монреаль, Канада). Доктор философии (PhD) в области электротехники и вычислительной техники. В настоящее время — инженер-исследователь компании Tallysman.

Джулиен Хоткер (Julien Hautcoeur) — Tallysman, Канада

Окончил Институт электроники и телекоммуникаций Университета Ренн 1 (Франция). Доктор философии (PhD) в области обработки сигналов и телекоммуникаций. В настоящее время — директор по исследованиям и разработкам ГНСС-продукции компании Tallysman.

Джайлс Пантер (Gyles Panther) — Tallysman, Канада

Окончил Лондонский городской университет (Великобритания) и имеет диплом в области прикладной физики. В настоящее время — президент и главный технический директор компании Tallysman.

Кен Маклеод (Ken MacLeod) — Tallysman, Канада

Окончил Университет Торонто (Канада) и получил степень бакалавра наук. В настоящее время — менеджер производственной линии компании Tallysman.

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) продолжают развиваться и стали важнейшей инфраструктурой для всего общества. Благодаря созданию GPS (США), а позднее разворачиванию спутниковых созвездий другими странами, существует возможность приема доступных сигналов ГНСС, постоянно повышается точность позиционирования, навигации и синхронизации времени.

Расширение вариантов использования этих систем привело к разработке различных типов ГНСС-антенн, оптимизированных для решения множества задач. Однако создание новой антенны обычно требует большего, чем простой модифи-

кации конструкции существующих устройств. Гибкий подход при конструировании необходим для обеспечения следующих требований: более широкой полосы пропускания, стабильности диаграммы направленности, оптимизированного / уменьшенного размера, лучшей эффективности, более низкого коэффициента шума или улучшения таких эзотерических параметров, как осевое соотношение (AR) и вариация фазового центра (PCV). Все это говорит о том, что антенна является важным элементом в высокоточных ГНСС-измерениях, и недооценивать этот факт нельзя.

В данной статье представлены исследования и подход к коммерческой разработке вы-

сокоточной ГНСС-антенны компании Tallysman, получившей название VeroStar. Антенна VeroStar устанавливает новый стандарт производительности для антенн подобного типа и поддерживает прием полного спектра сигналов ГНСС (все созвездия и каналы), а также поправок в L-диапазоне. Антенна сочетает возможности высокоточного отслеживания спутников с малым углом возвышения и эффективного радиоприемного тракта. Прецизионное изготовление обеспечивает стабильность смещения фазового центра (PCO) и вариации фазового центра (PCV) при переходе от одного спутника к другому. Уникальные характеристики, компактный размер и

* Оригинал статьи под названием «Smaller and Better. Design and Performance of a Novel GNSS Antenna for Rover Applications» размещен в журнале GPS World, September 2020, Volume 31, Number 9 (<https://www.gpsworld.com/resources/archives/>). Перевод статьи предоставлен ООО «ГНСС плюс» — официальным дистрибьютором компании Tallysman на территории Российской Федерации.

легкий вес антенного элемента делают VeroStar хорошим кандидатом для использования в современных полевых ГНСС-приемниках и многих других приложений в этой области.

▼ Задачи дизайна

Разработка улучшенной конструкции ГНСС-антенны требует учета таких параметров, как возможность слежения за спутниками на малых углах возвышения, обеспечение минимальных значений PCV, эффективность импеданса, осевое соотношение антенны, чувствительность, ширина полосы пропускания, малый вес, компактный и прочный корпус.

Отслеживание на малых высотах. В настоящее время пользователи ГНСС-оборудования широко применяют метод точного позиционирования (PPP), включая спутниковую трансляцию данных коррекции. Поправки PPP транслируются с геостационарных спутников, которые обычно находятся на малых углах возвышения. Энергетический потенциал радиосигнала L-диапазона обычно минимален, поэтому величина усиления сигналов при низких углах возвышения является важным условием. Данная проблема усугубляется в зонах неуверенного приема спутниковых сигналов, особенно в северных широтах, где потенциал радиосигнала еще меньше. В этом случае разница всего в 1 дБ в усилении сигналов антенны или в отношении сигнал / шум может иметь критическое значение при приеме данных коррекции. Ключевым параметром конструкции в данном отношении является шумовая добротность (отношение усиления сигналов антенны к шумовой температуре (G/T), где G — усиление сигналов антенны в децибелах на частоте приема, а T — эквивалентная шумовая температура приемной системы в Кельвинах, обычно

определяемая коэффициентом шума антенны).

При разработке антенны VeroStar была поставлена цель получить значение добротности в 25,5 дБ/К на углах возвышения в 10°.

Коэффициент усиления сигналов большинства приемных элементов антенны ГНСС, таких как металлические пластины или кроссдиполи, быстро спадает по мере уменьшения угла возвышения спутника. Поляризация также становится линейной (а не круговой) при более низких углах из-за наличия подложки, необходимой для усиления сигналов в верхней полусфере над антенной. Усиление сигналов, идущих из областей вблизи горизонта, также приводит к увеличению способности приемника отслеживать спутники с малым углом возвышения, что приводит к уменьшению PDOP и улучшению ряда других показателей, связанных с точностью измерения псевдодальности.

Большинство представленных на рынке антенн для подвижных ГНСС-приемников (роверов) имеют пиковое усиление сигналов в зените на 3,5–5 дБ при спаде на горизонте на 10–12 дБ (относительно гипотетической изотропной антенны с круговой поляризацией). Обычно усиление сигналов антенны получают из источников, находящихся близко к горизонту, в лучшем случае, около –5 дБ, что недостаточно для оптимального использования данных коррекции в L-диапазоне. В некоторых исследованиях для решения этой проблемы были предложены различные типы антенн, например, спиральные. Однако их цилиндрическая форма и большая длина делают их непригодными для использования в подвижных ГНСС-приемниках. Кроме того, спиральная антенна зависит от задних лепестков

диаграммы направленности, которые могут сделать ее более восприимчивой к переотраженным сигналам из верхней полусферы.

В конструкции антенны VeroStar были использованы широкополосные излучающие элементы (в виде изогнутых лепестков), которые окружают распределенную сеть питания (фидер). Конструкция лепестка важна для усиления сигналов только с правой круговой поляризацией (Right-Hand Circularly Polarized — RHCP) при их приеме на малых углах.

Стабильность фазового центра. Фазовый центр идеальной антенны — это условная точка в пространстве, в которой все сигналы принимаются или передаются независимо от частоты, угла возвышения или азимута радиосигнала. Фазовые центры реальных антенн менее постоянны, и параметры PCV определяют изменения положения «нулевой» точки фазового центра в зависимости от частоты, угла возвышения и азимута принимаемого сигнала. Данные вариаций фазового центра PCV заносятся в файл в стандартизированном формате ANTEX, который может быть использован при высокоточных измерениях.

Азимутальная ориентация антенны ровера обычно неизвестна, поэтому поправки для каждого положения антенны в горизонтальной плоскости не могут быть учтены. Данные вариации PCV в файле ANTEX обычно предоставляются как функция угла возвышения и частоты, но с усредненными данными азимута для каждого угла возвышения и частоты (поправки без учета азимута). Таким образом, поправки могут применяться для каждой частоты и угла возвышения, но ошибки, связанные с изменением азимутального параметра PCV, не могут быть исправлены в

ГНСС-приемнике. При измерениях в режиме «кинематика реального времени» (RTK) системная ошибка представляет собой среднюю квадратическую ошибку PCV антенн базового и подвижного приемника. Можно установить антенны большего размера, применяемые обычно на базовых станциях, которые обеспечивают значение PCV порядка 1 мм (например, антенны Tallysman VeraPhase или VeraChoke). Но в данном случае, точность комбинированной системы во многом определяется PCV ГНСС-антенны ровера, меньшей по размеру. Таким образом, даже при наличии данных коррекции, азимутальная симметрия антенны ровера является ключевой. В VeroStar это было решено за счет симметричной конструкции как антенного элемента, так и всего корпуса антенны.

Эффективность и импеданс антенны. Эффективность антенны можно было определить с точки зрения потерь в излучающих элементах из меди (поскольку медь не является идеальным проводником), однако потери в сети питания также вносят свой вклад, поэтому важна оптимизация обоих параметров. С точки зрения физики большие излучающие элементы необходимы для обеспечения более широкой полосы пропускания, и медь является лучшим компромиссом (серебро лучше, но дорого и обладает рядом недостатков). Это верно и в отношении новой антенны VeroStar, у которой широкие излучающие элементы (лепестки) изготовлены из меди.

Однако лепестки представляют собой пассивные излучатели и расположены вплотную к распределенной сети питания, линии которой являются узкополосными. В итоге увеличение ширины полосы рабочих частот происходит при нагрузке на

линию сети питания за счет устойчивости лепестков к широкополосному излучению.

Такая компоновка была выбрана для того, чтобы результирующий импеданс на выходах антенны при отключенной линии передачи был близок к необходимому идеальному импедансу (50 Ом), что требует его минимального согласования. Почти идеальное согласование в широкой полосе частот очень важно, поскольку оно позволяет преобразовать импеданс до идеального с использованием короткой линии передачи (менее четверти длины волны), в которую включено сверхширокополосное симметрирующее устройство (балун), преобразующее несимметричные электрические сигналы в симметричные.

Каждая из ортогональных осей излучателя электрически независима и сильно изолирована (лучше –30 дБ) даже от соединений пассивных излучателей. Для достижения желаемой круговой поляризации обе оси управляются независимо друг от друга квадратурным фазовращателем (полученным из направленных ответвителей).

Таким образом, эффективные пассивные излучатели в сочетании с абсолютно минимизированными потерями в распределенной сети питания привели к разработке сверхэффективной конструкции антенны, которую будет трудно улучшить.

Коэффициент эллиптичности и коэффициент наклона эллипса поляризации. Коэффициент эллиптичности характеризует способность антенны принимать сигналы с круговой поляризацией. Коэффициент наклона эллипса поляризации — это отношение амплитуды в диаграмме усиления сигналов при положительном угле возвышения (α) к максимальной амплитуде диаграммы уси-

ления сигналов в ее зеркальном отображении ($-\alpha$). Хорошие значения коэффициента эллиптичности и угла наклона эллипса поляризации по всей полосе пропускания антенны обеспечивают высокую чистоту приема спутниковых сигналов с правой поляризацией (RHCP) и значительное снижение влияния многолучевости. Сигналы ГНСС, отраженные от земли, зданий или металлических объектов, таких как транспортные средства, сильно ослабляются, так как имеют левую поляризацию (Left-Hand Circularly Polarized — LHCP). Поскольку антенна VeroStar имеет большее усиление сигналов при малых углах возвышения, то очень низкий коэффициент эллиптичности и высокий для угла наклона эллипса поляризации даже более важны для уменьшения многолучевости. Целью проектирования было достижение коэффициента эллиптичности в 3 дБ и лучше в плоскости горизонта.

Легкая, прочная и компактная конструкция. Сообщество пользователей требует от производителей все более компактных антенн, но высокоточные антенны для ГНСС-приемников должны обеспечивать прием сигналов как в низких (1160–1300 МГц), так и в высоких (1539–1610 МГц) диапазонах частот ГНСС.

Небольшие антенны имеют ограниченную полосу пропускания, поэтому антенны для подвижных приемников, работающие в полном диапазоне (прием всех сигналов ГНСС), очевидно, должны быть большего размера. В настоящее время самой маленькой и высокопроизводительной всеполосной антенной, вероятно, является оригинальная антенна Dorne & Margolin C146-XX-X.

При разработке антенны VeroStar одной из основных задач было создание неболь-

шого и легкого излучающего элемента (с учетом требований работы в полной полосе пропускания) с размером подложки диаметром около 100 мм, высотой не более 30 мм и весом не более 100 г. В идеале можно было бы создать и меньшую по размеру версию, но уже с более низкой производительностью. Конструкция антенны VeroStar позволяет использовать ее как для подвижных ГНСС-приемников, так и в качестве съемной антенны, устанавливаемой в виде отдельного элемента на беспилотные летательные аппараты или даже внутрь спутников CubeSat (формат малых (сверхмалых) искусственных спутников Земли для исследования космоса, имеющих габариты 10x10x10 см при массе не более 1,33 кг).

▼ Предыстория

Главной целью проекта была разработка широкополосной антенны с хорошим осевым соотношением в сочетании со стабильным фазовым центром. Задача состояла в том, чтобы обеспечить прием сигналов со спутников ГНСС при малых углах возвышения, что особенно важно для приема сигналов поправок в L-диапазоне, мощность которых ожидаемо уменьшается при углах возвышения от 10° до 50° над горизонтом.

Отправной точкой для разработки стало углубленное изучение известной антенны Dorne & Margolin. Конструкция этой антенны десятилетиями использовалась в базовых станциях GPS (обычно в антеннах типа Choke Ring). Она демонстрирует более высокий коэффициент усиления сигналов при малых углах возвышения над горизонтом (около -3 дБ) по сравнению с другими антеннами, присутствующими на рынке (обычно менее -5 дБ), и довольно высокую стабильность фазового центра, а также имеет компакт-

ные размеры. Конструктивно антенна состоит из двух ортогональных пар коротких диполей над подложкой, с фидерами, расположенными в средней точке диполей, как показано на рис. 1а. Представим, что антенна расположена симметрично относительно подложки, заменив последнюю изображениями диполей, как показано на рис. 1б. При этом структура работы антенны принимает форму большой круглой петли с однородным током, аналогичную петлеобразной антенне Алфорда, разработанной в начале 1940-х гг. для пеленгации самолетов.

Но антенна Dorne & Margolin обладает определенными недостатками. В соответствии с современными стандартами ее схема питания сложна и имеет потери мощности, а также требует больших затрат на изготовление, что влияет на воспроизводимость и надежность. Значение осевого коэффициента в зените максимальное (до 1,5 дБ) и далее ухудшается до 7 дБ на границе горизонта — фактор, который становится менее значимым при использовании в конфигурации с антенной типа Choke Ring. Тем не менее, разработчики антенны VeroStar черпали вдохновение в конструкции антенны Dorne & Margolin, отдавая должное ее авторам.

Конструктивно антенна VeroStar состоит из лепестков в виде галстука-бабочки, размещенных над круглой подложкой (рис. 2а). Лепестки подключены к распределенной сети питания, состоящей из простого кросс-дипольного элемента, обеспечивающего низкие потери тока между лепестками и подложкой. Взаимосвязь между лепестками и соответствующей сетью питания обеспечивает максимум тока на поверхности лепестков, а не в центре антенны, как показано на рис. 2б, и в этом отношении достигается распределение тока, аналогичное для антенны Dorne & Margolin.

Такая компоновка дает усиление сигналов при малых углах возвышения, что значительно увеличивает энергетический потенциал для сигналов со спутников ГНСС с малым углом возвышения и спутников, передающих поправки в L-диапазоне. Круговая поляризация антенны на малых углах возвышения может быть улучшена за счет подбора размеров лепестка, таких как высота, ширина и угол по отношению к подложке. Это решает проблему асимметрии между плоскостями электрического и магнитного полей диаграммы направленности антенны, которая обычно ухудшает осевой коэффициент при малых углах возвышения. На

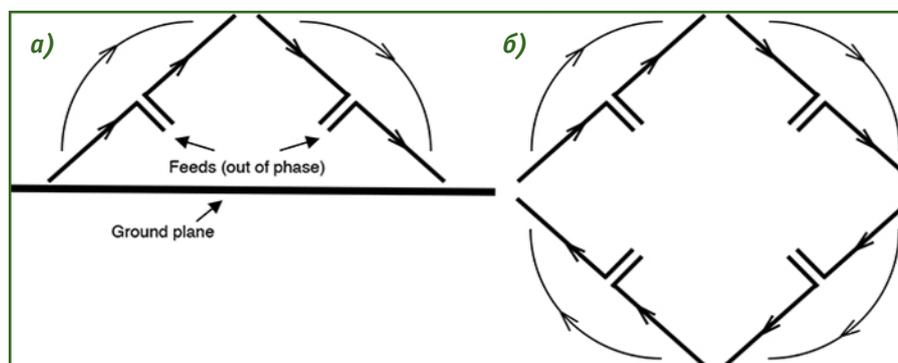


Рис. 1

Конструктивное решение антенн: а) распределение токов в антенне Dorne & Margolin; б) рамочная антенна Алфорда

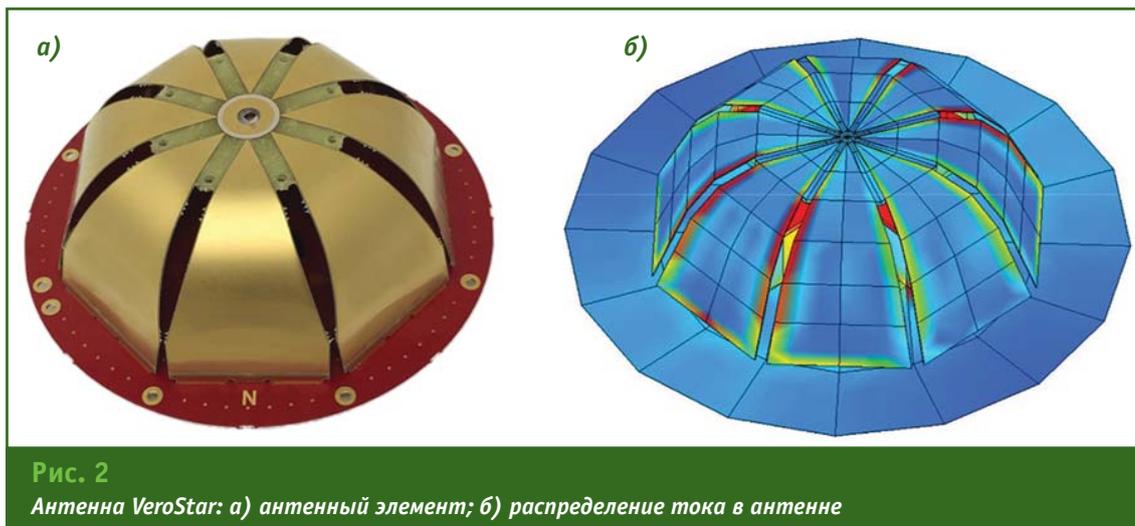


Рис. 2

Антенна VeroStar: а) антенный элемент; б) распределение тока в антенне

основании исследований, проведенных при работе над данным проектом, было обнаружено, что геометрия излучателей в виде галстука-бабочки, а также их связь с сетью питания могут улучшить как импеданс, так и полосу пропускания. Таким образом, удалось создать широкополосную антенну с низкими потерями сигналов, перекрывающую диапазон частот ГНСС от 1160 МГц до 1610 МГц. Рассогласование, связанное с сетью питания, составляет менее 0,3 дБ, а осевое отношение остается равным около 0,5 дБ в зените и обычно составляет менее 3 дБ на горизонте во всем диапазоне частот ГНСС.

На ранних стадиях проекта предполагалось, что для достижения поставленной цели будет достаточно всего четырех лепестков. Однако по мере дальнейших экспериментов и моделирования стало ясно, что увеличение количества лепестков существенно улучшает симметрию устройства. Но за счет увеличения количества лепестков растет и сложность изготовления антенны. В конечном итоге было определено, что восемь лепестков обеспечивают значительно лучшую симметрию, чем четыре лепестка, с допустимым компромиссом в отношении

сложности конструкции сети питания.

▼ Измерения

Дистанционные измерения параметров в дальней зоне для антенны VeroStar были проведены с использованием безэховых камер Satimo в компаниях Microwave Vision Group в Мариетте (США) и в Syntronic R&D Canada в Оттаве (Канада). Измерения выполнялись в диапазоне 1160–1610 МГц, чтобы охватить все используемые частоты ГНСС.

Диаграмма направленности и падение коэффициента усиления сигналов. Диаграммы направленности на различных частотах ГНСС по результатам измерений приведены на рис. 3. Диаграммы направленности нормализованы, показывая усиление сигналов с левой (LHCP) и правой (RHCP) поляризацией на 60 азимутах с шагом в 3°. Сигналы с компонентой LHCP значительно подавляются в верхней полусфере на всех частотах ГНСС. Разница между усилением сигналов с поляризацией RHCP и LHCP составляет от 31 дБ до 43 дБ, что обеспечивает надежное разделение сигналов. Кроме того, для других углов возвышения в верхней полусфере сигналы с поляризацией LHCP остаются на 22 дБ ниже максимального усиления

сигналов с поляризацией RHCP и даже на 28 дБ в диапазоне от 1200 до 1580 МГц.

На рис. 3 также показано, что антенна имеет постоянное значение амплитуды для сигналов, поступающих с одинаковых углов возвышения, независимо от азимутального направления. В результате обеспечивается высокая стабильность фазового центра, о котором будет сказано далее.

На рис. 4 показаны изменения значений коэффициента усиления сигналов при смещении к горизонту для антенны VeroStar и шести других антенн для подвижных ГНСС-приемников, представленных на рынке, по данным измерений во время того же сеанса с использованием безэховых камер Satimo. Значения коэффициента усиления сигналов у VeroStar меняются не так значительно, как у других антенн. Амплитуда сигналов от точки визирования антенны VeroStar (зенит) до горизонта уменьшается с 6,5 дБ до 8 дБ для всех диапазонов частот.

Высокие значения коэффициента усиления сигналов от источников на малых углах возвышения (низкий коэффициент падения) делают антенну более восприимчивой к помехам, вызванным многолучевостью.

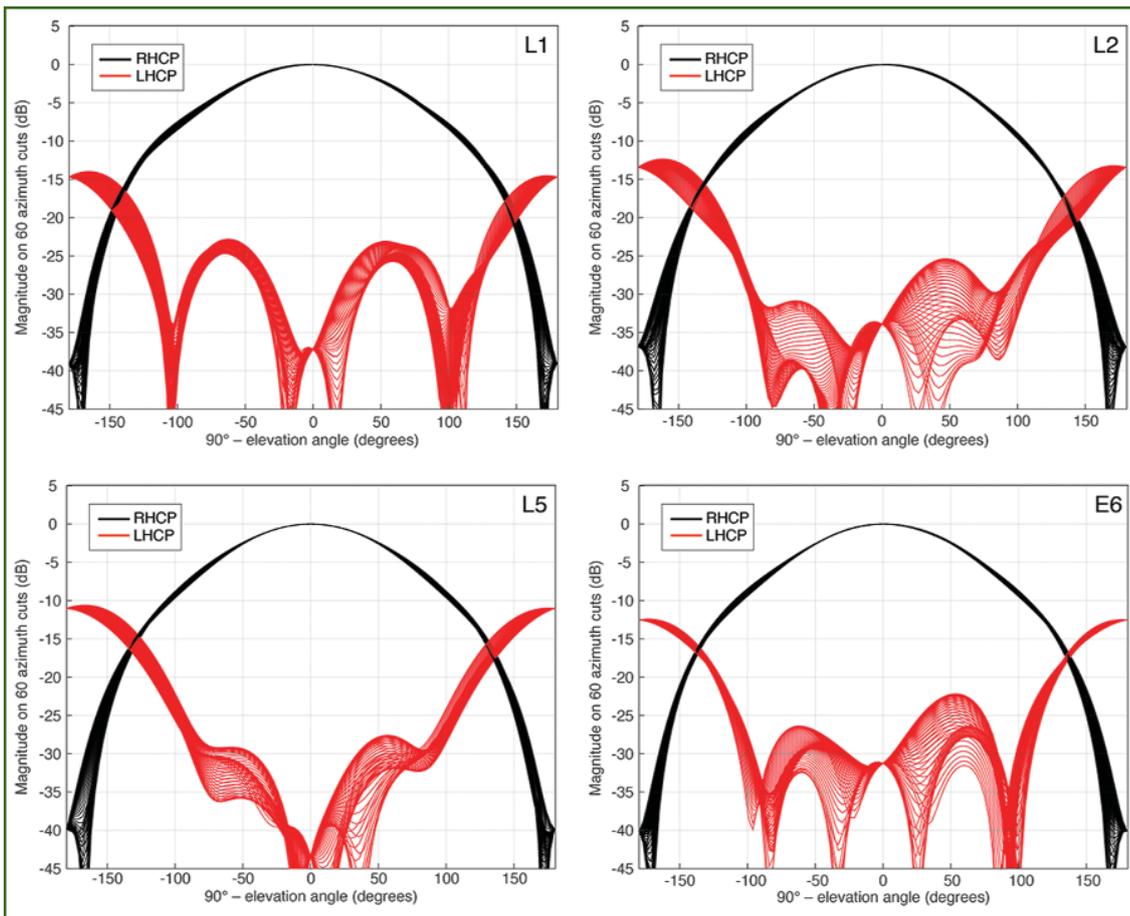


Рис. 3

Нормализованные диаграммы направленности на 60 азимутах частотных диапазонов ГНСС антенны VeroStar

Переотраженные сигналы — это в основном запаздывающие сигналы с левой поляризацией. Если они передаются от источников с большими углами возвышения, проблем не возникает, потому что коэффициент эллиптичности антенны для этих углов низкий. Таким образом, прием паразитных переотраженных сигналов будет минимальным. Однако обычно в антеннах переотраженные сигналы от источников на малых углах возвышения ухудшают качество наблюдений из-за плохих характеристик эллиптичности и низкого коэффициента угла наклона эллипса поляризации. При малых углах возвышения антенна VeroStar обладает исключительными характеристиками эллиптичности и хорошим коэффициентом угла

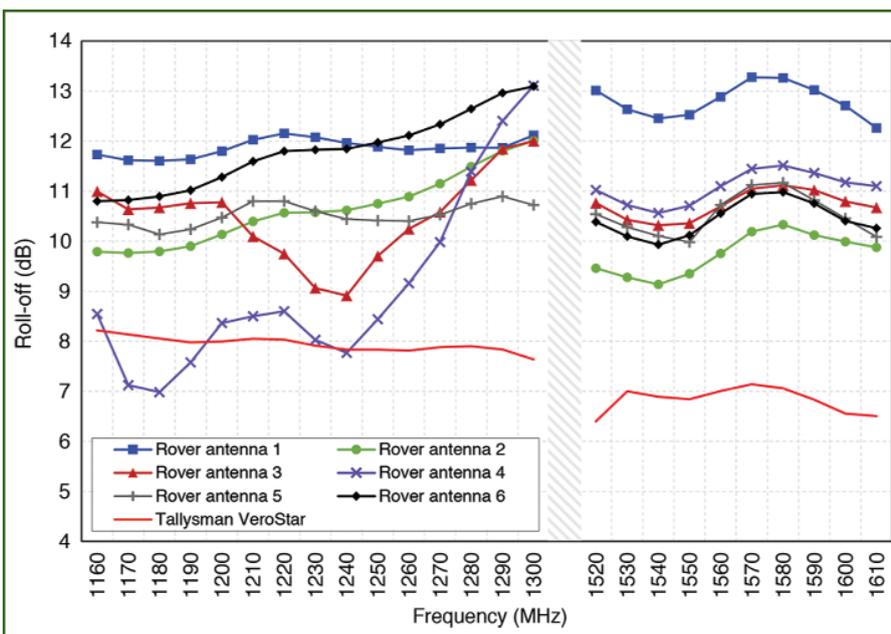


Рис. 4

Изменения значений коэффициента усиления сигналов при смещении к горизонту для антенны VeroStar и шести других антенн для подвижных ГНСС-приемников

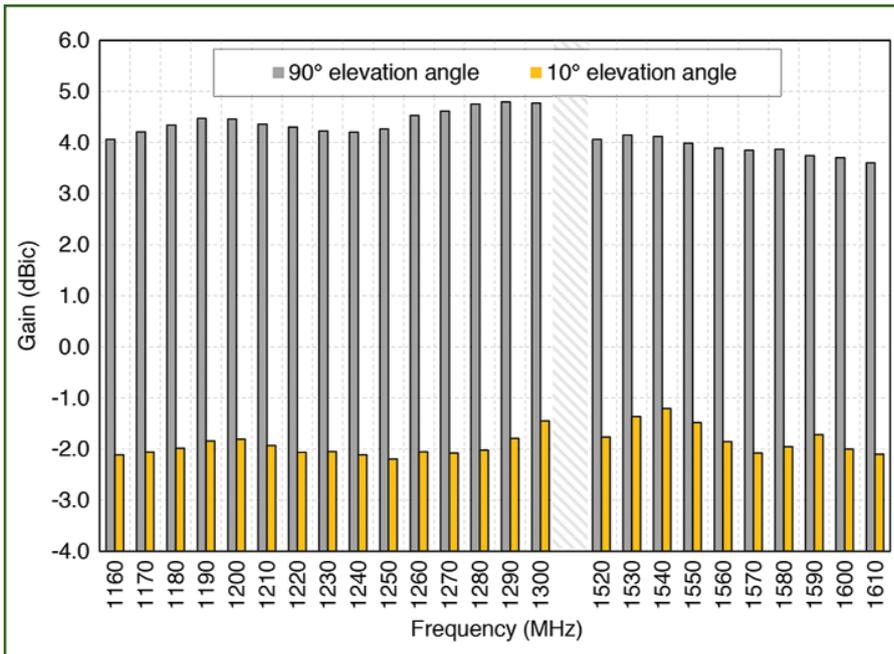


Рис. 5
Кoeffициент усиления сигналов с правой поляризацией (RHCP) антенны VeroStar в зените и при угле 10°

наклона эллипса поляризации, что значительно снижает многолучевые помехи.

Измерения с помощью антенны VeroStar проводились в условиях высокой многолучевости и затем сравнивались с результатами других антенн для

подвижных ГНСС-приемников, представленных на рынке. Измерения показали, что фазовый шум при угле возвышения в 5° составляет от 6 дБ до 10 дБ на всех частотах ГНСС. Другие антенны работают аналогично, но имеют значительно большее

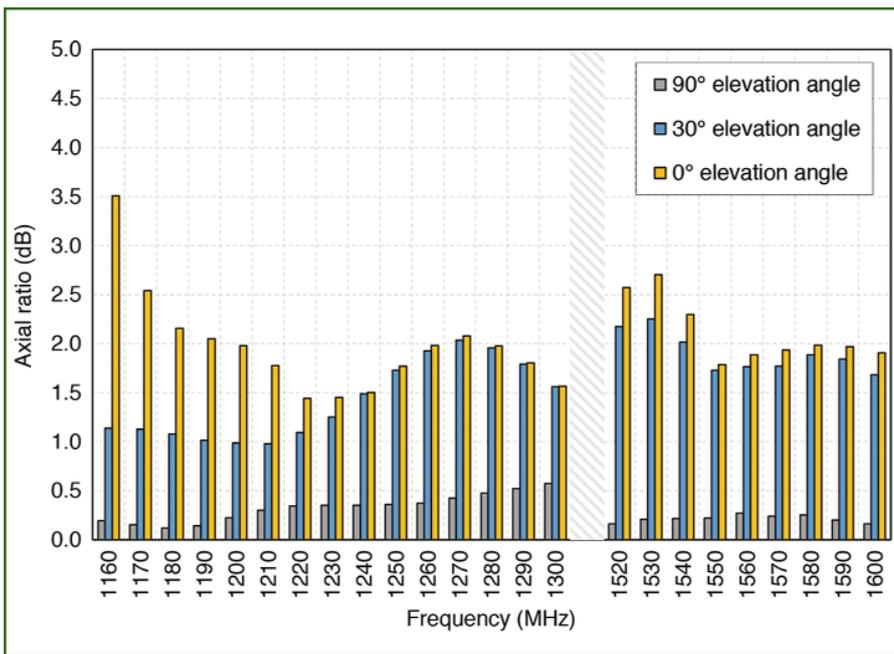


Рис. 6
Осевое отношение в зависимости от частоты антенны VeroStar при разных углах возвышения

уменьшение коэффициента усиления сигналов. Это наглядно демонстрирует, что антенна VeroStar обеспечивает большее усиление сигналов на малых углах возвышения, а также имеет высокую степень уменьшения влияния многолучевости.

Кoeffициент усиления сигналов и эффективность антенны. На рис. 5 видно как усиливаются сигналы с правой поляризацией (RHCP) антенны VeroStar в зените и при угле возвышения 10° для всех частот ГНСС. Измерения показывают, что антенна имеет значения коэффициента усиления сигналов в зените от 4,1 дБ на частоте 1160 МГц до 3,6 дБ на частоте 1610 МГц. Усиление сигналов антенны при угле возвышения в 10° варьируется от -1,45 дБ до -2,2 дБ и является максимальным в частотном диапазоне, используемом для передачи поправок в L-диапазоне (1539–1559 МГц). Эффективность излучения антенны составляет 70–89% на всей полосе пропускания. Это соответствует внутренним («скрытым») потерям всего в 0,6–1,5 дБ, включая потери в медных элементах, линии сети питания, цепи согласования и Г-образном гибридном ответвителе. Данные характеристики существенно лучше по сравнению с другими типами антенных элементов, например, спиральными антеннами, которые демонстрируют внутреннюю потерю эффективности, близкую к 4 дБ на более низких частотах ГНСС. Благодаря встроенному широкополосному предварительному фильтру, а также малому шумящему усилителю был получен коэффициент добротности, равный 25 дБ/К при угле возвышения в 10°.

Кoeffициент эллиптичности (осевое соотношение). Значения коэффициента эллиптичности для антенны VeroStar

при различных углах возвышения показаны на рис. 6. Антенна обладает исключительными характеристиками коэффициента эллиптичности во всех диапазонах частот ГНСС и для всех углов возвышения, при этом его значение не превышает 3,5 дБ, что увеличивает способность антенны отклонять сигналы с левой поляризацией (LHCP), полученные в результате отражений от ближайших автомобилей или зданий. Следовательно, чувствительность антенны к многолучевым помехам значительно снижается.

На рис. 7 характеристики коэффициента эллиптичности антенны VeroStar на горизонте сравниваются с шестью антеннами для подвижных ГНСС-приемников, представленными на рынке. Антенна VeroStar имеет средний коэффициент эллиптичности в 2 дБ на горизонте (антенны конкурентов обычно показывают около 6 дБ), что демонстрирует ее способность отслеживать «чистые» сигналы с правой поляризацией (RHCP) и обеспечивает значительное уменьшение влияния многолучевости при малых углах возвышения.

Стабильность фазового центра. В программе Matlab был разработан код для оценки стабильности фазового центра по полученной диаграмме направленности. На рис. 8 показаны максимальные отклонения фазового центра антенны VeroStar и шести антенн для подвижных ГНСС-приемников, представленных на рынке, для четырех распространенных частот ГНСС. Видно, что максимальное общее отклонение фазового центра антенны VeroStar составляет менее 2,9 мм для всех диапазонов частот, что меньше, чем у других протестированных антенн. Кроме того, отклонение фазового центра антенны существенно не зависит от частоты. Это сравнение

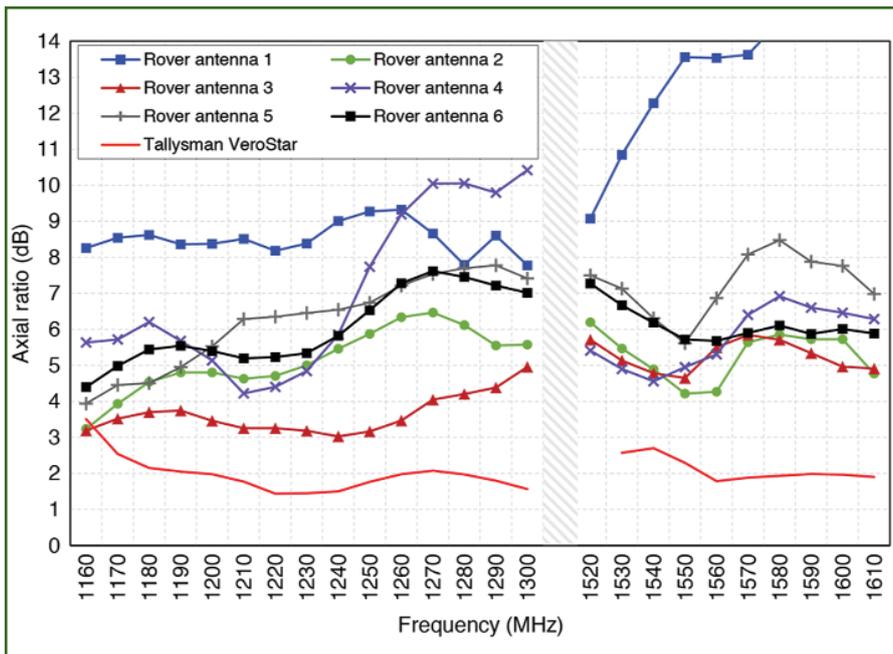


Рис. 7 Сравнение осевого отношения на горизонте антенны VeroStar с шестью другими антеннами для подвижных ГНСС-приемников

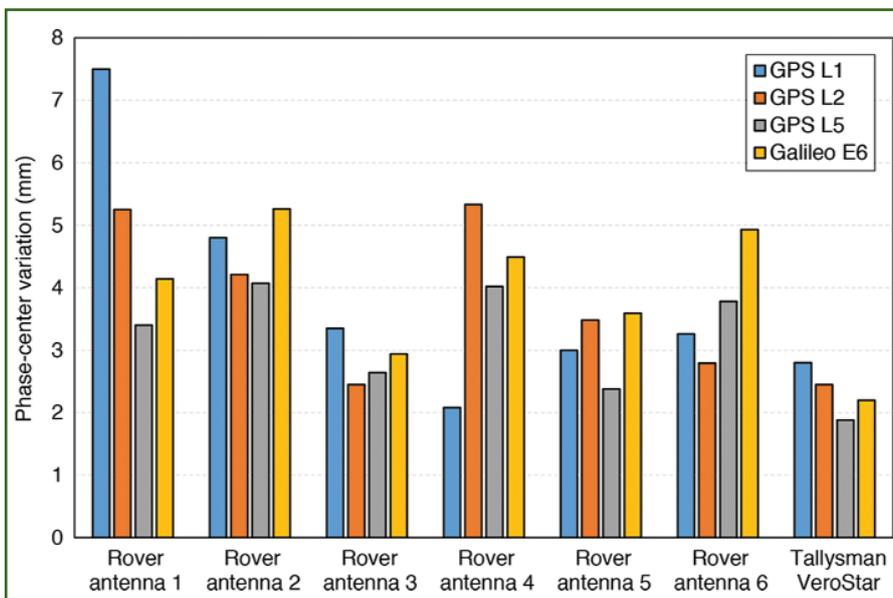


Рис. 8 Сравнение максимального отклонения фазового центра в горизонтальной плоскости антенны VeroStar с шестью другими антеннами для подвижных ГНСС-приемников

подтверждает исключительно высокую стабильность фазового центра антенны VeroStar.

▼ **Конструкция усилителя с низким шумом**

Наилучшее достижимое отношение уровня несущего сиг-

нала к шуму (С/Ш) для сигналов с высокой плотностью информационного потока ограничено эффективностью каждого из антенных элементов, коэффициентом усиления сигналов и общим коэффициентом шума

приемника. Количественно это можно определить с помощью коэффициента добротности, над которым обычно преобладает коэффициент шума входного малошумящего усилителя. В конструкции малошумящего усилителя в составе антенны VeroStar принятый сигнал разделяется на более низкие частоты ГНСС (1160–1300 МГц) и более высокие частоты ГНСС (1539–1610 МГц) в диплексере, подключенном непосредственно к контактам антенны, а затем предварительно фильтруется в каждой полосе. Именно здесь высокое значение коэффициента усиления сигналов и эффективность антенного элемента обеспечивает начальное преимущество, поскольку неизбежные потери, вносимые диплексером и фильтрами, компенсируются более значительным усилением сигналов антенны, и это обеспечивает высокое значение ее добротности.

При этом ГНСС-приемники должны работать с насыщенным радиочастотным спектром, и существует ряд сигналов высокого уровня, создающих помехи, которые могут заполнять диапазон и снижать чувствительность ГНСС-приемников. К ним относятся сигналы мобильных телефонов, в частности, сигналы перспективного стандарта LTE в диапазоне 700 МГц, которые представляют опасность из-за возможности генерации гармоник в малошумящем усилителе антенн ГНСС. Другими потенциально мешающими сигналами являются Globalstar (1610–1618,25 МГц), Iridium (1616–1626 МГц) и Inmarsat (1626–1660,5 МГц), которые представляют собой сигналы спутниковой связи высокой мощности, близкие по частоте к сигналам ГЛОНАСС. Поэтому конструкция малошумящего усилителя в антенне VeroStar — это компромисс между максимальной чувстви-

тельностью и абсолютным подавлением помех.

Первой защитной мерой в малошумящем усилителе является добавление многоэлементных полосовых фильтров на выходах антенных элементов (перед малошумящим усилителем). Они добавляют потерю сигнала в 1 дБ из-за своей узкой полосы пропускания и уникальных характеристик шумоподавления. Соответственно коэффициент шума в малошумящем усилителе увеличивается почти на столько же из-за дополнительно вносимых потерь предварительных фильтров.

Второй защитной мерой является использование малошумящего усилителя с высокой линейностью. Это достигается без какого-либо значительного увеличения энергопотребления за счет применения микросхем малошумящего усилителя, использующих отрицательную обратную связь для обеспечения контролируемого импеданса и усиления в широкой полосе пропускания.

Следует иметь в виду, что если в настоящее время в окружающем пространстве изначально помехи отсутствуют, то это может очень быстро измениться в дальнейшем в связи с развитием телекоммуникационных услуг, поэтому наличие защиты от помех целесообразно даже в условиях спокойной радиочастотной обстановки. Потенциально нежелательным побочным эффектом таких предварительных фильтров является дисперсия сигнала, которая может быть результатом переменной задержки в полосе пропускания.

Таким образом, важно учитывать эти критерии при выборе подходящих предварительных фильтров. Фильтры в малошумящем усилителе антенны VeroStar приводят к максимальному изменению общей

задержки менее 10^{-9} с как на более низких частотах ГНСС (1160–1300 МГц), так и на более высоких частотах ГНСС (1539–1610 МГц).

В заключение следует отметить, что в статье описаны характеристики разработанной антенны VeroStar с превосходными электрическими свойствами для приема радиосигналов с правой поляризацией, оптимизированной для работы с несколькими созвездиями ГНСС и многочастотными подвижными ГНСС-приемниками. Антенна обладает высокой чувствительностью при малых углах возвышения, высокой эффективностью, очень низким осевым отношением и высокой стабильностью фазового центра. Легкий и компактный антенный элемент заключен в несколько прочных корпусов, спроектированных и изготовленных с расчетом на надежность, чтобы выдержать любые испытания при работе даже в сложных полевых условиях.

Антенна VeroStar имеет достаточную полосу пропускания для приема всех существующих в настоящее время и планируемых сигналов ГНСС, обеспечивая при этом высокие стандарты качества. Испытания антенны показали, что новая конструкция (изогнутые лепестки, соединенные со скрещенными диполями, связанными с высокоэффективным малошумящим усилителем) обладает уникальными характеристиками, особенно в осевом соотношении, уменьшении влияния кросс-поляризации и стабильности фазового центра. Эти функции делают VeroStar идеальной антенной для подвижных ГНСС-приемников, где требуется отслеживание спутников на малых углах возвышения, обеспечивая пользователям новый уровень точности позиционирования.

КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ 2.0 — НОВОЕ В СИСТЕМЕ

Д.В. Чадович («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 1983 г. окончил географический факультет Белорусского государственного университета (Минск) по специальности «география», а в 2005 г. — геодезический факультет Полоцкого государственного университета по специальности «прикладная геодезия». Работал в Белкоммунпроект (Белводоканалпроект) и НПО «Аэрогеодезия». С 1998 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — ведущий аналитик и разработчик геодезического направления комплекса КРЕДО.

Г.В. Серафимович («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

В 2015 г. окончил геодезический факультет Полоцкого государственного университета по специальности «геодезист». После окончания университета работал в УП «Белазрокоосмогеодезия», с 2016 г. — в РУП «Белгеодезия», с 2018 г. — в УП «МИНГАЗ». С 2020 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — инженер-геодезист.

При строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских объектов, таких как ГЭС, атомные электростанции, шахты, карьеры, горно-обогатительные предприятия и др., необходим постоянный мониторинг деформаций. Деформации могут быть в виде осадок, под которыми понимаются вертикальные смещения наблюдаемого объекта, или смещений в плане. Контроль изменений деформаций конструкций позволяет в значительной степени минимизировать риски их повреждения и разрушения.

▼ Назначение программы КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ и преимущества работы в новой версии

Программа «КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ», разработанная компанией «Кредо-Диалог», предназначена для обработки результатов многократных (циклических) геодезических наблюдений за осадками и смещениями участков земной поверхности, зданий и сооружений, включая визуализацию и статистический анализ деформационных процессов.

Рассмотрим каждый из этапов работы в программе, а также новые функциональные возможности, которые появились в версии 2.0.

Как и многие виды геодезических работ, контроль за деформациями объектов начинается с полевых измерений. Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке высотных отметок и плановых координат специальных осадочных и осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте.

На разных этапах обработки результатов наблюдений за деформациями появляется необходимость работы в разных программах, будь то программный комплекс КРЕДО или сторонние программные средства. Понимая это, разработчики компании «Кредо-Диалог» в новых версиях программ реализуют возможность импорта форматов как программного комплекса КРЕДО, так и других программных средств. В программе «КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ» добавлен функционал чтения файлов, созданных в

последних версиях программ КРЕДО ДАТ (GDS5), НИВЕЛИР (NIV3), а также в форматах DWG и ТороXML.

Программа «КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ» позволяет решать широкий спектр задач мониторинга, а также выполнять некоторые инженерные расчеты общего назначения. Вот лишь некоторые из них:

- анализ устойчивости контрольных пунктов каркасной сети геодезического обоснования в плане и по высоте по отношению к начальному и предыдущему циклам наблюдений;

- расчет линии тренда развития осадок и смещений объекта;

- расчет дилатации, сжатия и растяжения, вращения;

- построение деформационных поверхностей;

- вычисление значений крена и прогиба для линейных объектов (линий профилей), наклона и кручения для башенных сооружений и многое другое.

Хотелось бы отметить основные преимущества работы в новой версии программы:

- интерфейс, привычный для пользователей программ КРЕДО ДАТ и НИВЕЛИР;
- широкий набор форматов входных данных, возможность настраиваемого импорта в пользовательских форматах;
- полная поддержка форматов КРЕДО ДАТ и НИВЕЛИР;
- возможность использования растровых подложек и векторных данных в распространенных форматах для облегчения восприятия информации и отображения внешнего вида деформируемого объекта и настройки форм выходной документации под требования пользователя и стандарты предприятия.

▼ **Новый функционал программы «КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ» версии 2.0**

В новой версии добавлен расчет пропущенных данных для марок. Вычисляются следующие данные: прогнозные значения для начального и/или последнего конечного циклов и пропущенные значения — для внутренних циклов. При выборе метода аппроксимации необходимо указать функцию из выпадающего списка (рис. 1). Рассчитанные данные отображаются курсивом в таблице «Наблюдения».

Для вновь заложенных марок под прежними именами создана команда «Задать новые

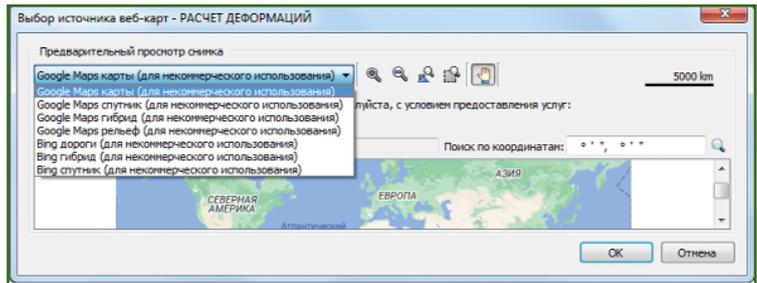


Рис. 2
Выбор web-сервиса

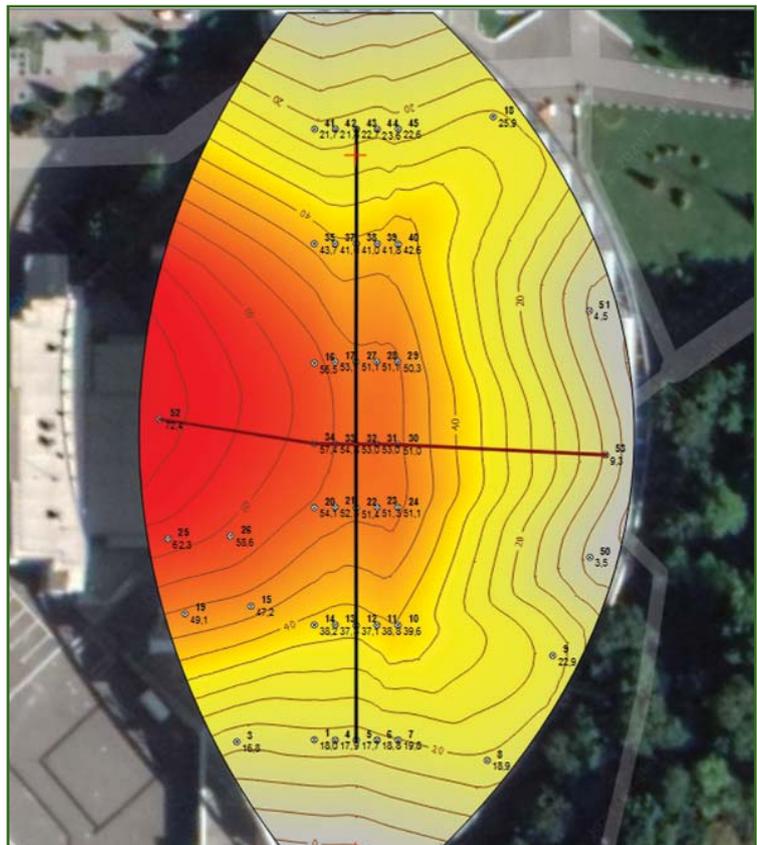


Рис. 3
Область web-карты, импортированная в проект

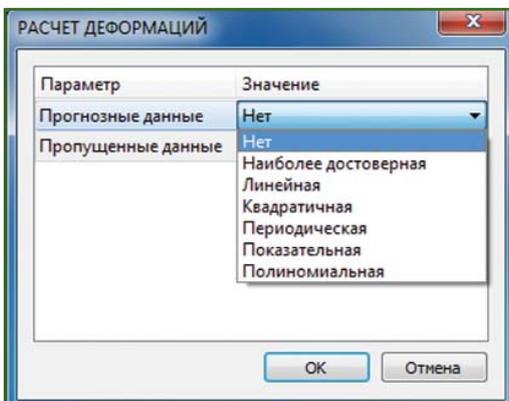


Рис. 1
Выбор функции метода аппроксимации

координаты». Перед выполнением команды необходимо выбрать в таблице «Наблюдения» цикл, для которого выполняется смещение, и сделать этот цикл активным.

Обновлено и упорядочено содержание информации в протоколе анализа контрольных пунктов. При этом количество методов анализа устойчивости контрольных пунктов осталось прежним.

При анализе полученных результатов для оценки тенден-

ций на каждом из объектов крайне важна наглядность. В связи с этим в новой версии добавлено чтение данных web-сервисов. Реализована возможность работы с космическими снимками и картографическими материалами через web-сервисы Google Maps и Bing (рис. 2).

В случае необходимости, в программе можно добавлять и удалять сервера, а также редактировать параметры уже существующих в библиотеке.

Так как в программе отсутствует понятие систем координат, то привязка данных web-сервисов выполняется интерактивно, последовательно указывая опорные точки на web-карте и выбирая соответствующие им точки на объекте. Заданную область web-карты можно сохранить (импортировать) в проект как растр заданного разрешения и затем отправить его в чертежную модель (рис. 3).

Также новшеством является возможность создавать, использовать и анализировать новые виды данных — дополнительные. Под ними понимаются любые данные, которые прямым или косвенным образом связаны с деформационными процессами — нагрузка на грунт или сооружение, глубина промерзания и т. д. Для загрузки дополнительных данных в систему необходимо заранее создать их в разделе «Свойства проекта» и выбрать для них необходимый тип: температура, высотная отметка, кривизна и т. д. (рис. 4). Дополнительные данные можно импортировать из текстовых файлов или вводить с клавиатуры. Если данные импортируются из текстовых файлов по шаблону, то утилита импорта «видит» дополнительные переменные, заранее созданные в разделе «Свойства проекта». Информация по дополнительным данным передается в подпрофильную таблицу графиков, также по ним может быть построена поверхность.

Для создания схем в новой версии предусмотрен функционал универсальных подписей (подпись объекта, отрезка, угла), с помощью которых можно гибко настраивать подписи с размером объекта, включая его характеристики. В соответствии с пожеланиями пользователей переработано и улучшено общее интер-

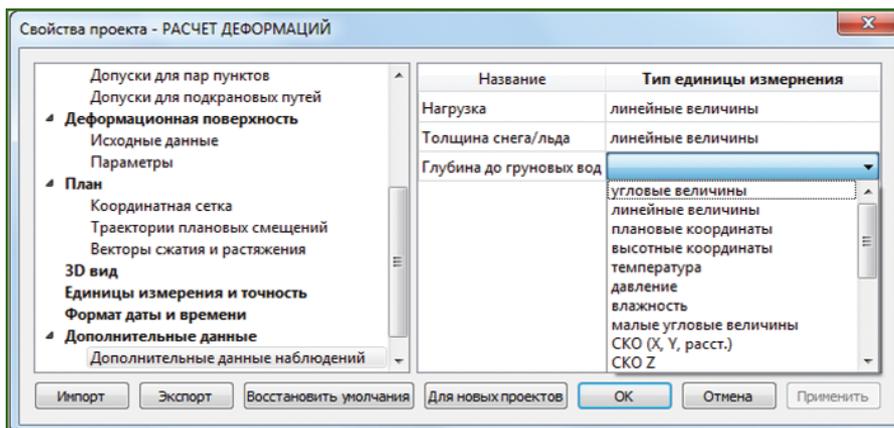


Рис. 4
Выбор дополнительных данных

активное редактирование объектов: перемещение, копирование / вставка, перемещение и добавление узлов линейных объектов, привязка

к объектам. Добавлены все возможности геодезической платформы по отрисовке ситуации для оформления схем объектов.

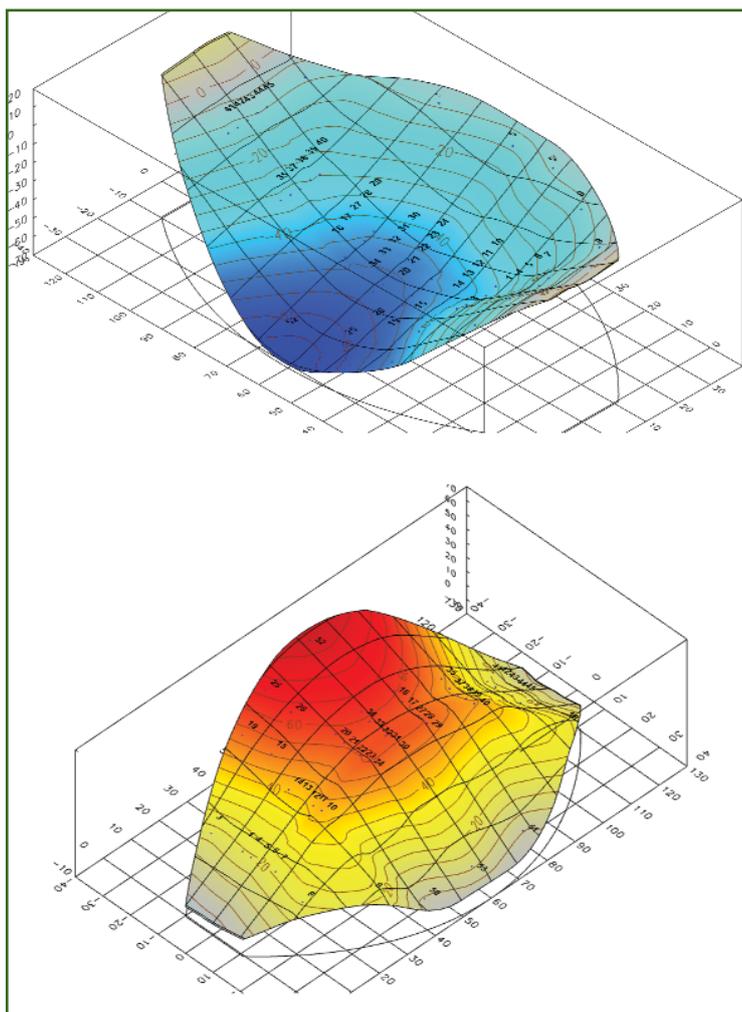


Рис. 5
Примеры отображения деформаций в 3D-окне

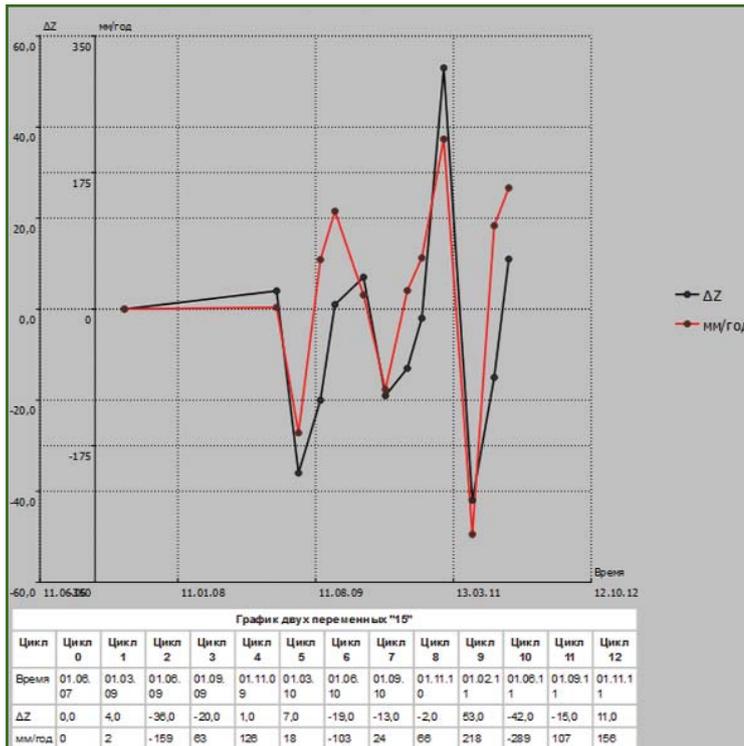


Рис. 6
График двух переменных

Также улучшено отображение деформаций при работе в 3D-окне (рис. 5).

Добавлена возможность работы с символами, отображаемыми кириллицей.

В программе КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ существует возможность построения следующих графиков:

- развития осадок во времени с вычислением коэффициентов уравнения выбранной линии тренда и указанием прогноза движения марок на указанное время; отображение области СКО линии тренда;
- развития деформаций во времени;
- скоростей осадок;
- двух переменных величин, изменяющихся во времени (рис. 6);
- абсолютных осадок по линии профиля.

Кроме того, появилась возможность построения профиля подкранового пути и деформации башенного сооружения.

Для графиков движения одиночных марок добавлены новые функции построения линии тренда — показательная и полиномиальная. Для полиномиальной функции коэффициенты рассчитываются исходя из максимально возможной степени полинома, которая зависит от числа измерений (циклов).

Для графиков одиночных марок предусмотрена возможность вывода данных по дополнительным переменным. Данные выводятся в подпрофильную таблицу, в которой отображаются все значения по видимым столбцам с дополнительными переменными из таблицы «Наблюдения».

Для одиночных марок при построении графика скорости смещения марок в плане и по высоте добавлен расчет коэффициента уменьшения скорости осадки.

Для графика развития осадок предусмотрена возможность выбора размерности высоты или разности высот, а также отказа от учета нулевой осадки на начальном цикле.

Добавлен график двух переменных. По умолчанию — это осадка и скорость осадки, а при наличии дополнительных переменных в проекте эти переменные автоматически попадают в список.

Результатом выполненных работ в программе КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ являются различные чертежи, схемы, таблицы, ведомости, которые можно экспортировать в форматах DXF, PDF, SVG, DWG, TorexML, либо распечатать прямо из программы.

Программа КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ внесена в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных (<https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/100385>). Все отчетные документы соответствуют требованиям нормативных правовых актов РФ.

Подробнее с возможностями программы можно ознакомиться на официальном сайте компании «Кредо-Диалог», а также посмотреть вебинары и обучающие ролики на YouTube канале «КРЕДО ДИАЛОГ».



КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»
Тел (499) 961-61-02
E-mail:
market@credo-dialogue.com
www.credo-dialogue.ru

ГАРАНТИЯ
ПЯТЬ 5 ЛЕТ*
НА ГНСС ПРИЕМНИКИ TOPCON
*при прохождении ежегодного обязательного ТО



Hiper VR

Hiper HR

на правах рекламы



РОЛЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В BIM-ТЕХНОЛОГИИ

М.Д. Алексеев («Геодезические приборы», Санкт-Петербург)

В 2000 г. окончил Самарскую государственную архитектурно-строительную академию с присвоением квалификации магистр техники и технологий по направлению «строительство». С 1992 г. работал в Объединенной комплексной экспедиции № 124 Средневожского АГП, с 1995 г. — в Средневожском АГП. С 2001 г. работает в ООО «Геодезические приборы», в настоящее время — генеральный директор.

В.И. Глейзер («Геодезические приборы», Санкт-Петербург)

В 1968 г. окончил Ленинградский электротехнический институт (в настоящее время — Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет) по специальности «гироскопические приборы и устройства». После окончания института работал инженером в ЦНИИ «Аврора», а с 1971 г. — во Всесоюзном НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), занимая должности от старшего научного сотрудника до заведующего лабораторией и главного метролога. С 2001 г. работает в ООО «Геодезические приборы», в настоящее время — заместитель генерального директора. Заведует кафедрой геоинформационных технологий (на базе ООО «Геодезические приборы») факультета землеустройства и строительства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, профессор. Преподаватель дополнительной образовательной программы СПб ГБОУ СПО «Петровский колледж».

В.П. Галахов («ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»)

В 2007 г. окончил факультет аэрокосмических съемок и фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания университета работает в ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», в настоящее время — ведущий инженер-консультант сектора программного обеспечения. Кандидат технических наук.

В настоящее время в строительной отрасли все чаще речь идет о внедрении в практику технологии, получившей наименование BIM. Аббревиатура «BIM» (от англ. Building Information Modeling) обозначает процесс информационного моделирования объектов строительства, в результате которого формируется информационная модель здания (сооружения, объекта). При этом каждой стадии жизненного цикла создаваемого объекта соответствует некоторая цифровая модель, которая отображает объем обработанной на данный момент информации (архитектурной, конструкторской, технологической, экономической и т. д.) о здании, сооружении или объекте. Модель может охватывать все стадии жизненного цикла объекта, начиная с проектирования и строительства, и

заканчивая эксплуатацией, реконструкцией, демонтажем. Когда речь идет о BIM, то подразумевается как процесс построения информационной модели, так и сама модель, насыщенная информацией [1].

При решении современных задач адаптивного управления нередко используются информационные модели того или иного управляемого объекта, обладающие возможностью изменять собственные параметры или структуру в зависимости от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений, оказывающих воздействие на объект управления. В любом сложном процессе управления происходит взаимодействие управляющего и управляемого объектов, которые соединены каналами прямой и обратной связи. По каналу прямой связи передаются

управляющие сигналы, а по каналу обратной связи — информация о состоянии управляемого объекта. В системах управления с обратной связью управляющий объект по прямому каналу управления осуществляет необходимые действия над объектом управления, а по каналу обратной связи получает информацию о параметрах, характеризующих реальное состояние объекта. Это позволяет повысить точность и эффективность управления.

Такой подход с построением цифровой информационной модели применяется во многих отраслях как способ управления, но применительно к строительным задачам он стал внедряться сравнительно недавно и сейчас активно развивается.

Подготовка тех или иных проектов в среде BIM — это

совокупность взаимосвязанных процессов по созданию информационной модели на основе требований заказчика. Технология проектирования, возведения и эксплуатации объекта в BIM рассматривается в разрезе жизненного цикла изделия.

Таким образом, цифровую информационную модель можно определить как объектно-ориентированную параметрическую трехмерную модель, представляющую в цифровом виде физические, функциональные и прочие характеристики объекта (или его отдельных частей) в виде совокупности информационно насыщенных элементов [1]. При этом цифровая информационная модель BIM играет важную роль в информационном процессе управления.

Для реализации полномасштабной технологии BIM и информационного управления процессом создания того или иного сложного объекта на всех этапах этого процесса необходима информация о пространственных данных, получаемых с помощью геодезических средств измерений (СИ). Результаты геодезических измерений необходимы и на этапе создания

информационной модели (проектирования), и на этапе управления строительством с использованием цифровой модели, и при мониторинге в процессе эксплуатации объекта.

СП 333.1325800.2017 [2] рассматривает среди задач применения информационного моделирования анализ местоположения будущего объекта, геодезические разбивочные работы и геодезический контроль в строительстве, в том числе с применением современных инженерно-изыскательских технологий, роботизированных геодезических приборов и систем автоматизированного управления строительной техникой.

Современные геодезические СИ позволяют решать следующие задачи для функционирования BIM:

- осуществлять с высокой точностью автоматизированный сбор массивов геодезических данных;
- обеспечивать автоматизированный контроль геометрии объекта по информационной модели.

Для решения упомянутых выше задач компании, лидирующие в области разработки и

создания геодезических СИ, в настоящее время предлагают различное оборудование и программно-аппаратные комплексы.

В качестве примера приведем оборудование производства компании TOPCON (Япония) [3], в частности, роботизированный тахеометр серии DS, лазерный сканер GLS-2000 и робосканер GTL-1003, представляющий собой роботизированный тахеометр с интегрированным компактным высокоскоростным сканером (рис. 1).



Рис. 2
Лазерный сканер Z+F IMAGER 5016

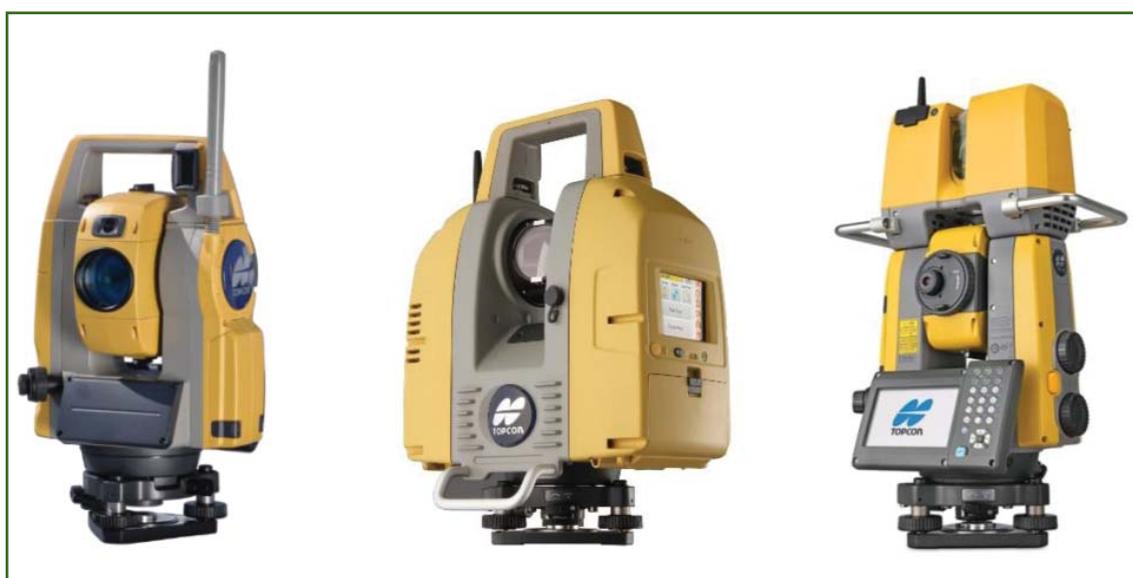


Рис. 1

Оборудование компании TOPCON (слева направо): роботизированный тахеометр серии DS; лазерный сканер GLS-2000; робосканер GTL-1003



Рис. 3
Система мобильного сканирования TOPCON IP-S2

Также данное оборудование может быть дополнено лазерным сканером нового поколения IMAGER 5016 производства компании Z+F (Германия) (рис. 2). А для автоматического



Рис. 4
«Ледяная пещера» в парке «Зарядье»



Рис. 5
Информационная модель фасада «Ледяной пещеры»

сбора массива пространственных данных применительно к протяженным объектам может быть использована система мобильного сканирования IP-S2 производства компании TOPCON (рис. 3).

Представленные геодезические СИ позволяют осуществлять сбор значительных по объему массивов данных высокой точности. С применением высокотехнологичного геодезического оборудования, примеры

которого приведены выше, и решений на базе современного программного обеспечения решается задача интерактивного контроля в рамках BIM. Контроль реализуется путем сравнения цифровой модели с облаком точек, получаемым после сканирования реального объекта. Для решения задачи автоматизации сравнения используют специальные программные модули, предлагаемые как производителями СИ, так и разработчиками САПР-платформ.

Рассмотрим примеры объектов, при создании которых использовалась технология BIM. На рис. 4 представлено здание одного из объектов парка «Зарядье», расположенного в Москве, — «Ледяная пещера». Концерн «КРОСТ» проводил строительство здания, используя информационную модель (рис. 5). В этой модели сложная архитектурная часть, стилизованная под природный ледник, была совмещена с конструктивными элементами основы. Задача построения криволинейной поверхности фасада «Ледяной пещеры» была решена с помощью роботизированного тахеометра TOPCON на основе данных, имевшихся в BIM-модели. В качестве материала концерн «КРОСТ» выбрал фибробетон, из которого слой за слоем была выстроена криволинейная поверхность в соответствии с проектной документацией и данными BIM-модели. На поверхности фасада было размечено более 25 тысяч контрольных точек, по которым с помощью роботизированного тахеометра TOPCON, выполнявшего измерения по точкам в автоматическом режиме, фактическая форма поверхности регулярно сравнивалась с проектной моделью (рис. 6). При нанесении слоев фибробетона контроль осуществлялся роботизированным тахеометром, ис-

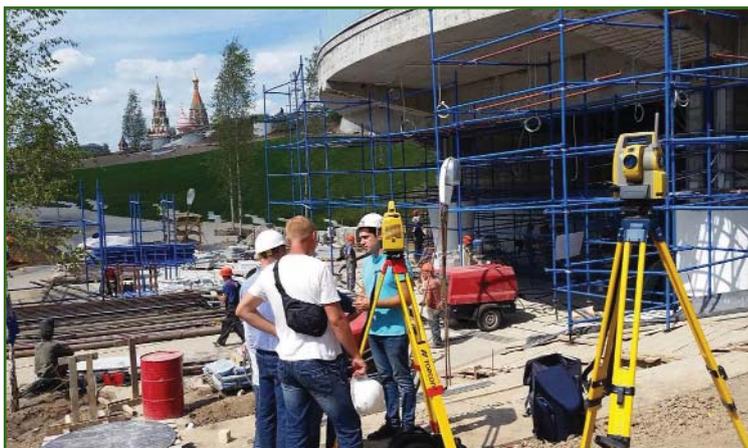


Рис. 6

Контроль возведения криволинейной поверхности фасада «Ледяной пещеры»

ходя из данных, получаемых в интерактивном режиме из BIM-модели. Концерну «КРОСТ» пришлось даже частично перенести завод по производству фибробетона непосредственно на стройплощадку. В итоге сложные фасадные работы удалось завершить в срок менее одного месяца, а результат может оценить любой посетитель парка «Зарядье» [4].

На рис. 7 представлена башня общественно-делового комплекса «Лахта Центр» высотой 462 м, построенная в Санкт-Петербурге в 2018 г. Это самый северный небоскреб в мире и на октябрь 2017 г. самое высокое здание в России и Европе. Возведение и мониторинг этого грандиозного объекта трудно представить без применения информационной модели и технологии наземного лазерного сканирования. Наложение облаков точек, получаемых в результате лазерного сканирования, на проектную BIM-модель дало возможность автоматизировать поиск недопустимых отклонений. Это значительно ускорило процесс контроля геометрических параметров башни и позволило завершить ее строительство в установленные сроки.

Как показывает практика, развитие и внедрение техноло-

гии BIM в РФ происходит постепенно. Однако она обладает рядом преимуществ: возможностью своевременного устранения ошибок проектирования; переходом от бумажных к цифровым технологиям; оперативным обменом информацией; возможностью визуализации результатов полевых работ и за счет этого существенным улучшением коммуникаций между различными участками проекта; экономией человеческого ресурса при

использовании современных высокотехнологичных геодезических СИ. Эти, а также другие достоинства, безусловно, позволяют говорить о прогрессивности, перспективности и необходимости дальнейшего внедрения цифровых технологий информационного моделирования в практику проектных и строительных работ.

▼ Список литературы

1. Проектно-инжиниринговая компания BIMLAB. — <https://bim-lab.ru>.
2. СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
3. ООО «Геодезические приборы». — <https://geopribori.ru>.
4. Концерн «КРОСТ». — www.krost-concern.ru.
5. Многофункциональный комплекс Лахта Центр. — www.lakhta.center.



Подробнее с технологией информационного моделирования (BIM) можно ознакомиться на YouTube канале ГЕОСТРОИ-ИЗЫСКАНИЯ.



Рис. 7

Строительство башни общественно-делового комплекса «Лахта центр» [5]

СОБЫТИЯ

▼ АО «Роскартография» выполнило весь объем геодезических и картографических работ 2020 г.

АО «Роскартография» и дочерние общества выполнили весь объем геодезических и картографических работ, запланированный на 2020 г.

Геодезические работы включали привязку нивелирной сети I и II классов Крымского полуострова к главной высотной основе (ГВО) России и обновление нивелирной сети I и II классов в Свердловской области, Республике Коми, Ханты-Мансийском автономном округе и на острове Сахалин. Специалисты Роскартографии осуществили закладку шести новых нивелирных знаков ГВО.

Проведено уравнивание полигонов нивелирной сети I и II классов на острове Сахалин с привязкой к ГВО России в Балтийской системе высот 1977 года.

Всего в 2020 г. были проведены работы по нивелирным линиям I и II класса на участках общей протяженностью 702,4 км. Таким образом, с 2012 г. (когда было образовано АО «Роскартография») осуществлены работы по оптимизации и модернизации нивелирных линий I и II класса ГВО России протяженностью более 14 тыс. км.

Одной из ключевых задач геодезических работ в 2020 г. стало создание трех новых пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) в рамках реализации ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» в городах Колпашево (Томская область) и Рубцовске (Алтайский край) и в селе имени Полины Осипенко (Хабаровский край).

Кроме того, специалисты акционерного общества в рам-

ках развития государственной геодезической сети на территории России провели работы по созданию фрагментов сети, состоящих из 10 пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС) и 257 пунктов спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1). При этом были заложены шесть новых пунктов — три в Республике Коми, два в Томской области и один в Ханты-Мансийском автономном округе. Также пункты ВГС были совмещены с фундаментальными реперами в Республике Дагестан, Красноярском крае и Томской области. Проведено обследование и восстановление внешнего оформления пунктов государственной геодезической сети (ГГС) прошлых лет и пунктов ГГС, находящихся по границе или маршруту проведения работ каждого фрагмента сети в Республике Коми, Саратовской области, Алтайском крае, Новосибирской области, Омской области, Республике Дагестан, Красноярском крае, Томской области и Ханты-Мансийском автономном округе.

Специалисты Роскартографии также выполнили работы по поддержанию в метрологической готовности трех эталонных тестовых участков — «Пятигорск», «Самара», «Красноярск».

По сравнению с 2012 г. на 2020 г. на территории РФ количество пунктов ФАГС увеличилось на 29 и составляет 73 пункта, пунктов ВГС на 64 и составляет 376 пунктов, пунктов СГС-1 на 1649 и составляет 5644 пункта.

Картографические работы включали обновление цифровых навигационных карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 на территориях 43 субъектов РФ. Для реализации поставленных задач был выполнен комплекс работ по обновлению государственных цифровых

топографических карт, созданию государственных цифровых топографических карт открытого пользования и обновлению государственных открытых цифровых навигационных карт с использованием пространственных данных (федеральных, ведомственных, региональных), а также сведений единой электронной картографической основы (ЕЭКО), создаваемой в рамках реализации национального проекта «Цифровая экономика», материалов дистанционного зондирования Земли или аэросъемки.

Кроме того, в 2020 г. проведены работы по созданию цифровых государственных топографических планов масштаба 1:2000 на территории городов и цифровых государственных топографических планов открытого пользования для включения в состав ЕЭКО. Работы выполнены по территориям следующих городов: Анадырь, Владивосток, Магадан, Петропавловск-Камчатский, Якутск, Жигулевск, Кинель, Похвистнево, Сызрань, Тольятти, Новокуйбышевск, Нефтегорск, Октябрьск, Отрадный, Чапаевск.

Созданы цифровые государственные топографические планы городов масштаба 1:2000, цифровые государственные топографические планы открытого пользования и государственные цифровые навигационные планы городов открытого пользования Волгограда, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Самары и Уфы. Работы проводились в рамках реализации ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы».

Еще одним проектом, реализованным в 2020 г., стало создание государственных цифровых топографических карт и цифровых топографических карт открытого пользования масштаба

1:25 000 Республик Башкортостан и Карелия, Красноярского края, Брянской, Владимирской, Калужской, Липецкой, Оренбургской, Орловской, Рязанской и Тульской областей.

**По информации
АО «Роскартография»**

▼ **Экспериментальный проект ГБУ «Мосгоргеотрест» отмечен премией Международного конкурса VII 2020**

ГБУ «Мосгоргеотрест» представил на Международный конкурс «Год в инфраструктуре 2020» (VII 2020) проект геологической 3D-модели участка строительства Рублево-Архангельской линии Московского метрополитена. На всех этапах планирования и проектирования этого проекта использовались BIM-системы и 3D-технологии, а сама модель разработана в целях обеспечения безопасности существующих застроенных территорий.

В 2020 г. в конкурсе, который ежегодно проводится среди пользователей продукции компании Bentley Systems в области проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктуры, участвовали более 400 номинантов, представлявших 330 организаций из более 60 стран. Победители конкурса были объявлены в рамках традиционной Конференции

Bentley, которая в этом году прошла с 20 по 21 октября дистанционно.

Независимое жюри конкурса VII 2020, в состав которого входили эксперты из различных отраслей, выбрало 57 финалистов и отметило ряд наиболее интересных проектов специальными призами. Среди них был проект, разработанный командой ГБУ «Мосгоргеотрест» в составе: заместитель управляющего Н. Лесников, главный инженер отдела инженерно-геологических изысканий А. Петренко, начальник сектора цифрового моделирования А. Копытов и начальник группы разработки по геологии Р. Жидков.

Награду Управляющему ГБУ «Мосгоргеотрест» А. Серову и команде разработчиков вручил генеральный директор Bentley Systems в России и СНГ О. Харченко.

Информация о проекте геологической 3D-модели участка строительства Рублево-Архангельской линии Московского метрополитена будет опубликована в ежегодном сборнике Bentley «Год в Инфраструктуре», который рассылается в печатном и цифровом виде представителям СМИ, правительственным организациям и ключевым организациям отрасли инфраструктуры по всему миру.

**По информации
ГБУ «Мосгоргеотрест»**

▼ **Итоги производственной практики студентов МКГИК в 2020 г.**

В 2020 г. сложилась крайне сложная ситуация с прохождением производственной практики студентами Московского колледжа геодезии и картографии (МКГИК), связанная с эпидемиологическими мероприятиями по недопущению распространения коронавирусной инфекции. Многие организации отказались брать на производственную практику студентов, аргументируя это заботой об их здоровье. Но, благодаря поддержке картографо-геодезической общественности и родителей студентов, эти трудности удалось преодолеть, и производственная практика состоялась.

Традиционно в МКГИК по итогам производственной практики организуется Техническая конференция. В этом году она прошла дистанционно, в режиме онлайн. Открывая конференцию Е.В. Лузин, заместитель директора МКГИК по учебно-производственной работе, подробно остановился на проблемах, которые сопровождали практику, и некоторых итогах ее проведения.

В 2020 г. производственную практику прошли 182 студента, из них 71 студент по специальности «прикладная геодезия» (ПГС) в течение 15 недель, 26 — по специальности «аэрофотогодезия» (АГС) в течение 16 недель, 40 — по специальности «картография» (КС) в течение 13 недель и 45 — по специальности «земельно-имущественные отношения» в течение 3–4 недель.

Наибольшее число мест из 50 организаций, в которых студенты проходили практику, предоставили: филиал ФГБУ «ФКП Росреестра» по Московской области (56), ГБУ «Автомобильные дороги» (14), ЗАО «Дочерние предприятия № 2» АО «Мосгипротранс» (12), ГБУ «Мосгоргеотрест» (7), ЗАО «Бересвек» (7), ООО «ЗемлемерЪ» (7),





Топографическая служба ВС РФ (7), ГБУ «МосгорБТИ» (7), ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (4), АО «Издательство Просвещения» (3), АО «Роскартография» (2).

Объекты, на которых работали студенты, располагались не только в Москве и Московской области, но и в других городах и регионах России: Санкт-Петербург, Архангельск, Брянск, Ижевск (Республика Удмуртия), Салават (Республика Башкирия), Пятигорск (Ставропольский край), Березники (Пермский край), Унеча (Нижегородская область), Одоев (Тульская область), Прохладный (Республика Кабардино-Балкария), Республика Ингушетия и др.

Производственная практика прошла достаточно успешно по всем специальностям: оценку «отлично» получили 71% студентов, а «хорошо» — 26%.

В этом году при проведении учебной производственной практики наметилась тенденция. Некоторые студенты изъявили желание работать на должностях, не совпадающих с их специальностью, по которой они проходили обучение. Так, например, студенты по специальности «картография» проявили заинтересованность пройти практику на должностях геодезистов в таких организациях, как ГБУ «Автомобильные дороги» и ГБУ «Мосгоргеотрест». В свою очередь, студенты по специальности «прикладная геодезия», проходившие производственную практику в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», выполняли картографические работы. Филиал ФГБУ «ФКП Росреестра» по Московской области в связи с созданием отдела обработки геопространственной информации предоставил места для прохождения практики студентам по специальности «аэрофотогеодезия», которые занимались актуализацией данных Публичной кадастровой карты.

Далее с отчетами в виде презентационных докладов выступили студенты и рассказали

об организациях, в которых они проходили производственную практику, и выполненных ими работах.

Белогрудов Иван (ПГС-41) проходил практику в ООО «ЗемлемерЪ»; Теишану Даниэль (ПГС-41) — в ООО «Арм-Строй»; Клочкова Анастасия (ПГС-42) — в ООО ПК «ГорСпецПроект»; Метелев Андрей (ПГС-3) — в ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»; Медведева Ксения (АГС-41) — в ООО НПК «Джи Пи Эс Ком»; Семенов Никита (АГС-41) — в ООО «Финко» (Ижевск); Шеврыгина Алина и Шиханова Анастасия (КС-41) — в АО «Издательство Просвещения»; Патрашку Владислав (КС-41) — в ГБУ «Автомобильные дороги» и Горбатов Роман (КС-3) — в АО «Роскартография».

С оценкой работы студентов на практике выступили: Н.Е. Шумова, член попечительского совета МКГиК, начальник отдела кадров филиала ФГБУ «ФКП Росреестра» по Московской области, и М.В. Вьюнов, руководитель отдела обработки ООО НПК «Джи Пи Эс Ком».

Итоги конференции подвел Г.Л. Хинкис, директор МКГиК, который поблагодарил студентов за хорошо подготовленные презентации и выступления. Он также высказал сожаление, что в работе конференции кроме выступающих, преподавателей и приглашенных было мало студентов, которым в следующем году предстоит проходить производственную практику, и порекомендовал преподавателям, связанным с направлениями, представленными в докладах, использовать их при проведении учебного процесса.

Подробнее с видеозаписью конференции и презентационными докладами студентов можно познакомиться на сайте МКГиК.

По информации МКГиК





gemini

Gemini — представитель нового поколения беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки от Geoscan, сочетающий в себе высокую производительность и качество, позволяющий достигать плановую точность фотограмметрической модели 5 см

Кадастр | Картография | Маркшейдерия | Дорожное хозяйство



Плановая точность фотограмметрической модели — 5 см



Время полета до 40 минут



1,5 км² за полет с разрешением 3 см/пикс.



Камера 20,1 МР с APS-C матрицей



Протяженность маршрута до 30 км



Geoscan Planner

GEOSCAN

+7 812 363-33-87

info@geoscan.aero

www.geoscan.aero

Специальное предложение для читателей журнала: сообщите кодовое слово «**Геопрофи**» в заявке на нашем сайте или при звонке по телефону.

Предложение действует до 31.12.2020 г. Не является публичной офертой.



О ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛАМИ АФС С БВС, ПРИГОДНЫМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ НА ЗЕМЛЯХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

С.А. Кадничанский («Геоскан»)

В 1973 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в Госцентре «Природа», с 1979 г. — в ЦНИИГАиК, с 1993 г. — в РосНИЦ «Земля», Центре «ЛАРИС», с 2002 г. — в ФГУП «Госземкадастрсъемка» — ВИСХАГИ, с 2005 г. — в компании «Геокосмос», затем — в НП АГП «Меридиан+» и ФГУП «ГосНИИ авиационных систем», с 2015 г. — в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». С 2018 г. работает в ООО «Геоскан», в настоящее время — заместитель генерального директора по аэрофотогеодезии. Кандидат технических наук.

Аэрофототопографическая съемка населенных пунктов в настоящее время является актуальной задачей. Она выполняется как в рамках создания ЕЗКО, так и по инициативе органов исполнительной власти субъектов РФ. Как правило, результатом аэрофототопографической съемки являются ортофотопланы и ориентированные аэрофотоснимки, которые можно использовать для создания топографического плана, для определения координат точек границ и контуров объектов недвижимости фотограмметрическим ме-

тодом, а также для создания трехмерных моделей местности и отдельных объектов.

Учитывая специфические особенности аэрофотосъемки (АФС) отдельных населенных пунктов субъекта Федерации, где суммарная площадь территорий объектов съемки весьма мала по сравнению с площадью всего субъекта Федерации, но эти объекты разбросаны по всей его территории, затраты в стоимостном выражении и времени, отнесенные к единице площади, могут оказаться очень существенными.

Рассмотрим решение задачи создания ортофотопланов населенных пунктов (НП) субъекта РФ с высокой плотностью населения на примере Московской области. Основные характеристики, влияющие на затраты по аэрофотосъемке населенных пунктов такого субъекта Федерации, приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных в табл. 1 значений характеристик, специфической особенностью субъекта Федерации является значительное количество небольших по площади сельских НП. Если поставить задачу облететь последовательно все населенные пункты и выполнить аэрофотосъемку каждого из них индивидуально с пилотируемых воздушных судов (ВС) с номинальным пространственным разрешением (НПР) 20 см, потребуются огромные затраты, как это видно из результатов расчета, представленных в табл. 2. Для расчетов принималось, что АФС выполняется широкоформатной топографической аэрофотокамерой (АФК) с размером матрицы выходного аэрофотоснимка 240 Мпикселей. Здесь и

Характеристики субъекта РФ с высокой плотностью населения (Московская область)

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Общая площадь, км ²	44 300
Количество городов	77
Средняя площадь города, км ²	19
Общая площадь городов, км ²	1400
Количество сельских НП	5793
Средняя площадь сельского НП, км ²	0,7
Общая площадь сельских НП, км ²	4050

Оценка затрат на АФС и создание ортофотопланов сельских НП с пилотируемых ВС с НПР 20 см

Таблица 2

	Легкий самолет + АФК 240 Мп	АН30 + АФК 240 Мп
Затраты времени на АФС одного сельского НП, час	0,12	0,11
Количество сельских НП в день при АФС одним самолетом	40	52
Количество дней на АФС всех сельских НП	144	112
Количество календарных дней на АФС всех сельских НП	577	448
Затраты на весь объем работ, тыс. усл. руб.	67 400	52 300

Оценка затрат на сплошную АФС территории субъекта РФ с пилотируемых ВС с НПР 14 см

Таблица 3

	Легкий самолет + АФК 240 Мп	АН30 + АФК 240 Мп
Количество дней на АФС	42	19
Количество календарных дней	172	80
Всего затрат, тыс. усл. руб.	27 400	36 000

Примечание. Среднее значение затрат для двух типов ВС составляет 31 700 тыс. усл. руб. / 126 календарных дней.

далее затраты приводятся в условных рублях (усл. руб.), поскольку в них не включены составляющие, не зависящие от объема работ: перелет или переезд от места постоянного базирования, подготовительные работы, подготовка отчетной документации, а также затраты на геодезические работы по развитию съемочного обоснования.

Альтернативой такому решению является сплошная (включая города) АФС территории субъекта Федерации с НПР 14 см. В этом случае оцениваемые затраты получаются существенно меньше, как видно из табл. 3.

Оценим затраты времени на АФС сельских НП с использованием некоторых типов беспилотных воздушных судов (БВС), предлагаемых ГК «Геоскан», и аэрофотокамерами с размерами матрицы от 20 Мпикселей до 42 Мпикселей, но с номинальным пространственным разрешением 6 см. Материалы такой аэрофотосъемки могут уверенно использоваться для определе-

ния координат характерных точек границ земельных участков и координат характерных точек контуров объектов недвижимости (здания, сооружения или объект незавершенного строительства) на землях населенных пунктов фотограмметрическим методом со средней квадратической погрешностью (СКП) не более 10 см, как это установлено Приказом Минэкономразвития России № 90 от 01.03.2016 г. [1].

При этом будем исходить из того, что АФС может выполняться под облаками, одна бригада может одновременно эксплуатировать 4 и более БВС, а количество бригад может достигать 20. В табл. 4 приведены расчеты затрат времени в календарных днях для такой АФС, откуда видно, что работы могут быть выполнены за 32 календарных дня, что существенно быстрее, чем при сплошной АФС территории субъекта Федерации широкоформатной аэрофотокамерой с пилотируемых ВС с НПР 14 см. В стоимостном выражении зат-

раты на АФС сельских НП с использованием БВС Gemini и создание ортофотоплана оцениваются в 23 500 тыс. усл. руб.

Оценка затрат времени на выполнение аэрофотосъемки городских территорий с использованием различных БВС и АФК представлена в табл. 5, откуда видно, что наиболее эффективно аэрофотосъемка может быть выполнена с использованием БВС Геоскан 201 с АФК 42 Мпикселя силами одной бригады, эксплуатирующей всего одно беспилотное воздушное судно. В стоимостном выражении затраты на АФС города с использованием БВС Геоскан 201 с АФК 42 Мпикселя и создание ортофотоплана оцениваются в 5600 тыс. усл. руб.

В табл. 6 приведено сравнение затрат на создание ортофотопланов всех населенных пунктов при аэрофотосъемке с пилотируемого ВС и БВС, в соответствие с которым для субъекта РФ с высокой плотностью населения стоимость создания ортофотоплана с НПР 6 см по мате-

Оценка затрат времени на АФС сельских НП с БВС с НПР 6 см

Таблица 4

	Gemini + АФК 20 Мп	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 101 + АФК 24 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Геоскан 101 + АФК 42 Мп
Затраты времени на 1 сельский НП, при АФС 1 БВС, час	0,40	0,24	0,31	0,31	0,31
Затраты времени на 4 сельских НП, при АФС 4 БВС, час	0,40	0,24	0,31	0,31	0,31
Пауза между вылетами, час	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Затраты времени с паузой на АФС 4 сельских НП 4 БВС, час	0,90	0,74	0,81	0,81	0,81
Затраты времени на переезд, час	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Затраты времени с переездом, час	1,40	1,24	1,31	1,31	1,31
Количество сельских НП в день при АФС 1 бригадой с 4 БВС	24	24	24	24	24
Количество дней на АФС всех сельских НП 1 бригадой с 4 БВС	241	241	241	241	241
Количество календарных дней на все сельские НП 1 бригадой с 4 БВС	301	301	301	301	301
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 4 БВС в каждой	32	32	32	32	32

Оценка затрат времени на АФС городов с БВС с НПР 6 см

Таблица 5

	Gemini + АФК 20 Мп	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 101 + АФК 24 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Геоскан 101 + АФК 42 Мп
Затраты времени на АФС 1 города 1 БВС, час	4,3	1,7	2,5	2,4	2,3
Затраты времени на переезд, час	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Затраты времени с переездом, час	5,8	3,2	4,0	3,9	3,8
Количество городов в день при АФС 1 бригадой с 1 БВС	1,4	2,5	2,0	2,0	2,1
Количество дней на АФС 77 городов 1 бригадой	55,7	30,8	38,6	37,8	36,1
Количество календарных дней на АФС 77 городов 1 бригадой	70	38	48	47	45
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 1 БВС в каждой	7	4	5	5	5

Сравнение затрат и продолжительности выполнения АФС с БВС и пилотируемого ВС

Таблица 6

	БВС, НПР 6 см	Пилотируемое ВС (сплошная АФС), НПР 14 см
Затраты на АФС сельских НП, тыс. усл. руб.	23 500	
Затраты на АФС городов, тыс. усл. руб.	5600	
<i>Итого затрат, тыс. усл. руб.</i>	<i>29 100</i>	<i>31 700</i>
Продолжительность АФС сельских НП, календарных дней	16	
Продолжительность АФС городов, календарных дней	4	
<i>Итого календарных дней</i>	<i>20</i>	<i>126</i>

риалам АФС с БВС не превысит стоимости работ по созданию ортофотопланов с НПР 14/20 см при АФС с пилотируемого ВС. Это позволяет использовать полученные ориентированные аэрофотоснимки для определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости населенных пунктов с СКП, не превышающей 10 см [1]. Таким образом, данные материалы можно использовать не только как картографическую основу, но и для проведения кадастровых работ.

Возможность обеспечения такой точности подтверждается результатами исследовательских и сертификационных испытаний программно-аппаратных комплексов аэрофототопо-

графической съемки Геоскан, результаты которых представлены соответствующими актами и сертификатами, опубликованы в периодической печати [2, 3], а основные из них приведены в табл. 7.

Данные оценки точности выполненных проектов по аэрофототопографической съемке территорий населенных пунктов, представленные в табл. 8, подтверждают адекватность оценок, полученных в результате испытаний, и свидетельствуют о высокой фактически достигнутой точности конечного результата. Следует отметить, что во всех представленных проектах наземные опорные точки не использовались. Опознаки использовались только как контрольные точки.

Представленные в табл. 6 результаты могут быть улучшены, если с помощью БВС выполнять сплошную аэрофотосъемку с НПР 6 см. В табл. 9 приведена оценка затрат для данного варианта АФС, из чего следует, что наилучший результат дает вариант с использованием БВС Геоскан 201, оснащенного АФК 42 Мпикселя. Весь объем полученных аэрофотоснимков (320 000) может быть обработан за 17–20 дней, в результате чего будут созданы ортофотопланы и ориентированные аэрофотоснимки. Это обеспечивается высоким уровнем автоматизации процессов фотограмметрической обработки в программной среде Agisoft Metashape Professional и высокой производительностью цент-

Результаты исследовательских и сертификационных испытаний программно-аппаратных комплексов Геоскан

Таблица 7

Метрологическая характеристика / Наименование БВС	Средняя погрешность определения планового положения маркированных контрольных точек на ортофотоплане, м				Средняя квадратическая погрешность определения планового положения немаркированных точек границ объектов недвижимости, м			
	Высота фотографирования, м				Высота фотографирования, м			
	200	400	190	350	200	400	190	350
Геоскан 101 с АФК Sony DSC-RX1	0,057	0,078			0,076	0,097		
Геоскан 201 с АФК Sony DSC-RX1	0,048	0,078			0,066	0,080		
Геоскан 101 с АФК Sony DSC-RX1RM2	0,059	0,071			0,090	0,082		
Gemini с АФК Sony UMC-R10C			0,047	0,081			0,022	0,099

Результаты оценки точности выполненных проектов по аэрофототопографической съемке

Таблица 8

Объект съемки	Масштаб	НПР, см	Средняя погрешность фотограмметрической сети в плане, см	Средняя погрешность ортофотоплана в плане, см
Волгоградская область, Котельниковский район	1:2000	15	14,2	15,4
Тверская область, Бежецкий район	1:1000	8	8,3	10,4
Тульская область, Каменский район	1:1000	10	10,5	12,6
Тульская область, Богородицкий район	1:1000	8	11,7	9,0
Тульская область, Киреевский район	1:1000	9	6,6	9,9
г. Казань	1:500	5	4,5	4,7
г. Калининград	1:500	5	3,0	4,7
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Сургутский район	1:500	4	2,0	3,3
Ленинградская область, Всеволожский район	1:500	4	3,0	9,2
Республика Башкортостан, Бирский район	1:500	5	6,4	7,8

ра обработки данных аэросъемки ГК «Геоскан».

При данной производительности работ 10 бригад, использующих 4 БВС Геоскан 201, за полевой сезон могут выполнить АФС с НПР 6 см 8–9 субъектов РФ с высокой плотностью населения с общей площадью населенных пунктов около 4000 км² в каждом. В результате будут получены материалы, пригодные для выполнения кадастровых

работ фотограмметрическим методом при определении координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости с СКП, не превышающей 10 см [1]. Причем это потребует меньше затрат, чем создание ортофотопланов при выполнении АФС с НПР 14/20 см с пилотируемых ВС.

Рассмотрим задачу АФС и создания ортофотопланов населенных пунктов субъекта РФ с низ-

кой плотностью населения на примере Томской области, основные характеристики которого представлены в табл. 10. В этом случае сплошная аэрофотосъемка не рассматривается, как заведомо не эффективная. Оценка затрат на АФС и создание ортофотопланов населенных пунктов такого субъекта Федерации приведена в табл. 11 и показывает, что и в данном случае АФС с БВС с НПР 6 см имеет

Затраты на создание ортофотопланов населенных пунктов при сплошной АФС с БВС с НПР 6 см

Таблица 9

	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Среднее значение
Количество дней при АФС 1 бригадой с 4 БВС	98	149	123
Количество календарных дней при АФС 1 бригадой с 4 БВС	140	201	170
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 4 БВС у каждой	14	20	17
Всего затрат, тыс. усл. руб.	17 000	30 000	23 500
Количество полученных снимков	320 000	520 000	420 000

Сравнение затрат и продолжительности выполнения АФС с пилотируемых ВС и с БВС территории субъекта РФ с низкой плотностью населения

Таблица 11

Средства и способ АФС	Продолжительность АФС, календарных дней	Затраты на весь объем работ, тыс. усл. руб
АФС сельских НП с АН-30 + АФК 240 Мпикслей, ННР 20 см	73	7200
АФС городов с АН-30 + АФК 240 Мпикселей, ННР 14 см	11	2900
<i>Итого АФС с пилотируемых ВС сельские НП + города</i>	<i>84</i>	<i>10 100</i>
АФС сельских НП 10 бригадами с 4 Gemini / Геоскан 101 в каждой	10	6300
АФС городов 7 бригадами с 2 Геоскан 201 / Геоскан 101 в каждой	6	1200
<i>Итого АФС с БВС сельские НП + города</i>	<i>16</i>	<i>7500</i>

Характеристики субъекта РФ с низкой плотностью населения (Томская область)

Таблица 10

Наименование характеристики	Значение
Общая площадь, км ²	316 900
Количество городов	7
Средняя площадь города, км ²	63
Общая площадь городов, км ²	440
Количество сельских НП	562
Средняя площадь сельского НП, км ²	1,6
Общая площадь сельских НП, км ²	930

преимущества по сравнению с АФС с пилотируемого ВС.

Проведенные исследования позволяют сделать **следующие выводы**.

Использование БВС имеет большой потенциал производительности и позволяет оперативно выполнять аэрофототопографическую съемку населенных пунктов субъектов РФ, обеспечивая получение материалов с детальностью и точностью, пригодных для решения задач кадастра недвижимости, в том числе определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости с СКП, не превышающей 10 см [1]. При этом не требуется наличие наземных опорных точек, координаты которых определяются в

результате полевых геодезических работ.

Ценовая доступность программно-аппаратных комплексов Геоскан, их высокая производительность, а также высокий уровень автоматизации фотограмметрической обработки позволяют рассматривать БВС как экономически эффективное решение для выполнения больших объемов аэрофототопографических работ за один полевой сезон при съемке различных типов населенных пунктов и получения материалов с высокой детальностью и точностью.

Технология аэрофототопографической съемки с использованием БВС, предлагаемых ГК «Геоскан», уже применяется в различных субъектах РФ. Она имеет открытый характер и

может легко масштабироваться за счет увеличения числа доступных для эксплуатации программно-аппаратных комплексов (БВС) и количества их пользователей, в том числе путем обучения специалистов, предоставления оборудования в аренду, а также совместного выполнения крупных проектов.

▼ **Список литературы**

1. Приказ Минэкономразвития России № 90 от 01.03.2016 г. «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения».

2. Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Нехин С.С. Исследовательские испытания программно-аппаратных комплексов Геоскан 101 и Геоскан 201 // Геодезия и картография. — 2020. — Т. 81. — № 1. — С. 19–25.

3. Кадничанский С.А., Курков М.В., Курков В.М., Чибунчев А.Г. О сертификационных испытаниях программно-аппаратного комплекса на основе беспилотного воздушного судна «Геоскан 401» // Геодезия и картография. — 2020. — Т. 81. — № 3. — С. 32–38.

ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ PPP STATIC ПРИ РАЗНЫХ ЭФЕМЕРИДАХ И ПОПРАВКАХ ЧАСОВ СПУТНИКОВ GPS И ГЛОНАСС

В.Ю. Афанасьев («НИИ прикладной акустики», Дубна)

В 2017 г. окончил магистратуру геодезического факультета МИИГАиК с присвоением квалификации «магистр» по направлению «геодезия и дистанционное зондирование». С 2015 г. работал в ООО «Топкон Позишинг Системс», с 2017 г. — в ООО «Мостоотряд-55». С 2019 г. работает в ФГУП «НИИ прикладной акустики», в настоящее время — научный сотрудник.

Внедрение метода точного позиционирования Precise Point Positioning (PPP) в практику спутниковых геодезических измерений требует исследования влияния на точность определения пространственных координат этим методом значений параметров эфемерид и поправок часов спутников GPS и ГЛОНАСС, предоставляемых различными ресурсами.

Целью данного исследования является определение типа эфемерид и поправок часов спутников и ресурса для их скачивания при обработке спутниковых измерений в режиме PPP Static для достижения уровня точности не хуже 3 см в плане и 3 см по высоте при наименьшем времени ожидания скачивания эфемерид.

В качестве исходных данных для проведения исследования были приняты непрерывные спутниковые измерения, выполненные автором в течение пяти дней на четырех пунктах геодезического полигона «Лёдово» во время прохождения производственной практики в 2014 г. в лаборатории спутниковых методов изучения геофизических процессов № 203 Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук.

Описание пунктов геодезического полигона, название геодезической аппаратуры, настройки регистрации спутниковых сигналов, метод получения принятых за истинные координат пунктов, настройки режима PPP Static программы обработки RTKLib ver.2.4.2 приведены в работе [1].

Для обработки спутниковых измерений в режиме PPP Static в программе RTKLib ver.2.4.2 использовались следующие типы эфемерид и поправок часов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС: Predicted (предсказанные), Ultra-Rapid (ультрабыстрые), Rapid (быстрые) и Final (финальные), которые были получены из открытых ресурсов Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО) АО «ЦНИИмаш» [2] и Международной службы ГНСС (International GNSS Service — IGS) [3].

В табл. 1 приведены источники всех эфемерид и поправок часов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС, использованных при обработке.

Из открытого ресурса [2] могут быть скачаны файлы эфемерид и поправок часов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС ИАЦ КВНО следующих типов:

— Predicted — в режиме реального времени, на сутки вперед и на трое суток вперед;

— Ultra-Rapid — с задержкой на 6 часов — 1 сутки;

— Rapid — с задержкой на 1–2 суток;

— Final — с задержкой на 5–6 суток.

Из открытого ресурса [3] могут быть скачаны файлы эфемерид и поправок часов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС других источников следующих типов:

— Predicted — в режиме реального времени, на 1 сутки вперед;

— Ultra-Rapid — с задержкой на 6 часов — 1 сутки;

— Rapid — с задержкой на 1–2 суток;

— Final — с задержкой на 12–18 суток.

Следует отметить, что открытый ресурс [3] содержит данные из разных источников, среди которых ESA, EMX, GFZ, CODE предоставляют эфемериды GPS и ГЛОНАСС, объединенные в один файл, и только IGS предоставляет эфемериды и поправки часов GPS и ГЛОНАСС для типов Final, Rapid и Ultra-Rapid в отдельных файлах. Программа RTKLib ver.2.4.2 не может выполнить обработку нескольких файлов точных эфе-

Источники эфемерид и поправок часов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС

Таблица 1

Источник	Обозначение	Тип	Файлы эфемерид		Файлы поправок часов	
			GPS	ГЛОНАСС	GPS	ГЛОНАСС
Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО)	iac	Final	+	+	+	+
		Rapid	+	+	+	+
		Ultra-Rapid	+	+	+	+
		Predicted	+	+	—	—
Международная служба ГНСС (IGS)	igs	Final	+	—	+	—
		Rapid	+	—	+	—
		Ultra-Rapid	+	—	+	—
		Predicted	+	—	+	—
		Ultra-Rapid	+	+	+	+
		Predicted	+	+	+	+
Европейское космическое агентство (European Space Agency — ESA)	esa	Final	+	+	+	+
Министерство природных ресурсов Канады (Natural Resources Canada — EMX)	emx	Final	+	+	+	+
Потсдамский центр наук о Земле им. Гельмгольца (нем. Helmholtz-Zentrum Potsdam — Deutsches GeoForschungsZentrum — GFZ), Германия	gfz	Final	+	+	+	+
Центр определения орбит в Европе (Center for Orbit Determination in Europe — CODE), Швейцария	cod	Final	+	+	+	—
Массачусетский технологический институт (Massachusetts Institute of Technology — MIT), США	mit	Final	+	—	+	—
Лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory — JPL), США	jpl	Final	+	—	+	—
Национальная геодезическая служба (National Geodetic Survey — NGS) / Национальное управление океанических и атмосферных исследований (National Oceanic and Atmospheric Administration — NOAA), США	ngs	Final	+	—	—	—
Океанографический институт Scripps Institution of Oceanography — SIO), США	sio	Final	+	—	—	—

Примечания:

- файлы эфемерид имеют расширение *.sp3;
- файлы поправок часов имеют расширение *.clk;
- «+» — содержат данные;
- «—» — не содержат данные.

мерид и поправок часов спутников, поэтому данные системы ГЛОНАСС, предоставляемые IGS, не были включены в обработку.

В результате обработки спутниковых измерений в режиме PPP Static были получены коор-

динаты четырех пунктов геодезического полигона. В программе Microsoft Office Excel были вычислены средние по четырем пунктам абсолютные отклонения координат, полученных из обработки пятису-

точных наблюдений и 12-часовых интервалов (табл. 2).

Для 5-суточного интервала при использовании эфемерид и поправок часов спутников типа Final и Rapid из источников IAC, ESA, EMX, GFZ, CODE, IGS, MIT и

JPL абсолютные отклонения координат отличаются в среднем на 7 мм, наименьшее отклонение составляет в пространстве 18 мм и соответствует эфемеридам типа Final, предоставляемым ИАЦ КВНО. Использование данных только для сигналов навигационных спутников GPS увеличивает отклонения более чем в 1,5 раза.

Для 5-суточного интервала наименьшее отклонение при использовании эфемерид и поправок часов спутников типа Ultra-Rapid составляет в пространстве 26 мм и соответствует эфемеридам, предоставляемым ИАЦ КВНО. Использование эфемерид типа Ultra-Rapid, предоставляемых IGS, для сигналов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС увеличивает абсолютные отклонения более чем в 4 раза, по сравнению с результатом, полученным при использовании данных из того же источника только для сигналов навигационных спутников GPS.

Для 5-суточного интервала наименьшее отклонение при использовании эфемерид типа Predicted составляет в про-

странстве 83 мм и соответствует эфемеридам навигационных спутников GPS, предоставляемым IGS. Использование данных для сигналов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС увеличивает отклонения более чем в 1,5 раза.

Для 12-часового интервала при использовании эфемерид и поправок часов спутников типа Final и Rapid из источников IAC, ESA, EMX, GFZ, CODE, IGS, MIT и JPL абсолютные отклонения координат отличаются в среднем на 3 мм. Наименьшее отклонение составляет в пространстве 21 мм и соответствуют эфемеридам типа Final, предоставляемым EMX.

Для 12-часового интервала наименьшее отклонение при использовании эфемерид и поправок часов спутников типа Ultra-Rapid составляет в пространстве 26 мм и соответствует эфемеридам, предоставляемым ИАЦ КВНО. Использование эфемерид типа Ultra-Rapid, предоставляемых IGS, для сигналов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС увеличивает отклонения более чем в 9 раз, по

сравнению с результатом, полученным при использовании данных из того же источника только для сигналов навигационных спутников GPS.

Для 12-часового интервала наименьшее отклонение при использовании эфемерид типа Predicted составляет в пространстве 142 мм и соответствует эфемеридам навигационных спутников GPS, предоставляемым IGS. Использование данных для сигналов навигационных спутников GPS и ГЛОНАСС увеличивает отклонения более чем в 2 раза.

В работе [4] для обработки спутниковых измерений, выполненных на пяти пунктах IGS, в режиме PPP Static в программе GrafNav 8.10 были использованы эфемериды и поправки часов спутников типа Final, предоставляемые MIT, скачанные через интерфейс программы GrafNav с ресурса: <ftp://cddis.nasa.gov/>. Для 12-часовых интервалов средняя квадратическая ошибка (СКО) составила в пространстве 22 мм. Для суточных интервалов СКО составила в пространстве 18 мм. В

Средние по четырем пунктам абсолютные отклонения координат

Таблица 2

Тип эфемерид	Обозначение	5-суточные наблюдения			12-часовой интервал		
		В плане, мм	По высоте, мм	В пространстве, мм	В плане, мм	По высоте, мм	В пространстве, мм
Final	iac	16	9	18	18	15	23
	esa	17	9	20	18	12	22
	emx	19	7	20	17	12	21
	gfz	19	8	21	18	12	22
	cod	23	19	30	20	18	27
	igs	26	23	35	21	22	30
	mit	20	20	29	18	19	26
	jpl	27	20	34	22	19	29
	ngs	90	220	238	95	210	230
	sio	4043	2359	4681	4036	3345	5242
Rapid	iac	18	10	21	17	17	24
	igr	28	24	37	21	23	31
Ultra-Rapid	iac	25	6	26	25	9	26
	igu	32	26	41	25	28	38
	igv	122	145	190	275	230	359
Predicted	iac	131	222	258	213	386	441
	igu	47	69	83	93	107	142
	igv	123	50	133	231	226	323

той же работе выполнено сравнение результатов обработки спутниковых измерений за трое суток для одной станции IGS при использовании эфемерид и поправок часов спутников из разных источников различных типов: Final, предоставляемых MIT, Final и Rapid, предоставляемых CODE. Для 12-часовых и суточных интервалов СКО координат отличаются несущественно (в среднем на 2 мм) и составили в пространстве примерно 20 мм.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. При благоприятных условиях спутниковых наблюдений для получения абсолютных координат с точностью не хуже 3 см в плане и 3 см по высоте при обработке 12-часовых интервалов в режиме PPP Static в программе RTKLib достаточно использовать эфемериды и поправки часов навигационных

спутников GPS и ГЛОНАСС типа Rapid, предоставляемые ИАЦ КВНО в открытом ресурсе [2], которые можно скачать с задержкой менее 2 суток.

2. При использовании эфемерид и поправок часов спутников типа Final и Rapid из источников IAC, ESA, EMX, GFZ, CODE, IGS, MIT и JPL для 12-часовых интервалов средние по четырем пунктам абсолютные отклонения координат отличаются несущественно (в среднем на 3 мм) и составляют в среднем 25 мм в пространстве, что достаточно хорошо согласуется с результатами, приведенными в работе [4].

3. В случае использования эфемерид типа Predicted для достижения наилучшей точности следует использовать эфемериды навигационных спутников GPS, предоставляемые IGS в открытом ресурсе [3].

4. Финальные данные из открытого ресурса [3], предоставляемые Национальной гео-

дезической службой США, не содержат поправки часов спутников в формате *.clk, а предоставляемые Океанографическим институтом Скриппса, не содержат не только поправки часов спутников в формате *.clk, но и часы спутников в файле *.sp3, поэтому отклонения для данных источников во много раз превышают отклонения, полученные для других источников.

▼ Список литературы

1. Афанасьев В.Ю. Оценка точности решения в режиме PPP Static в программе RTKLib // Геопрофи. — 2020. — № 2. — С. 44–47.

2. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения АО «ЦНИИмаш». — <ftp://ftp.glonass-iac.ru/MCC/PRODUCTS>.

3. International GNSS Service. — <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products>.

4. Static Precise Point Positioning Accuracy in GrafNav 8.10 / Waypoint Products Group, NovAtel Inc. January 2008.



КБ ПАНОРАМА

Геоинформационные технологии

Комплект программ

АРМ градостроителя

- Автоматизация работы органов архитектуры и градостроительства
- Упрощение процессов подготовки и выдачи документов ИСОГД
- Помощь в принятии управленческих решений о развитии городской территории

АО КБ «Панорама» Россия, г. Москва
 тел.: +7 (495) 739-0245,
panorama@gisinfo.ru

Узнайте больше
 о «АРМ Градостроителя»
 здесь: gisinfo.ru/urban



ВКЛАД ПРЕДПРИЯТИЯ № 12 ГУГК СССР В НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ В СРЕДНЕЙ АЗИИ*

А.П. Райзман

В 1954 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер астрономо-геодезист». С 1954 г. по 1994 г. работал на Предприятии № 12 ГУГК СССР (Ташкент, Узбекская ССР), где занимал различные должности, в том числе был начальником опытно-исследовательской лаборатории. Основное направление деятельности — прогноз землетрясений в Средней Азии. Кандидат технических наук.

*В песках пустынь, во мгле высокогорной,
Твой путь, порой, опасен и тернист,
Но всем ветрам и бурям непокорный,
Всегда вперед идет геодезист.*

Выдающийся российский ученый М.В. Ломоносов более 250 лет тому назад, в 1763 г., в приложении к своему капитальному труду по металлургии, в трактате «О слоях земных», писал: «Изменение лика Земли почти всегда соединено с нечувствительным и долговременным земной поверхности повышением и понижением». Образование межгорных впадин и материковых глыб он объяснял силой внутреннего жара Земли, полагая, что «такие перемены происходили на Земле много раз и ныне происходят, и вряд ли когда перестанут».

Ученые разных стран в разные времена доступными им методами пытались изучить это явление природы. Так, известный исследователь Сибири, географ, геоморфолог, геолог и палеонтолог Иван Деметьевич Черский в 1879 г. нанес метки уровня воды озера Байкал на прибрежных скалах.

Известно, что одним из самых страшных стихийных бедствий, обусловленных современными

движениями земной коры, являются сильные землетрясения. Они уносили тысячи человеческих жизней, превращали в груды развалин города и села, меняли до неузнаваемости привычные ландшафты, разрушая горы и прорезая в земле глубочайшие трещины. Несмотря на усилия ученых и значительное развитие антисейсмического строительства, число жертв и убытки от катастрофических землетрясений, к сожалению, не имеют тенденции к существенному сокращению. Дело в том, что в последнее время население в сейсмических районах увеличивается, растет концентрация жителей в городах, весьма уязвимых к землетрясениям, происходит активное освоение и заселение новых, малоизвестных территорий без достаточной подготовки и оценки сейсмической опасности. В связи с этим, следует отметить, что печально известное Ашхабадское землетрясение 1948 г., унесшее в одну ночь более 110 тысяч человеческих жизней, сто

лет назад было бы бедствием, но не катастрофой. Сильные Газлийские землетрясения, произошедшие в Узбекистане в 1976 г. и 1984 г., за 20–30 лет до этого в малонаселенной тогда пустыне принесли бы гораздо меньше ущерба.

Люди всегда стремились узнать природу этих катаклизмов, научиться предсказывать их и защитить свою жизнь и плоды своего труда от слепой ярости разбушевавшихся подземных стихий. Но они им еще не подвластны: предотвратить землетрясение невозможно, очень трудно пока и предсказать его. Чтобы научиться контролировать природу и активней вмешиваться в ее жизнь, люди должны полнее и глубже изучать эти грозные ее проявления. Поэтому исследования современной геодинамики и поиск предвестников сильных землетрясений представляют одну из наиболее актуальных научных проблем. Решение этой чрезвычайно сложной задачи требует широкого комплексного подхода с

* Предприятие № 12 с 1939 г. по 1958 г. и с 1987 г. по 1994 г. называлось Средне-Азиатское АГП. — Прим. ред.

участием различных наук о Земле: сейсмологии, геодезии, космической геодезии, астрономии, геологии, геоморфологии, геофизики, геомеханики и др. Постоянные совместные поиски новых путей и обобщений придадут результатам исследований большую убедительность. Сущность геодезических методов исследования землетрясений и их прогноза заключается в периодических повторных высокоточных измерениях на поверхности Земли с целью выявления вертикальных и горизонтальных смещений в потенциально сейсмоопасных районах.

Первым научным исследованием горизонтальных смещений земной поверхности в Средней Азии была работа Владимира Алексеевича Колибаева (главный инженер Предприятия № 12), опубликованная в 1962 г. [1]. Не могу не сказать несколько слов о ее авторе, с которым мне представилась редкая возможность периодически общаться в течение 40 лет моей работы на Предприятии № 12. В.А. Колибаев — инженер-геодезист, выпускник Харьковского политехнического института. Высоко порядочный человек, скромный и очень аккуратный: не только в работе, но и в отношении к окружающим его людям. Общение с В.А. Колибаевым было приятным и полезным; он многому меня научил, и я благодарен ему за это.

Анализ причин и последствий землетрясения в Ашхабаде в значительной степени стимулировал развитие сейсмологических исследований, направленных на решение проблемы прогноза землетрясений. Интерес к этой проблеме значительно возрос после катастрофического Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г.

Автор этих воспоминаний, проживавший вместе с семьей в центре Ташкента, рядом с предприятием, где, как оказалось

позже, находился эпицентр землетрясения, помнит, как в 5 часов 26 минут утра всех разбудил мощный толчок, сопровождавшийся сильным гулом и свечением атмосферы. Подумалось об атомном взрыве: накануне Анатолий Астрецкий (представитель штаба по гражданской обороне на Предприятии № 12) объяснял работникам предприятия различные вопросы, связанные с эвакуацией во время возможной атомной войны.

После сильного первого толчка в течение последующих трех лет в Ташкенте было зарегистрировано более 1100 повторных толчков. В результате землетрясения в городе было разрушено большое число жилых домов, десятки детских и лечебных учреждений, учебных заведений, административных зданий и промышленных предприятий. Сразу же после первых подземных толчков ученые и специалисты Ташкента приступили к изучению причин и последствий этого грозного явления природы.

В широком комплексе исследований видное место заняли высокоточные работы Предприятия № 12 по изучению современных вертикальных деформаций земной поверхности в эпи-

центральной зоне. Результаты этих исследований систематически и регулярно докладывались правительственной комиссии по прогнозу землетрясений, возглавляемой Мавляновым Гани Арифхановичем (директор Института сейсмологии АН УзССР). Они отражены в отчетах, которые были представлены специалистами предприятия на многочисленных международных, всесоюзных, междуведомственных и ведомственных совещаниях.

В наиболее концентрированном виде главные результаты работ Предприятия № 12 по рассматриваемой проблеме описаны в диссертационной работе автора настоящей статьи: «Исследование Ташкентского землетрясения 1966–1968 гг. геодезическим методом» [2]. Диссертация была представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук впервые в истории предприятия и в 1970 г. успешно защищена на ученом совете Института физики Земли АН СССР имени О.Ю. Шмидта.

Государственная важность работ и научных исследований по проблеме прогноза сильных землетрясений в Советском Союзе нашла яркое отражение в постановлении правительства 1970 г. о создании специальных



*А.П. Райзман (в центре на кабине ГАЗ-63) с составом двух бригад на нивелировании III класса. Полуостров Бузачи, 1954 г.
Фото Г.П. Райзмана*



Г.П. Райзман выполняет измерения на пункте триангуляции 2 класса. Полуостров Бузачи, 1956 г. Фото А.П. Райзмана

геодинамических полигонов в потенциально-сейсмоопасных регионах страны. На территории Средней Азии Предприятием № 12 в соответствии с этим постановлением были созданы Ташкентский, Душанбинский, Фрунзенский и Ашхабадский геодинамические полигоны. Исследования движений земной поверхности геодезическими методами на них проводились планомерно, системно и на соответствующем тому времени научно-техническом уровне. Результаты исследований современной геодинамики на среднеазиатских полигонах отражены в указанных выше материалах. Здесь же необходимо отметить серьезное диссертационное исследование, выполненное Николаем Александровичем Корешковым (начальник Предприятия № 12). Его диссертация «Исследование современных движений земной коры геодезическими методами на геодинамических полигонах Средней Азии» была представлена к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук и успешно защищена в 1973 г.

Немного о Н.А. Корешкове. Вспоминается далекий 1954 г. Два молодых специалиста — инженеры-геодезисты, выпускники МИИГАиК — прибыли по распределению на Средне-Азиатское АГП. Это были автор настоящей статьи и его брат Григорий Петрович Райзман. Само собой разумеется, что нас, как и всех выпускников учебных

заведений по астрономо-геодезической специальности, ждали полевые экспедиционные работы. Мы были готовы к этому. Но, оказавшись одни на огромной территории Средней Азии без родителей (они проживали на Украине), родных, близких и друзей, естественно, хотели попасть в хорошее полевое подразделение. Мы искали такое подразделение, расспрашивали работников предприятия, и все, как один, называли геодезический отряд 63, который базировался в городе Чимкенте, в Южном Казахстане, а руководил им Н.А. Корешков. Но тогда встретиться с Н.А. Корешковым не представилось возможным. Нас направили на работу в геодезический отряд 85, базировавшийся в городе Гурьеве (Западный Казахстан) и проводивший работы в безлюдных и безводных районах полуостровов Мангышлак и Бузачи, плато Устюрт, Прикаспийская низменность и др.

Следует отметить, что в те годы крупные подразделения предприятий, выполнявших полный комплекс топографо-геодезических работ, назывались «отрядами», а в более позднее время стали называться «экспедициями».

В 1956 г., по решению ГУГК СССР, отряд 63 был переведен в Забайкалье, в город Читу. Там на базе этого отряда было создано Читинское аэрогеодезическое предприятие, которое возглавил Н.А. Корешков и руководил им в течение 10 лет.

В 1966 г. Н.А. Корешков был назначен на должность начальника Предприятия № 12 и в ночь с 25 на 26 апреля вернулся в Ташкент, а утром 26 апреля произошло Ташкентское землетрясение. Можно представить себе, какие чувства овладели Николаем Александровичем: заняв высокую должность, он с семьей приехал в благоустроенное место и вдруг оказался в разрухе. Но эти мысли, вероятнее всего, были у него в душе. Внешне он выглядел абсолютно спокойным, деловым, как всегда, малословным; человеком, хорошо понимающим высокую ответственность, которая выпала на его долю. Наряду с восстановлением производственных и подведомственных жилых помещений, разрушенных землетрясением, Н.А. Корешков с первого дня своей работы в Ташкенте обеспечил непрерывную производственную деятельность предприятия. Николай Александрович Корешков — выпуск-



А.П. Райзман с бригадой по нивелированию III класса. Полуостров Бузачи, 1954 г.

ник МИИГАиК конца 1930-х или начала 1940-х гг. Он был не только хорошим руководителем-хозяйственником, но и опытным высококвалифицированным инженером, владеющим знаниями во всех областях сложнейшего топографо-геодезического производства. Поэтому, понимая значение высокоточных повторных геодезических измерений для исследования причин и последствий Ташкентского землетрясения, он сразу же организовал проведение повторного высокоточного нивелирования в эпицентральной зоне. Не было дня, чтобы он не интересовался результатами измерений и не принимал участия в их оценке точности и интерпретации. Его заслуги в организации геодинамических исследований геодезическими методами в Средней Азии трудно переоценить. Н.А. Корешков был порядочным, скромным, трудолюбивым и доброжелательным человеком, обладающим чувством ответственности за работу и подчиненных ему людей. Мне представилась редкая возможность в течение многих лет сотрудничать с Николаем Александровичем, и я благодарен судьбе за это.

Ярким примером недооценки степени сейсмической опасности в сейсмоактивных районах, характеризующихся низким фоном сейсмической активности, но крупными землетрясениями, является район Центральных Кызылкумов. Здесь в 1964 г. Предприятием № 12 был создан Газлийский геодинамический полигон для изучения вертикальных перемещений земной поверхности техногенного характера, обусловленных откачкой газа из недр Земли на одном из крупных месторождений природного газа в Узбекистане.

Дальнейшее развитие геодинамических исследований геодезическими методами в этом районе связано с сильными Газлийскими землетрясениями



Слева направо: Н.А. Корешков, начальник Предприятия № 12, Г.Н. Кульвинский с сыном и А.П. Райзман, начальник ОИЛ Предприятия № 12, на демонстрации 7.11.1977 г. в Ташкенте

1976 г. и 1984 г. Предприятие № 12 оперативно, после каждого землетрясения, проводило большой объем высокоточных геодезических работ (повторное нивелирование 1 класса и триангуляция 1 класса) для выявления вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности. Основные результаты геодезических исследований на Газлийском геодинамическом полигоне отражены в диссертационной работе Вячеслава Алексевиича Пискулина (начальник Предприятия № 12) «Исследования современных деформаций земной поверхности в эпицентральных зонах Газлийских землетрясений 1976 г. и 1984 г. геодезическими методами».

Большой объем геодезических работ, выполненных Предприятием № 12 на территории Средней Азии со времени его основания в 1928 г., позволил создать более 10 карт современных движений и деформаций земной поверхности. Эти карты в обобщенном виде отражают скорости вертикальных движений земной коры или горизонтальные градиенты этих скоростей, тектонические нарушения в земной коре, установленные геодезическим методом и, в

некоторых случаях, горизонтальные деформации земной поверхности. Они, безусловно, представляют большой интерес для продолжения научных исследований современной геодинамики в Средней Азии. Вместе с этим особое место среди них занимают: карта современных относительных тектонических движений в городе Ташкенте, карта современных вертикальных движений земной коры Средней Азии, являющаяся составной частью карты современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР, а также карты вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности в эпицентральных зонах Газлийских землетрясений 8 апреля и 17 мая 1976 г. и 20 марта 1984 г. Карты современных деформаций земной поверхности, составленные по геодезическим данным, могут найти широкое практическое применение при проектировании различных гидротехнических сооружений, мелиоративных систем, при прокладке крупных нефте- и газопроводов, при разведке полезных ископаемых и решении других задач, где необходимы знания количественных величин, характери-

зующих устойчивость во времени различных участков земной поверхности.

Некоторые из карт, составленных на Предприятии № 12 и наиболее сложных по содержанию, были изданы на высоком полиграфическом уровне Картографической фабрикой ГУГК СССР в Ташкенте, возглавляемой Г.П. Райзманом с 1974 г. по 1994 г. Он постоянно поддерживал связь и добрые отношения с руководством предприятия и многими работниками, выпускниками Ташкентского топографического техникума, в котором работал с 1957 г. по 1974 г. преподавателем, заведующим учебной частью, а затем и директором. За научные исследования в области высшей геодезии в 1972 г. ему была присвоена ученая степень кандидата технических наук. Во время наших встреч он всегда проявлял большой интерес к результатам геодинамических исследований, проводимых предприятием, и высоко оценивал эту работу.

Данные, отраженные на картах современных движений земной поверхности, дают осредненную характеристику этих движений за достаточно большой период времени. Данных об изменениях интенсивности и знака движений во времени, которые могли бы носить прогностические признаки землетрясения, значительно меньше. Поэтому, как уже отмечено выше, для наблюдения за ходом движений земной коры в ряде районов земного шара, особенно в сейсмически активных, каким является район Средней Азии, созданы геодинамические полигоны.

В соответствии с указаниями ГУГК СССР и рекомендациями Межведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при Президиуме АН СССР Предприятием № 12 были созданы геодинамические полигоны в районах расположения Чарвакского, Нурек-

ского и Рогунского гидроэнергетических комплексов. Места расположения этих ГЭС относятся к зонам восьми и девятибалльных землетрясений, где создание крупных водохранилищ может существенно повлиять на сейсмическую обстановку. В 1969 г. был создан Чарвакский геодинамический полигон, а в 1974–1976 гг. — Нурекский и Рогунский полигоны. Основная цель геодезических работ, проведенных в районах рассматриваемых ГЭС, заключалась в изучении вертикальных и горизонтальных деформаций земной коры в прилегающих к водохранилищам местам, периодические наблюдения за устойчивостью плотин, установление корреляционной связи между изменением объема воды в водохранилищах и деформациями земной коры в прилегающих районах, а также выявление вертикальных и горизонтальных перемещений земной поверхности аномального характера — возможных предвестников возбужденных, техногенных землетрясений. Краткие результаты первых циклов измерений содержатся в публикациях [3, 4].

Необходимо особо отметить, что большая заслуга в создании

геодинамических полигонов в сейсмоопасных районах Советского Союза принадлежит Леониду Андреевичу Кашину (первый заместитель начальника ГУГК с 1972 г. по 1986 г.). Глубоко понимая значение этих работ для всей страны, он уделял много внимания геодинамическим исследованиям, проводимым на Предприятии № 12.

Было бы грубейшей ошибкой полагать, что какие-то заслуги в исследованиях современной геодинамики на Предприятии № 12 принадлежат небольшой группе его работников. Надо понимать, что предприятие было не научно-исследовательским институтом, а производственным предприятием системы ГУГК СССР, где каждый производственный процесс планировался, проектировался, утверждался вышестоящей инстанцией и поручался к исполнению его подразделениям. Полевые и камеральные подразделения предприятия выполняли эти производственные задания наряду с другими, не менее важными государственными заданиями по картографированию территории Средней Азии в разных масштабах.

В этой большой, можно сказать, громадной работе прини-



Ташкентский топографический техникум на демонстрации, 1961 г. Слева направо: И.И. Самойлов (преподаватель), Г.П. Райзман (заведующий учебной частью) с сыном Юрием на плечах, М.А. Харьковский (директор)



Руководство Предприятия № 12 ГУГК СССР

мал активное участие весь слаженный трудовой коллектив. Очень трудно перечислить всех сотрудников, работавших в то время на Предприятии № 12. Более подробная информация содержится в моих воспоминаниях на странице в соцсети Facebook.

Тот, кто работал на предприятии в течение многих лет, особенно в полевых и камеральных производственных подразделениях, знает, насколько сложна, трудна, самоотверженна и ответственна работа геодезистов, топографов и картографов. В ней не было мелочей — важным было все и, прежде всего, ответственное отношение к ней всех подразделений:

- планово-производственного отдела;
- проектного бюро;
- отдела технического контроля;
- отдела снабжения;
- экспедиции 223;
- экспедиции 228 (базирувавшейся в городе Душанбе) и экспедиции 231 (базирувавшейся в городе Янгиюль). Эти геодезические экспедиции выполнили большой объем работ по нивелированию 1 класса и высокоточным линейно-угловым измерениям на Душанбин-

ском и Газлийском геодинимических полигонах, в районах Нурекского и Рогунского гидроэнергетических комплексов и в городе Заравшан;



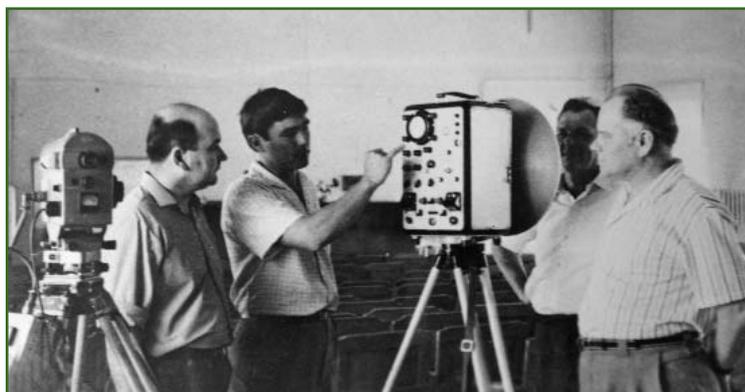
- вычислительного цеха;
- инструментальных мастерских;
- фотоцеха;
- опытно-исследовательской лаборатории (ОИЛ) и впоследствии лаборатории геодинимических исследований (ЛГИ).

Отдельно остановимся на задачах, решаемых ОИЛ/ЛГИ, начальником которой был автор настоящей статьи. Численность лаборатории не превышала 4–5 специалистов. Но это небольшое по численности подразде-

ление внесло, на мой взгляд, весомый вклад не только в работы по исследованию современной геодинимике геодезическими методами в Средней Азии, но и в общее техническое развитие предприятия. К основным направлениям деятельности лаборатории можно отнести следующие:

- внедрение в производство новой техники и технологии;
- рационализация производственных процессов;
- сбор и анализ научно-технической информации (на предприятии была создана, на мой взгляд, лучшая в Средней Азии современная на тот период времени научно-техническая библиотека в области геодезии, аэрофотосъемки, топографии и картографии);
- участие в проектировании геодезических построений на геодинимических полигонах, выноса проектов в натуру;
- контроль качества измерений, их интерпретация;
- составление по результатам повторных измерений научно-технических отчетов и докладов;
- участие в многочисленных научно-производственных совещаниях и т. д.

Особо следует отметить составление в ОИЛ/ЛГИ в 1988 г. научно-технического отчета «Построение и уравнивание астрономо-геодезической сети СССР» (Средняя Азия,



Г.Н. Кульвинский рассказывает А.Н. Корешкову и А.П. Райзману об опыте применения радиодальномера, впервые поступившего на Предприятие № 12

Казахстан, Якутия) по материалам работ 1938–1988 гг. Второй том — альбом с фотографиями специалистов, внесших особый вклад в создание астрономо-геодезической сети СССР, дополнил научно-технический отчет.

Во второй половине 1960-х гг. на предприятии под руководством автора настоящей статьи был выполнен большой проект по реконструкции и переуровнению астрономо-геодезической сети Средней Азии. Работа заключалась в расширении рядов триангуляции 1 класса, проложенных в 1930–1940-х гг., за счет триангуляции 2 класса, проложенной в более позднее время и по качеству не уступающей триангуляции 1 класса. Была проведена большая работа по всестороннему качественному апробированию всех результатов угловых измерений на 69 реконструируемых триангуляционных построениях, и подготовлена информация для последующего уравнивания на ЭВМ. Эти данные по своей качественной надежности вполне могут служить основой для исследования горизонтальных движений земной коры.

В заключение необходимо отметить, что с первого дня Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. на помощь были подняты все возможные отрасли народного хозяйства Советского Союза. Среди них, конечно же, была Академия наук СССР, Академия наук Узбекской ССР и многочисленные ведомственные научно-исследовательские институты. Активное участие в исследовании Ташкентского землетрясения приняли сотрудники Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК), в частности, Ян Валерьянович Наумов, руководитель геодезического отдела, и Игорь Николаевич Мещерский, старший научный сотрудник.



Слева на право: А.П. Райзман, А.А. Изотов, Г.П. Райзман. Ташкент, Аллея поэтов, 1984 г.

Постоянно и много внимания уделяли результатам исследований современных движений земной коры геодезическими методами, проводимых Предприятием № 12 на среднеазиатских геодинамических полигонах видные советские ученые:

— Гани Арифханович Мавлянов, академик АН Узбекской ССР, и Валентин Иванович Уломов, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент АН Узбекской ССР (Институт сейсмологии АН Узбекской ССР);

— Владимир Петрович Щеглов, академик АН Узбекской ССР (Астрономический институт АН Узбекской ССР);

— Юрий Дмитриевич Буланже, член-корреспондент АН СССР (Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта АН СССР);

— Александр Александрович Изотов, доктор технических наук, профессор (МИИГАиК);

— Юрий Александрович Мещеряков, доктор наук, профессор (Институт географии АН СССР).

Пройдут годы, десятки и сотни лет. Возможно, потомки сочтут наши геодезические методы

исследования современной геодинамики столь же несовершенными, какими нам представляются метки И.Д. Черского на прибрежных скалах озера Байкал. Но несомненно одно — труд наших современников будет полезен людям.

▼ Список литературы

1. Колибаев В.А. О смещении геодезических пунктов в районе Ашхабадского землетрясения 5–6 октября 1948 г. // Геодезия и картография. — 1962. — № 5. — С. 8–10.

2. Райзман А.П. Исследование Ташкентского землетрясения 1966–1968 гг. геодезическим методом. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М., 1970.

3. Корешков Н.А., Мантров А.И., Пискулин В.А., Райзман А.П. Геодезические исследования деформаций земной коры в районах Чарвакского, Нурекского и Рогунского гидроэнергетических сооружений // Сейсмогеодинамика области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите. — Ташкент: Издательство «Фан» Узбекской ССР, 1986.

4. Райзман А.П. Геодезические исследования деформаций земной коры в районах Нурекской и Рогунской ГЭС // Гидротехническое строительство. — 1990. — № 2.

Trimble
@trimble_russia

Журнал «Геопрофи»
@geoprofi_2020

ГБУ «Мосгоргеотрест»
@mosgorgeotrest

«Геокурс»
@geokurs

КБ «Панорама»
@kbpанорама

«Геодезические приборы»
@geopribori

«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
@gsi.ru

ГК «Геоскан»
@geoscan.aero

«ГНСС плюс»
@gnssplus_official

Госкорпорация «Роскосмос»
@roscosmosofficial

«Кредо-Диалог»
@credo_dialogue

МКГК
@_mkgik_

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ!

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ГЕОПРОФИ



Новости и статьи на

 www.GEOPROFI.RU,

 [geoprofi_2020](https://www.instagram.com/geoprofi_2020)

 [geoprofi2020](https://www.facebook.com/geoprofi2020)

- спутниковые технологии геопозиционирования
- беспилотные и пилотируемые аэросъемочные комплексы для картографирования и кадастра
- цифровые двойники городских территорий
- геодезическое оборудование
- наземные и воздушные лазерные сканирующие системы
- геопространственные данные ДЗЗ из космоса
- геодезическое обеспечение строительства и мониторинг зданий и сооружений
- топографо-геодезические работы при инженерных изысканиях



Почтовый адрес редакции: 117513, Москва, Ленинский пр-т, 135, корп. 2
E-mail: info@geoprofi.ru

R12i

ПРИЁМНИК ГНСС



Инерциальная
компенсация
наклона

Взгляд на съёмку под другим углом

Новая ГНСС/ИНС система **Trimble® R12i**
с уникальным процессором **Trimble
ProPoint™** и инерциальной системой
компенсации наклона вехи **Trimble TIP™**.

Trimble.com/R12i

