

## **Секция 4**

### **«Геодезия. Навигация. Глонасс-GNSS» / Section 4 «Geodesy. Navigation. Glonass-gnss»**

**Филатов В.Н., Лангеман И.П., АО «Российские космические системы»  
«Проблемы и предложения по их решению в проекте "Национальная  
инфраструктура" в рамках национальной программы "Цифровая  
экономика Российской Федерации"»**

В докладе приведен паспорт федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Определены основные виды работ в рамках подпроекта «Внедрение технологий и платформенных решений государственного управления бизнеса и общества». Выполнен анализ состояния и возможностей предприятий картографической отрасли по созданию требуемых больших объемов и в достаточно короткие сроки геопространственной информации о местности в период до 31.12.2024 г. Даны предложения и рекомендации по реализации задач в части создания цифровых планов городов и ортофотопланов на населенные пункты, административные центры, городскую и сельскую территорию для создаваемой государственной информационной системы «Федеральный портал пространственных данных. Особое внимание уделено задаче по интеграции существующих сетей референтных геодезических станций и их развертыванию до масштабов федеральной сети.

**Филатов В.Н., Лангеман И.П., АО «Российские космические системы»  
«Перспективные спутниковые альтиметрические системы»**

В докладе приведен обзор и анализ технических характеристик основных альтиметрических систем, запущенных в космос начиная с 1992 г. или планируемых к запуску до 2021 г.

Анализ тенденций развития спутниковых альтиметров показал, что технология синтеза апертуры определяет эволюционное развитие возможностей спутниковых альтиметров и не приводит к новому качеству получаемых геодезических данных. «Прорывной» технологией в спутниковой альтиметрии потенциально может стать радарная интерферометрия. Получение информации о высоте морской поверхности в полосе сбора приведет к изменению общих подходов обработки информации спутниковой альтиметрии, поскольку перестанут использоваться механизмы реконструкции пространственных распределений высоты морской поверхности. а также исчезнет необходимость в аппроксимации данных.

При изучении Мирового океана появится возможность исследования субмезомасштабных процессов как по временным (время полета КА над исследуемой акваторией), так и по пространственным показателям (2-70 м).

**Ханзадян М.А., Мазуркевич А.В., ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»**

**«Создание комплекса средств для метрологического обеспечения средств измерений азимута»**

Специалистами ФГУП «ВНИИФТРИ» проводятся работы по созданию комплекса метрологического обеспечения для средств измерения азимута. Данный комплекс предполагается использовать для достижения необходимого уровня точности геодезических навигационных и маркшейдерских задач. Разрабатываемый комплекс средств необходим для оценки погрешности и контроля точностных характеристик пространственных линейно-угловых и координатно-временных измерительных систем геодезического назначения, а также для обеспечения единства измерений спутниковой геодезической и навигационной аппаратуры, использующей сигналы ГНСС и наземных дополнений, в том числе средств измерений азимута.

**Файрузов Д.Ф., ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»**  
**«Метрологическое обеспечение авиационных координатно-измерительных систем геодезического назначения»**

Воздушное лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка проводятся с помощью авиационных измерительных систем геодезического назначения, предназначенных для измерения координат точек земной поверхности, инженерных объектов и сооружений с борта авиационного носителя при выполнении геодезических, кадастровых, землеустроительных, картографических и других видов инженерных работ.

Следует отметить, что, исходя из требований пункта 3 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», применение авиационных измерительных систем в геодезии попадает в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений. В связи с этим возникает необходимость в специализированных средствах (полигонах) с нормируемыми метрологическими характеристиками, которые могут использоваться для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем.

В настоящее время на территории России для оценки метрологических характеристик авиационных измерительных систем используются эталонные пространственные полигоны, требующие специального дооснащения при проведении подобных работ.

В связи с недостатком полигонов для проведения испытательных работ на территории России ФГУП «ВНИИФТРИ» разработал мобильный комплект средств для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем геодезического назначения. Данный комплект используется в качестве дополнения к эталонному полевому стенду и линейному базису из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины (ГЭТ 199-2018).

Разработанный комплект средств для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем геодезического назначения решает

задачи по оценке и контролю метрологических характеристик существующих авиационных средств измерений.

**Лесниченко В.И., Мазуркевич А.В., ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»**

**«Применение абсолютного лазерного трекера для высокоточного мониторинга стабильности испытательного метрологического стенда»**

В докладе представлены результаты использования абсолютного лазерного трекера LEICA AT401 для высокоточного мониторинга стабильности испытательного стенда, предназначенного для проведения высокоточных угловых измерений.

В ходе работы были определены параметры размерной стабильности стенда, его линейные и угловые смещения базовых точек. Многократные измерения базовых точек стенда показали его стабильность, а применение абсолютного лазерного трекера для проведения работ подтвердили его эффективность и преимущество перед другими средствами геодезического мониторинга. Отклонение пространственного каркаса и метрологической стойки относительно друг друга в течение периода мониторинга не превышают величин, установленных требованиями технического задания.

**APPLICATION OF AN ABSOLUTE LASER TRACKER FOR HIGH-PRECISION MONITORING OF A TEST METROLOGICAL STAND**

**All-Russian Scientific Research Institute for Physical-Engineering and Radiotechnical Metrology («VNIIFTRI»), Mendeleevo, Russia**

Abstract: the report presents the results of applying the absolute laser tracker LEICA AT401 for high-precision stability monitoring of a test stand intended for high-precision angular measurements.

During the work were determined the parameters of dimensional stability of the stand, its linear and angular displacements of the base points. Multiple measurements of the base points of the stand showed its stability. Applying the

absolute laser tracker for the work confirmed its efficiency and advantage over other means of geodetic monitoring. The deviation of the spatial frame and the metrological stand relative to each other during the monitoring period does not exceed the values established by the requirements of the technical specifications.

**Крылов В.И., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Прогноз движения малых тел Солнечной системы»**

Целью доклада является прогнозирование движения малых небесных тел Солнечной системы в межпланетном пространстве, в гравитационных сферах Земли, в атмосфере Земли. Для достижения этой цели решались следующие задачи: подбиралась подходящая модель движения малого тела для трёх фаз полёта; выбирался подходящий интегратор для численного интегрирования дифференциальных уравнений движения; рассматривались методы устранения сингулярностей в уравнениях движения астероидов и комет. Методами решения задач служили модели возмущённого движения малых тел; модели взаимодействия метеороида с атмосферой Земли.

В результате получен прогноз движения пяти потенциально опасных астероидов; определена величина шага численного интегрирования для различных фаз полёта малого тела; предложен метод устранения сингулярности; показано, что после тесного сближения с Землёй орбита астероида не вполне определена; на моделях метеороидов вычислены изменения их параметров в процессе движения в атмосфере Земли.

**Вшивкова О.В., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Комбинированная методика учета влияния вертикальной рефракции в электронной тахеометрии»**

Для учета влияния вертикальной рефракции в электронной тахеометрии используют стандартный коэффициент рефракции, характеризующий

среднестатистическое состояние приземного слоя атмосферы. Использование стандартного коэффициента в реальной атмосфере может приводить к ошибкам, превышающим ошибку за влияние рефракции, что заставляет исследователей искать новые пути решения рефракционной проблемы. Авторами разработана комбинированная методика учета влияния вертикальной рефракции в электронной тахеометрии. Она опирается на геодезическую модель приземного слоя атмосферы, обеспечивающую учет изменчивости атмосферы в пределах местных полей рефракции; принцип определения параметров модели по результатам комплексных градиентных геодезических и метеорологических измерений, позволяющий до минимума сократить объем дополнительных измерений, необходимых для получения параметров модели; принцип учета влияния атмосферы без знания высоты визирного луча, благодаря которому моделирование изменения рефракции с высотой не требует определения рабочей высоты визирного луча.

Методика включает алгоритм определения поправки в измеренный вертикальный угол за влияние угловой рефракции и методику производства градиентных измерений. Первые полевые эксперименты, выполненные авторами, позволили скорректировать математический аппарат разработанного алгоритма, доказали его работоспособность. На основании результатов последующих исследований были сформулированы основные принципы оптимальной организации градиентных измерений, обеспечивающие минимальный объем дополнительных измерений и обязательное наличие избыточных измерений для контроля и повышения точности высотных определений.

**Кащеев Р.А., Миргасимова А.И., Ситдинов Н.А., Казанский (Приволжский) федеральный университет  
«Спутниковые практики определения темпоральных изменений локального геоида/квазигеоида»**

Результаты космических проектов CHAMP, GRACE, GOCE, GRACE-FO, ориентированных на построение моделей тонкой структуры гравитационного поля Земли убедительным образом продемонстрировали достоинства дифференциальных методов измерений в спутниковых системах с изменяемой геометрией расположения элементов. Говоря об этом, следует подчеркнуть прецизионную точность бортовых измерений, выполняемых в рамках обсуждаемых программ, что обеспечивает высокую точность и разрешение получаемых моделей, расширяющих диапазон возможностей их дальнейшего применения, включая исследования темпоральных (временных) изменений геопотенциала и фигуры геоида.

В работе обсуждаются результаты вычисления на основе темпоральных моделей гравитационного потенциала эволюции высот геоида в различных регионах Земли, а также аномалий высоты и меридиональной составляющей уклонения отвесных линий на пунктах линейного базиса Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта КФУ, получаемых методом ГНСС-нивелирования.

**Мирмахмудов Э.Р., Национальный университет Узбекистана,  
Абдумуминов Б.О., Термезский Государственный Университет  
«Совершенствование геодезической сети прибрежной зоны реки  
Сырдарья на основе ГНСС»**

В данной статье приводится GPS-метод определения координат уровенных постов и необходимость повышения точности реперов гидрологических станций. Рассматривается проект построения ГНСС сети в прибрежной зоне реки Сырдарьи с целью оперативного получения информации об изменении уровня воды. В качестве тестовых геодезических измерений были использованы 2 прибрежные станции второго класса главного управления гидрометеорологического службы. Вычислен и выполнен предварительный анализ точности составляющих координат с течением времени. Для организации постоянного мониторинга уровня рек с помощью

ГНСС систему геодезического обеспечения следует начать с анализа материалов классических измерений и предварительного расчета точности сети. Уточненные пространственных координаты фундаментальных реперов предлагается редуцировать к спутниковой геодезической сети Узбекистана и Центральноазиатской геодинамической сети. Использование новых методов исследования приведет к снижению финансовых расходов и получению точных данных о водном балансе, что представляет практическую значимость для ирригации и мелиорации.

**Tamara Hristova Ilieva, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulgaria**

**«Development of GNSS and GIS based systems for geodetic and navigation purposes by using free and open source software»**

In the last years GNSS and GIS are widely applied for geodetic and navigation purposes. Their common use is claimed to be productive and efficient, but usually there are two basic problems - the data is obtained by the receiver then transmitted to GIS or there are commercial systems that work with specific receivers, solutions, data types or formats.

This research is related to the trend for using free and open source software, which gives the users the opportunity to create their own tools, applications and systems according to their needs without buying expensive hardware and/or software.

Two user-developed systems are presented here. Their purpose is to be used as a helpful tools for surveying, mapping and navigation.

The first one integrates GNSS and GIS software - RTKLIB and QGIS are used and an interface is developed by using the C++ and Python programming languages for real time GNSS measurements in GIS environment.

The second system is web-based. It uses data directly from GNSS receiver, stored in PostgreSQL PostGIS database. The data is published with Geoserver OGC



Web Services. For the web page HTML, CSS and JavaScript are used. The queries for accessing and publishing the data are written in php.

**Tsocho Petrov Danchev University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulgaria**

**«Horizontal Intraplate Velocity Field Model: Results and Application»**

The current study is intended to demonstrate the possibility of practical realization of ETRS89 for the territory of Bulgaria, by developing a horizontal intraplate velocity field model based on the horizontal velocities of a network of permanent GNSS stations. Data from different epochs of the stations of one of the CORS networks operating in Bulgaria is used, which is processed with the Bernese GNSS software. The deformation modelling is performed using a method of determining parameters of local deformation and Euler poles of distinctive tectonic blocks. To evaluate the obtained model, precise coordinates and velocities of 45 stations of another infrastructure CORS network are used, as well as the velocities of 109 sites from the State GPS network. The results are encouraging for the practical application of ETRS89 on the territory of Bulgaria.

**Маркович К.И., Полоцкий государственный университет**

**«Моделирование неприливных вариаций гравитационного поля с использованием корреляционной модели прогноза»**

В работе представлены исследования, связанные с оценкой возможности применения аксиоматической корреляционной модели для прогноза неприливных вариаций гравитационного поля. Представленная методика математического моделирования основана на предложенной Г.И. Каратаевым в 60-е годы XX века модели прогноза различных параметров земной коры по гравитационным аномалиям. Данная методика апробирована для территории Республики Беларусь с привлечением карты скоростей современных вертикальных движений земной коры, построенной по комплексу геодезических, геолого-геофизических и сейсмологических данных.

Результаты исследований показали, что применение корреляционной модели для прогноза неприливных вариаций гравитационного поля по скоростям современных вертикальных движений земной коры является весьма перспективным и способствует повышению достоверности построения карт вариаций гравитационного поля на территориях, слабо обеспеченных повторными гравиметрическими измерениями и состоящих из разновозрастных и разнотипных геоструктурных элементов.

Особое внимание при прогнозировании с использованием корреляционной модели следует уделить разделению изучаемой территории на классы с учетом изменчивости геолого-геофизических признаков. Анализ вариаций гравитационного поля по данным гравиметрических наблюдений Беларуси свидетельствует о необходимости учета изменения направления отвеса при выполнении повторного геометрического нивелирования на равнинных и спокойных в геологическом отношении территориях Восточно-Европейской платформы.

**Шестаков Н.В., Дальневосточный федеральный университет/ИПМ ДВО РАН, Первалова Н.П., Институт солнечно-земной физики СО РАН, Орляков А.В., Дальневосточный федеральный университет**  
**«Исследование отклика ионосферы Земли на землетрясения, подземные ядерные взрывы и извержения вулканов по данным ГНСС-наблюдений»**

В работе рассматривается реакция ионосферы Земли на природные и техногенные опасные процессы и явления: сильные землетрясения, подземные ядерные испытания, извержения вулканов и другие. В качестве исходных данных для проведения исследований используются наблюдения на непрерывно действующих ГНСС-станциях. На основе анализа изменений полного электронного содержания (ПЭС) исследуются характеристики ионосферных возмущений (ИВ), порождаемых изучаемыми процессами и явлениями. Рассмотрены возможные перспективы использования ИВ для

раннего предупреждения и уменьшения ущерба от опасных природных и антропогенных процессов и явлений.

**Тенюго Л.В., ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»**

**«Современные тенденции в обработке данных спутниковых геодезических измерений»**

Развитие КРЕДО ГНСС, отечественной программы по обработке данных спутниковых геодезических измерений. Подход к универсальности программ для обработки данных спутниковых геодезических измерений. Возможность обработки данных с различных геодезических спутниковых приемников, поддержка всех стандартных версий RINEX. Использование данных всех существующих глобальных систем позиционирования: ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, BEIDOU. Автоматическая обработка данных для большинства сценариев использования ГНСС оборудования, при этом оставлена возможность управления данными и процессом расчета. Получение достоверного результата при обработке измерений низкого качества. Максимум автоматизации: анализ корректности исходных данных, определение оптимальной стратегии расчета, оценка надежности и достоверности. Разработка функционала расчета траекторий ГНСС, обработки траекторий РРК с дронов. Разработка функционала обработки автономных статических измерений в режиме PPP, а также длинных базовых линий.

**Матвеев А.С., Брагин А.А., АО «ПРИН»**

**«Применение беспилотных гидрографических комплексов в инженерных изысканиях»**

В докладе приведены сведения о различных беспилотных гидрографических комплексах Arache, применяемых при выполнении изыскательских работ на водных объектах. Комплексы различаются техническими характеристиками и устанавливаемой полезной нагрузкой. Приведены примеры и результаты выполненных работ с применением

однолучевого эхолота, гидролокатора бокового обзора, многолучевого эхолота, сканера, устанавливаемых на беспилотные комплексы.

**Костеша В.А., Хромов А.В., Государственный университет по землеустройству**

**«Анализ результатов, полученных от различных сетей дифференциальных геодезических станций»**

В последние десятилетия происходит активное развитие сетей дифференциальных геодезических станций (постоянно действующих базовых станций), которые позволяют в режиме реального времени существенно сократить сроки выполнения полевых и камеральных геодезических работ.

В работе представлены материалы по исследованию точности определения планово-высотных координат при использовании данных различных сетей дифференциальных геодезических станций (СДГС). Рассматривается возможность их использования при ведении единого государственного реестра недвижимости, выполнении топографической съемки и функционировании ГИС-автомобильных дорог.

Дано краткое описание преимуществ и недостатков использования СДГС, а также требования к использованию СДГС.

В рамках эксперимента проведены измерения от различных СДГС на территории научно-учебной базы «Чкаловская». Проведенное исследование показало возможность использования данных СДГС при ведении ЕГРН, выполнении топографической съемки и обеспечении ГИС-автомобильных дорог координатными данными. Используемая технология работ дает возможность избежать ошибки в определении координат характерных точек и получить необходимую точность.

Результаты эксперимента показали, что коммерческие СДГС не уступают по точности государственным, однако их официальное использование до момента регистрации сети в Федеральном фонде пространственных данных невозможно. Поэтому оптимален вариант, когда все

СДГС связываются в единую систему, порядок использования которой определяется органом нормативно-правового регулирования.

**Фунг Чунг Тхань, Тхюи Чанг, Государственный университет по землеустройству**

**«Determination of height anomaly by Remove - Compute - Restore technique in Vietnam»**

Height anomalies for Vietnam was determined based on new gravity data.

A set of 8210 points land gravity land and sea gravity was used interpolate height anomalies from gravity anomalies. Global Gravity model EGM2008 plus Digital terrain models - SRTM 3 arc v4.1 (over land areas) and SRTM15plus (over sea areas) which use to calculate effects of Global Geopotential Models and Residual Terrian Model to height anomalies. The accuracy of the results is derived from height anomaly of 322 GPS / Leveling points (203 points in first order and 119 points in second order) and have a standard deviation of 11cm.

**Пшеничная М.М., Кравчук И.М., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Вспомогательная геодезическая сеть на Луне»**

В докладе предлагается создание простой, точной, малозатратной и максимально дешёвой системы координат, которая на начальном этапе освоения Луны будет использована для двух основных задач: помощи в посадке прилетающих ракет в заданном месте и при координатном обеспечении топографических и строительных работ при возведении жилых и производственных помещений лунной колонии. Так как морской и воздушный транспорт на Луне исключены, навигация на Луне начнётся только тогда, когда на Луне построят дороги, а это задачи далёкого будущего. Докладчиком будет показано, что использование вспомогательной декартовой системы координат, состоящей из трёх исходных пунктов, позволяет свести к минимуму

временные затраты, а также существенно упрощает вывод рабочих формул при решении геодезических задач и повышает точность системы координат.

Предлагаемая методика построения сети высокоточна за счёт того, что измеренных величин всего три. Координатные определения осуществляются при минимальном количестве натуральных измерений.

**Морозов Д.А., Куприянов А.О., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Методика вычисления полного электронного содержания в режиме реального времени по мультисигнальным ГНСС-измерениям с применением цифровой фильтрации»**

Для вычисления полного электронного содержания по мультисигнальным ГНСС-измерениям необходимо обеспечить эффективное подавление случайных ошибок измерения псевдодальностей. Для решения этой задачи в режиме, близком к реальному времени, может быть использован цифровой фильтр нижних частот, в частности фильтр Баттерворта. В докладе представлена методика вычисления полного электронного содержания в режиме реального времени по мультисигнальным ГНСС-измерениям с применением цифрового фильтра нижних частот Баттерворта. Рассматриваются практические аспекты применения цифрового фильтра нижних частот для вычисления полного электронного содержания по мультисигнальным ГНСС-измерениям в режиме реального времени, такие как выбор периода фильтрации, порядка и параметров цифрового фильтра и критериев отбраковки измерений. Приводятся результаты, полученные при разных значениях параметров и выводы относительно их оптимальных значений.

**Алтухов Н.В., Московский государственный университет геодезии и картографии**

## **«Экспериментальное исследование интегрированной инерциальной системы SPAN-CPT»**

Задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, заключаются в следующем:

- 1) Установка оборудования для практического эксперимента на движущийся объект (автомобиль);
- 2) Проверка работы инерциальной системы в паре со спутниковой навигационной системой;
- 3) Проверка работы инерциальной системы при кратковременном отключении навигационной системы (1-2 минуты);
- 4) Проверка точности получаемых координат только от инерциальной системы, а также проверка заявленных точностных характеристик от фирмы-производителя;
- 5) Обработка и анализ данных, полученных в ходе выполнения практических измерений;
- 6) Подведение итогов экспериментального исследования.

**Рахмонов С.С., Рахманов А.С., Московский государственный университет геодезии и картографии**

## **«Практическое исследование цифровой антенны Trimble Catalyst DA1»**

Данная работа носит исследовательский характер. Основная цель этой работы - практически исследовать возможности Trimble Catalyst DA1. В ней рассматривается спутниковый цифровой приемник Catalyst DA1 от компании Trimble. Приведены технические характеристики данного приемника, рассмотрены приложения Trimble Mobile Manager и Trimble Penmap for Android, которые необходимы для работы с приемником. Кроме того, приведены минимальные технические требования для устройств, на которых могут функционировать эти программы. Рассмотрены подписки, по которым вносятся поправки в измерения (наблюдения). Проведены практические исследования с данной антенной, а также сравнения с эталонными

значениями. В качестве эталонной была принята тахеометрическая съемка с совмещением UniStrong G990. В конце работы сделаны краткие выводы относительно исследования данной цифровой антенны Trimble Catalyst DA1.

**Перминов А.Ю., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Методика численной оценки влияния ошибок многолучёвости на результаты спутникового позиционирования»**

Переотражения навигационных радиосигналов могут вносить существенный вклад в ошибки позиционирования по глобальным навигационным спутниковым системам (ГНСС). Данное явление также известно как эффект многолучёвости. Ошибки, вызванные данным эффектом, можно отнести к особой категории ошибок, так как они не могут быть полностью исключены при использовании относительного метода позиционирования и зависят от уникальной геометрии объектов, находящихся вблизи принимающей антенны. В докладе предложена методика, позволяющая численно определить ошибки многолучёвости, используя специальный экспериментальный стенд, формулы, полученные путём преобразования уравнений псевдодалности и некоторых обоснованных допущений. Представленная методика рассмотрена на примере конкретной измерительной системы: совокупности аппаратного и программного обеспечения приёмника ГНСС.

**Горяинов И.В., Московский государственный университет геодезии и картографии, Аверьянов С.В., ГКУ МО «Центр Земельно-Имущественного Комплекса Московской области»**

**«Развитие карты поправок для оптимизация спутниковых наблюдений»**

Большинство современных работ в сфере инженерно-геодезических изысканий и земельно-кадастровых работ выполняются спутниковым оборудованием. На рынке существует большое количество операторов



референцных базовых станций, незначительно отличающихся зоной покрытия и стоимостью предоставляемых услуг. Современные способы спутниковых измерений позволяют достигать точности в режиме RTK-измерений в районе 3-5 см относительно базовой станции. Координаты самой же базовой станции определены относительно ближайших пунктов ГГС. Однако исторически ГГС развивалась на основе триангуляционных построений методами современной геодезии, априори не обладавшей точностью современных измерений. Это рождает парадокс: высокоточные спутниковые измерения должны опираться на геодезическую сеть, наблюдения в которой выполнялись не менее 50-70 лет назад. Из-за этого происходит загробление точности спутниковых измерений, что приводит к значительным проблемам при выполнении работ на больших территориях, при проведении инженерно-геодезических и кадастровых работ.

Наиболее логичным вариантом на данный момент является взаимная увязка всех существующих базовых станций, с точностью взаимного положения в районе 1-2 см. Необходимо выработать стратегию постепенного перехода от использования пунктов ГГС к системе референцных базовых станций. Переходным моментом для этой цели должны стать карты поправок, позволяющие равномерно распределять погрешности от существующей ГГС на большую территорию. Подобный подход позволит избежать нестыковки границ и равномерно распределять исторические ошибки ГГС. Желательно сделать такую карту поправок интерактивной и общедоступной и внедрить в алгоритмы работы референцных базовых станций. Имеющийся производственный опыт показывает преимущество подобного подхода при реализации различных геодезических работ на большой территории.

**Чистякова Е.А., ФГБУ Центр геодезии, картографии и ИПД**

**«Предварительный анализ локальных особенностей временных вариаций силы тяжести на пункте TSNI#110b в Москве»**

Сегодня перед геодезистами всех стран стоит задача по созданию единой общеземной системы координат. Реальное гравитационное поле неоднородно.

Сила тяжести принимает различные значения в каждой точке земной поверхности. Кроме того, сила тяжести изменяется во времени. Для перехода от действительных значений к математическим моделям необходимо знать значение силы тяжести в конкретной точке в конкретный момент времени, а также параметры этого перехода. С этой целью на пунктах постоянно действующих GNSS-станций необходимо знать абсолютное значение силы тяжести и ее временные вариации.

С 2014 года в Центре геодезии, картографии и ИПД ведется мониторинг временных вариаций силы тяжести современным приливным гравиметром. Доклад посвящен результатам предварительного анализа локальных особенностей временных вариаций силы тяжести на пункте TSNI#110b. Получены параметры локальной модели земных приливов с точностью 0,2 мкГал. Выполнен предварительный анализ неприливных вариаций силы тяжести, приведена оценка точности учета атмосферного воздействия на значения силы тяжести. Сделан вывод о том, что модель учета влияния атмосферного воздействия нуждается в локальном уточнении.

**Матвеев А.С., АО «ПРИН», Баранов В.Н., Государственный университет по землеустройству**

#### **«Методика уточнения местных гравиметрических аномалий высоты»**

Для спутникового нивелирования требуется знание аномалии высоты с точностью не ниже точности геометрического нивелирования. Для вычисления аномалии высоты на пунктах применяют косвенную интерполяцию разностей астрономо-геодезических и гравиметрических аномалий высоты. В работе описана методика вычисления местной гравиметрической аномалии высоты как суммы детерминированной и случайной частей. Детерминированная часть определяется формулой Стокса с использованием интерполяционных коэффициентов, а случайная часть - методом Аронова В.И. Приведены точностные возможности и особенности метода точечных масс. Выполнены экспериментальные расчёты на локальной

области. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения описанной в работе методики уточнения локальной аномалии высоты для косвенной интерполяции. Точность вычисленной аномалии высоты удовлетворяет требованиям нивелирования II класса.

**Павлов С.М., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Анализ результатов статического позиционирования в режиме PPP по сигналам ГЛОНАСС, GPS, BDS, GALILEO для одного сеанса наблюдений»**

При решении инженерно-геодезических задач всё чаще начинают использоваться наблюдения от всех глобальных навигационных спутниковых систем. Кроме того, активно используются новые методы обработки статических и кинематических измерений, выполненных по сигналам ГНСС. Одним из таких является метод высокоточного спутникового позиционирования PPP (Precise Point Positioning) - один из самых перспективных методов на сегодняшний день. Для его работы используются высокоточные эфемериды, поправки часов и ионосферной сетки, полученные из различных источников. В данной работе выполнена обработка пункта наблюдений с применением метода PPP по каждой из существующих спутниковых группировок ГЛОНАСС, GPS, BDS, GALILEO и выполнен анализ результатов.

**Перминов А.Ю., Тихонов В.С., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Методика исполнительных съемок с применением технологии лазерного сканирования для обратного проектирования структурно-сложных архитектурных элементов»**

В настоящее время из-за стремительно растущих темпов застройки и увеличения количества уникальных по своей форме и конструкции

сооружений появилась потребность в оперативном получении пространственных данных, которые в полном объеме могут передать информацию об исследуемом объекте.

Современные геодезические приборы, а именно, наземные лазерные сканеры, дают возможность получать данные, по полноте и точности, не сравнимые с возможностями ни одного из известных геодезических методов съемки. Благодаря своей универсальности и высокой степени автоматизации процессов измерений лазерный сканер является не просто геодезическим прибором, а инструментом оперативного решения широкого круга прикладных инженерных задач.

Еще никогда геодезия не была так тесно связана с широким спектром человеческой деятельности. Способность за короткое время получать полную и точную информацию об объекте позволяет использовать данный метод в таких сферах как архитектура и строительство; археология; криминалистика; медицина; кинематограф и другие области человеческой деятельности. где интерпретация пространственных параметров объектов позволяет оптимально решать поставленные задачи.

В данном докладе будет рассмотрена возможность применения геодезических сканирующих систем в архитектуре для целей обратного проектирования, конечный продукт которого позволяет задокументировать, и в дальнейшем, при необходимости воссоздать такие уникальные объекты, как памятники культурного и исторического наследия.

**Леве Д.Е., Куприянов А.О., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Принцип совместного позиционирования удалённых объектов по результатам измерений в режимах подвижная база и кинематика»**

Современные методы высокоточного координатного обеспечения геодезических работ, если районы работ сильно удалены от опорных станций из-за особенностей рельефа или типа работ, затруднено в силу ограничений по

числовому значению расстояния между антенной базовой станции и антенной ровера при относительном кинематическом позиционировании. Возникает потребность в создании методов, методик или технологий, которые позволят обойти ограничения по удалённости при сохранении точностей в значениях тех же порядков. В докладе представлен принцип обеспечения позиционирования при использовании комбинации двух режимов позиционирования. Рассматриваются практические аспекты применения указанной комбинации методов исходя из условий работы и варианты практического применения. Приводятся результаты, полученные при первичных испытаниях способа, и анализ полученный результатов.

**Кузнецов Д.А., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Методика определения приращения силы тяжести по синхронным наблюдениям ИНС и ГНСС систем»**

Инерциальные навигационные системы (ИНС) уже давно применяются для широкого спектра инженерно-геодезических задач. При совместной работе с глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС) особенности методики определения пространственного положения в ИНС-системах позволяют использовать их и для решения задачи определения приращения силы тяжести. Методика инерциальной гравиметрии с применением ИНС и ГНСС аппаратуры обладает уникальными преимуществами, среди которых высокое пространственное разрешение полученных данных и производительность полевых работ. Однако имеются и некоторые недостатки, и в первую очередь это относительно невысокая точность определения приращений силы тяжести (относительно классических методов).

В докладе представлена методика вычисления приращения силы тяжести по синхронным наблюдениям ИНС и ГНСС систем на подвижном

основании. Приводятся первые практические результаты испытаний методики на практике.

**Кравчук И.М., Ключин Е.Б., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Теоретические аспекты фазовых методов измерений при использовании навигационных систем»**

Будут рассмотрены теоретические вопросы, присущие современным алгоритмам обработки результатов спутниковых измерений. На примере простейшей радионавигационной системы МПЩ (Мандельштам, Папалекси, Щёголев), разработанной в СССР в 1936 году, докладчик покажет, что основным недостатком существующих алгоритмов заключается в том, что не использована математическая запись одновременности регистрации фазовых циклов, причем все сторонние авторы без исключения на словах отмечают важность этих действий. Доказано, что операция разрешения неоднозначности не является теоретически оправданным действием. При этом рекомендуется регистрировать длительность сеанса измерений, что может служить дополнительным источником информации. На основании выполненных исследований записан простой, единый и строгий алгоритм вычисления координат определяемых пунктов по результатам регистрации фазовых циклов при использовании радионавигационной системы в режиме фазового зонда.

**Рябов Д.А., Курченко Л.А., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Сравнительный анализ точности способов определения геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам»**

Предложены формулы оценки точности геодезических высот и широт по пространственным прямоугольным координатам. Анализ показал, что точность определения высот и широт не всегда зависит от точности

вычисления широты. Точность вычисления высот зависит от точности определения пространственных координат (при условии их равнозначности).

Целью исследований является сравнительный анализ точности формул вычисления геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам.

Из числа формул вычисления геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам, часто встречаемых в геодезической литературе, были рассмотрены три способа вычисления геодезической высоты.

Расчеты были выполнены для формул геодезической высоты северных широт ( $i = 90^\circ$ ).

Результаты эксперимента показали, что:

Геодезическая высота  $H$  по формуле (3) может быть вычислена с заданной точностью ( $\leq 0,003\text{м}$ ) по вышеприведенным формулам геодезической широты (10), (11). Формула Боуринга (10) при вычислении её с двойной точностью позволяет определить геодезическую высоту ( $\leq 0,003\text{м}$ ) по формуле (5) на широтах от  $0^\circ$  до  $89,9^\circ$ , кроме широты  $90^\circ$ , так как  $\cos 90^\circ$  равен нулю и вычисляется радиус кривизны первого вертикала, а не геодезическая высота.

Приведенные расчеты показывают, что определение геодезической высоты - это сложная научно-техническая задача, требующая тщательного учета точности всех источников погрешностей. Следовательно, при оценке точности формул необходимо использовать не только теорию ошибок наблюдения, но и эмпирический метод.

**Максимова М.В., Сухарев-Крылов И.А., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Прямые и обратные преобразования между эллипсоидальными и пространственными прямоугольными координатами с использованием системы интеллектуальной обработки данных»**

В настоящее время на территориях городов в Российской Федерации существует множество геодезических систем координат. Необходимость преобразований координат и установления параметров перехода возникает при решении многих задач. В данном докладе будут приведены основные способы прямых и обратных преобразований между пространственными прямоугольными и геодезическими координатами, выполнен анализ прямых и итеративных способов вычислений, а также показано решение данных задач с использованием системы интеллектуальной обработки данных.

**Фялковский А.Л., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Использование сигнала геостационарного спутника L-band для исследования диаграммы направленности ГНСС-антенны»**

Одной из основных характеристик антенны спутникового приёмника является диаграмма направленности - зависимость напряженности поля, создаваемого антенной, от углов наблюдения в пространстве. В идеале она должна представлять собой полусферу, приём сигнала ниже уровня горизонта должен отсутствовать, а вблизи горизонта может быть понижен, чтоб уменьшить влияние многолучёвости. Горизонтальная проекция диаграммы направленности должна представлять собой круг и не иметь минимумов или максимумов.

Теоретически оценить однородность диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости можно по сигналу одного отдельно взятого навигационного спутника. Для этого надо в течение короткого времени поворачивать антенну вокруг своей оси и непрерывно измерять уровень сигнала/шума для сигнала навигационного спутника.

Но навигационный спутник непрерывно смещается по азимуту и возвышению, а значит соотношение сигнал/шум само по себе постоянно изменяется, а также постоянно изменяется ситуация с многолучёвостью. Эти



факторы заставляют выполнять тест максимально быстро и в любом случае ставят результат под сомнение.

Для того чтобы избежать проблем, вызванных движением спутника, для оценки неоднородности диаграммы направленности можно использовать геостационарный спутник L-band, который транслирует поправки для метода Precise Point Positioning. Главное его преимущество - спутник всегда находится в одной точке небесной сферы. Потенциал сигнала такого спутника всегда постоянен, многолучёвость тоже постоянна.

В выполненном исследовании оценена неоднородность диаграммы направленности различных антенн спутниковых приёмников, результаты представлены на графиках.

**Гасанов Ахмед Сархад оглы, Управление Геофизики И Геологии Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики  
«Разработка проекта по геодезическому обеспечению геолого-разведочных работ на азербайджанском секторе Каспийского моря современными методами координирования»**

Работы по исследованию акватории азербайджанского сектора на Каспийском море повсеместно расширяются и требуют непрерывного и точного навигационно-геодезического обеспечения. В рамках решения поставленных задач по исследованию и выявлению новых месторождений в Азербайджанском секторе Каспийского моря регулярно выполняется множество комплексных работ, в том числе геолого-геофизические работы в соответствии с современными требованиями к их точности координирования.

В статье рассматривается роль и разработка проекта по геодезическому обеспечению сейсморазведочных работ в экономическом секторе АР на Каспийском море.

Широко освещена особенность использования последовательных и синхронных измерений для координирования точек сейсмических наблюдений с помощью современного спутникового и гидроакустического

оборудования. Изложены особенности применения интегрированной навигационной системы «Gator-2», гидроакустических систем в комбинированных версиях. Отмечена значимость системы управления режима онлайн в процессе сбора, обработки и интерпретации измеренных спутниковых и гидроакустических измерений.

**Ипатов И.Е., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Применение информационных технологий при геодезических изысканиях для целей реконструкции зданий»**

Объектом исследования данной работы являются информационные технологии, используемые при геодезических изысканиях для целей реконструкции зданий.

Предметом исследования является их применение в прикладной геодезии.

В связи с развитием современных геодезических технологий были существенно расширены рамки решения задач таких направлений, как картография и геодезия. Увеличились такие показатели, как скорость, мобильность и точность работ. С течением времени совершенствуются техника и технологии топографического производства. Условия проведения топографической съемки обуславливают необходимость выбора методов ее проведения с учетом требований заказчика и технического задания, а также экономических и других факторов, влияющих на результат.

**Писарев В.С., Сибирский государственный университет геосистем и технологий**

**«Методика создания 3-х мерной модели карьера по добыче щебня»**

В статье описаны общие принципы фотограмметрии, описана методика аэрофотосъемочных работ при создании 3-х мерной модели на примере карьера по добыче щебня, расположенного в г. Новосибирске.

**Алтынцев М.А, Карпик П.А., Сибирский государственный университет  
геосистем и технологий**

**«Создание метрической имитационной модели «Цифрового двойника»  
методом наземного сканирования»**

В настоящее время в связи со стремительным развитием средств измерений и вычислительной техники стало возможным переносить сложные технологические производственные процессы, выполняемые в рамках функционирования наблюдаемого физического объекта, в компьютерную среду. Перенесенный в данную среду реальный объект получил название «цифровой двойник». Цифровой двойник полностью копирует как физическую форму реального объекта, так и его поведение. Формирование двойника выполняется в процессе имитационного моделирования, когда в компьютерной среде возможно выполнять испытания реальных объектов, оптимизацию производственного оборудования и предсказывать аварийные ситуации.

Основой создания метрической имитационной модели цифрового двойника является технология наземного лазерного сканирования. Создание цифровых двойников методов наземного лазерного сканирования является непрерывным процессом, так как любое производственное предприятие развивается, подвергается изменениям. В процессе строительства новых объектов на предприятии и модернизации уже существующих требуется повторно выполнять процесс лазерного сканирования и по его результатам вносить изменения в общую модель всего предприятия.

В апреле 2020 года было выполнено наземное лазерное сканирование частично разрушенного производственного помещения, склада, с помощью сканера Leica ScanStation 2. Первоначальной задачей сканирования стало создание информационной модели помещения с максимально возможной точностью. Для достижения максимальной точности результата наземного лазерного сканирования и возможности вносить изменения при повторном

сканировании необходимо всегда выполнять создание съемочного обоснования с применением марок. Производственное помещение было просматриваемым внутри практически с любой точки, поэтому марки располагались на боковых стенах и колоннах по центру. Данные лазерного сканирования были автоматически уравнены в программном обеспечении (ПО) Leica Cyclone по координатам марок, размещаемых в зонах взаимного перекрытия между сканами.

Результаты уравнивания импортировались в ПО Autodesk Revit для построения трехмерной информационной модели помещения. Особенностью моделирования помещения являлось то, что каждый фрагмент модели обладал уникальными свойствами, необходимыми для формирования цифрового двойника: характеристика фрагмента (стена, потолок, колонна, балка, дверной проем, окна), его материал, геометрические размеры и т. д.

Созданная в итоге информационная трехмерная модель, которая в процессе ремонта производственного помещения и повторного сканирования будет дополняться, полностью описывает состояние реального объекта со всеми его характеристиками.

**Куликовский Д.Р., Баранов В.Н., Государственный университет по землеустройству**

**«Исследование высокоточного нивелирования, а также повышение точности для специальных инженерно-технических задач»**

В статье описаны метрологические исследования системы (цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка). Предложено провести исследование влияния горизонтального поворота вокруг своей оси кодовой рейки на точность взятия отсчета, влияния угла наклона рейки на точность определения отсчета, диапазона видимости рейки в зависимости от расстояния до рейки. Также анонсировано перспективное использование деформационных кодовых марок.

При выполнении геодезического монтажа уникального оборудования или проведении высокоточного мониторинга высотных деформаций в

труднодоступных помещениях (узкие и низкие коридоры в ускорителях, паттерны в ГЭС) использование стандартных нивелирных реек затруднительно или не представляется возможным. Положение рейки в пространстве при проведении наблюдения иногда очень далеко от совершенства.

Для повышения точности стоит провести следующие метрологические исследования:

- 1) Исследование влияния горизонтального поворота вокруг своей оси кодовой рейки на точность снятия отсчета.
- 2) Исследование влияния угла наклона рейки на точность определения отсчета.
- 3) Исследование условий работы в труднодоступных местах и помещениях, где применение обычных штрих-кодовых реек затруднительно.

Для геодезических наблюдений и мониторинга оборудования следует рассмотреть разработку и применение специальных деформационных кодовых марок.

Для решения вышеперечисленных задач предлагается рассмотреть создание и применение штрих-кодовых деформационных марок.

**Заблоцкий В.Р., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Программирование на языке С++ для студентов геодезистов и картографов: решение обратной геодезической засечки по способу Кнейссля»**

Разработана учебная программа для студентов-картографов и геодезистов, изучающих основы программирования на языке С++. Программа вычисляет плоские прямоугольные координаты искомого пункта с помощью обратной геодезической засечки. Входными данными для программы являются координаты трех исходных пунктов, а также два угла, измеренные на искомом пункте в направлениях от начального исходного пункта до двух

других исходных. Для решения задачи Потенота используется способ Кнейссля. В результате расчета программа выводит на экран значения X, Y-координат искомого пункта - абсциссу и ординату. Разработанная программа иллюстрирует вычисление плоских прямоугольных координат искомого пункта с помощью обратной угловой засечки по формулам Кнейссля на основе применения технологии процедурного программирования.

**Билак К., Тюменский индустриальный университет**

**«Исследование точности трассоискателя при поиске подземных коммуникаций»**

Развитие городских территорий подразумевает рост количества сооружений и зданий с подключением всех необходимых коммуникаций, в связи с чем эксплуатация и обслуживание существующих подземных коммуникаций затрудняется строительством новых. Данные, полученные в результате съемки, используют для составления топографических и исполнительных планов, для графической части проектной, градостроительной документации, что в свою очередь требует обеспечения высокой точности, так как данный материал является основой для выполнения нового строительства, либо при капитальном ремонте.

Цель исследования заключалась в установлении точности определения положения подземной коммуникации с помощью трассоискателя Leica DIGICAT 550i в соответствии регламентом СП 47.13330.2016. Приведен полевой эксперимент по установлению точности определения положения подземной коммуникации. Представлена технология определения планового положения подземных коммуникаций с применением трассоискателя Leica DIGICAT 550i и генератора Leica DIGITEX 100t.

В итоге точность определения трассоискателем глубины залегания составила 10% при допуске 15%. Из этого следует вывод, что исследуемый инструмент позволяет определять высотное положение подземных коммуникаций с требуемой точностью. В полевом эксперименте данный

параметр не получилось исследовать, так как в районе проведения измерений отсутствуют открытые коммуникации.

Средняя точность определения планового положения из трех серий составила 60,5 мм, что удовлетворяет допуску 0,7 мм при масштабе 1:200 и мельче. Следовательно, трассоискатель Leica DIGICAT 550i и генератор Leica DIGITEX 100t могут использоваться при поиске подземных коммуникаций.

## **Ожиганов М.Н., Московский государственный университет геодезии и картографии**

### **«Анализ съемки кривых методом RTK и классической съемки»**

Сравнительный анализ результатов съемки кривых методом RTK с результатами классической съемки (как эталонной), с дальнейшим выводом - можно ли пользоваться RTK, при выполнении данного вида работы, и при каких условиях.

## **Ради Рами Рияд, Московский государственный университет геодезии и картографии**

### **«Деформация мостовых переходов»**

Мостовые переходы - это главная инфраструктура, которая соединяет две части дорог между собой, если есть между ними река или ущелье и т. д. Для того, чтобы наблюдать за деформациями инфраструктуры, необходимо иметь при себе инженерные схемы моста, топографический план местности, сейсмические показатели местности, грунт и другое. Мостовые переходы всех видов подвержены горизонтальным или вертикальным деформациям, вызванными несколькими факторами, включая вид почвы, над которым расположены эти инфраструктуры, и их гомогенность и неравномерное распределение нагрузки строительных блоков или даже изменения физических характеристик фундамента со временем. Можно разделить виды этих деформаций на две категории: первое - это время строительства, когда нагрузка на землю (фундамент) постепенно вырастает и может привести к

посадкам, которые можно заметить и оценить исходя из первоначальных основных геотехнических исследований таких параметров как сопротивление почвы и другие физические свойства. Второе - это деформации, которые фиксируются после окончания строительства моста. В основном их причина - это изменения физических характеристик почвы со временем из-за изменения климата или даже изменения влажности почвы под фундаментом. Также можно дифференцировать виды деформаций моста на два типа в зависимости от их природы: во-первых, это однородная посадка фундамента под всем зданием, что часто не наносит вреда в разумных ограничениях в одних объектах и отрицательно влияет на инвестирование других, но не влияет на целостность объекта в целом. Во-вторых, это дифференциальное падение между строительными блоками конструкции, которое часто сопровождается горизонтальными сдвигами, что является наихудшим типом, и это напрямую влияет на безопасность объекта и его последующие инвестиции. Следовательно, учитывая, что дорожные мосты представляют собой крупные и важные сооружения на всех уровнях, «социальные, экономические и даже военные», и учитывая, что их местоположение связано с географической природой, часто с путями дорог и их пересечением друг с другом или с природными элементами, такими как реки и долины, изучение их деформаций было очень важным, тем более, что любое вертикальное или горизонтальное смещение может отрицательно повлиять на поток трафика на нем, если оно не приводит к критическим ситуациям, в которых невозможно уже использовать этот мост.

**Рябов Д.А., Московский государственный университет геодезии и картографии**

**«Разработка алгоритма преобразований координат из WGS-84 в ГСК-2011 для решения задач прикладной геодезии»**

Проблема совершенствования координатной основы РФ является актуальной, и различным аспектам ее решения посвящено множество



исследований. Важным шагом в этом направлении является введение с 1 января 2017 г. на территории Российской Федерации новой государственной геодезической системы координат 2011 г. (ГСК-2011). В связи с вводом в действие новой отечественной системы геодезических координат возникает необходимость иметь надёжный и точный способ пересчёта координат из системы WGS-84 в координаты системы ГСК-2011. В работе обоснован и подробно описан алгоритм такого преобразования.