

УДК 528. 441.21

UDC 528. 441.21

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки)

05.13.10 – Management in social and economic systems (technical sciences)

**РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

**RESULTS OF A COMPARATIVE ANALYSIS OF ORBITAL GROUPINGS OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS**

Солодунов Александр Александрович  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры геодезии  
Web of Science ResearcherID S-8667-2018  
Scopus Author ID: 57212199000  
РИНЦ SPIN-код: 7147-3704  
2602555@mail.ru  
*Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Solodunov Alexander Alexandrovich  
Candidate of Technical Sciences, docent of the  
Department of Geodesy  
Web of Science ResearcherID S-8667-2018  
Scopus Author ID: 57212199000  
RSCI SPIN-code: 7147-3704  
2602555@mail.ru  
*Kuban State Agrarian University named after I.T.  
Trubilin, Krasnodar, Russia*

Смоляков Дмитрий Сергеевич  
старший преподаватель кафедры геодезии  
РИНЦ SPIN-код: 7486-4983  
smoljkov\_d\_s\_205gd@mail.ru  
*Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Smolyakov Dmitry Sergeevich  
Senior Lecturer of the Department of Geodesy  
RSCI SPIN-code: 7486-4983  
smoljkov\_d\_s\_205gd@mail.ru  
*Kuban State Agrarian University named after I.T.  
Trubilin, Krasnodar, Russia*

Разгоняев Сергей Васильевич  
ассистент кафедры геодезии  
razgonjev\_s\_v\_205gd@mail.ru  
*Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Razgonyaev Sergey Vasilyevich  
assistant of the Department of Geodesy  
razgonjev\_s\_v\_205gd@mail.ru  
*Kuban State Agrarian University named after I.T.  
Trubilin, Krasnodar, Russia*

Ерж Ангелина Сергеевна  
студент землеустроительного факультета  
angelinaerzh0703@gmail.com  
*Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Yerzh Angelina Sergeevna  
student of the Faculty of Land Management  
angelinaerzh0703@gmail.com  
*Kuban State Agrarian University named after I.T.  
Trubilin, Krasnodar, Russia*

Совместно с общепринятыми методами уже достаточно давно используют спутниковую навигационную технологию для определения местоположения объектов и ориентирования на местности. Спутниковая технология помогает определить точные координаты, а также производить геодезические работы в любой точке Земли при любых обстоятельствах, что позволяет облегчить и ускорить получение более достоверных данных, в отличие от классического способа

Together with generally accepted methods, satellite navigation technology has been used for quite a long time to determine the location of objects and orientation on the terrain. Satellite technology helps to determine the exact coordinates, as well as to perform geodetic work anywhere on Earth under any circumstances, which makes it easier and faster to obtain more reliable data, unlike the classical method

Ключевые слова: СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ, ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ, ГЛОНАСС, GPS

Keywords: SATELLITE METHODS, GEODETIC SURVEY, ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS, GLONASS, GPS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-183-027>

В настоящее время в мире все чаще применяются Глобальные навигационные спутниковые (ГНСС) такие как ГЛОНАСС, GPS, Galileo,

<http://ej.kubagro.ru/2022/09/pdf/27.pdf>

которые эксплуатируются не только в научных целях, но и в повседневной жизни людей [1]. Иначе говоря, глобальные навигационные системы – это системы, включающие в себя искусственные спутники Земли, которые передают пользователям (станциям слежения, людям, центрам вычисления положения в пространстве и времени) данные о местоположении того или иного объекта. Каждый спутник находится на своей орбите, движение которой регулярно проходит мониторинг.

Существует два метода определения координат:

1. Метод пространственных засечек. Спутники выполняют функцию опорных пунктов, координаты которых всегда известны или их можно просчитать. Расстояние вычисляют по задержке времени радиосигнала, исходящего от спутника. Приемники потребителей работают по часам, регулируемым атомными часами спутника. Точность измерений при данном методе составляет несколько метров.

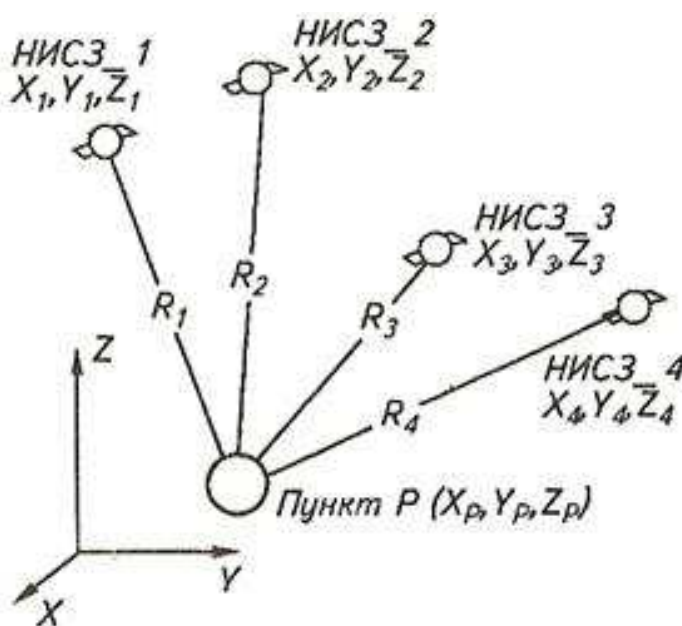


Рисунок 1 – Метод пространственных засечек

2. Относительный метод. В геодезических, кадастровых и маркшейдерских работах, где требуется высокая точность, применяется дифференциальная методика. В этом методе используется опорный

приемник, который вносит дифференциальные поправки.

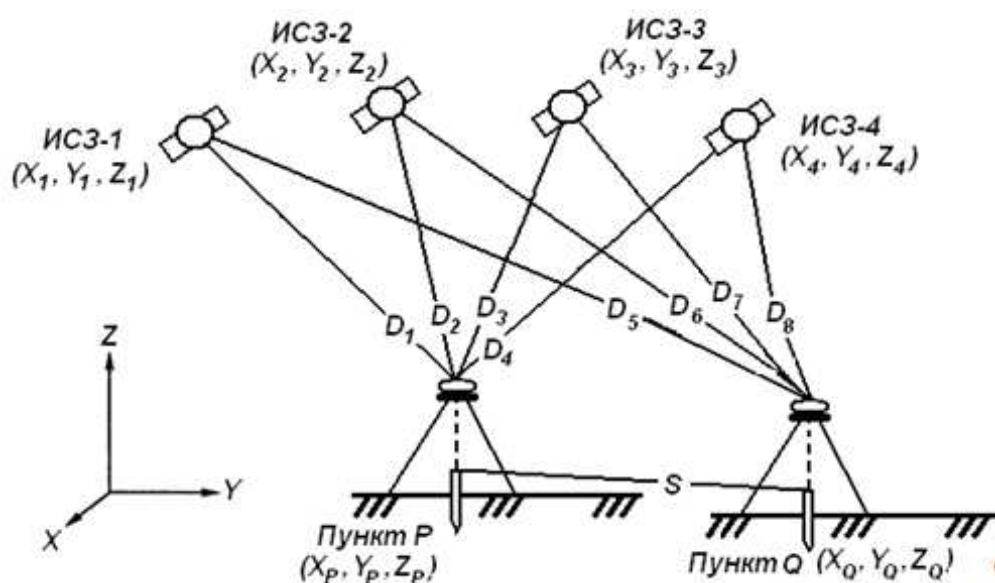


Рисунок 2 – Относительный метод определения координат

Специальные алгоритмы позволяют повысить точность до сантиметров и даже миллиметров. Измерения имеют возможность (могут, могут быть) осуществляться (осуществлены) в двух режимах:

- с обработкой накопленных спутниковых данных;
- в режиме онлайн, когда дифференциальные поправки передаются от базового приемника до перемещаемого по линии связи (интернет, сотовая связь, радио). Расстояние от опорного направления может составлять десятки, сотни, а так же и тысячи километров.

Современный мир невозможно представить без новейших технологий [13]. Даже бытовые вопросы решаются намного легче, чем несколько десятилетий назад. Так, например, вместо карт и атласов в нашу жизнь вошли навигаторы. Многие страны, чтобы не отставать от развития технологий создают свои навигационные спутниковые системы. А именно в России – ГЛОНАСС, в США – GPS, в Китае – Beidou, в Европе – Galileo. Приведем сравнительную таблицу данных систем по характеристикам.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика ГНСС различных стран

Параметры	ГЛОНАСС	GPS	Beidou	Galileo
Годы использования	1982-2022	1978-2022	2000-2022	2011-2022
Срок использования	5 лет	7 лет	12-15 лет	12 лет
Масса, кг	935	1415	4600	675
Число спутников	24	31	55	30
Число запусков	141	72	59	28
Число орбитальных плоскостей	3	6	3	3
Число спутников в орбите	24	32	40	23
Тип орбиты	средневысокая круговая	средневысокая	средневысокая геостационарная	средневысокая
Высота орбиты, км	19100	22180	21500	23222
Наклонение орбиты, град	64,8 град	55 град	55 град	56 град
Период обращения	11ч 15мин 44с	11ч 56мин 9с	23ч 56мин 4с	14ч 4мин 42с
Частоты используемых радиосигналов	L1: 1602+k0,5625 L2:1246+k0,4375	L1:1575.42 L2:1227.60	B11: 1561.098 B31: 1268.52	E1:1575.420 E6:1278.750
Космодром	Байконур, Казахстан	Мыс Карнавал, США	Сичан, Китай	Куру, Гвианна
Точность определения высот и координат	3-6 м	1-2 м	2,5-5 м	3,6 м
Система координат	ПЗ-90	WGS-84	CGCS2000	GTRF
Система времени	UTC(Russia)	UTC(USNO)	UTC(BDT)	UTC(GST)

Изучив таблицу, мы можем понять, что каждая навигационная система имеет свои особенности и для своей страны является достижением науки. Спутники имеют, несомненно, большое значение, однако важны еще и приемники. Это радиоприемное устройство, позволяющее

улавливать сигналы, получать данные определения местоположения антенны приемника от спутников ГНСС [2].

Радиоприемные устройства можно классифицировать на:

1. Профессиональные – применяются в военных целях, картографии и геодезии.

2. Бытовые – используются в различных сферах жизни.

Особенностями профессиональных приемников являются специальные программные обеспечения, а также качество изготовленных элементов (антенн).

Эти приемники подразделяют на:

1. Геодезические приемники, которые направлены на более точное определение координат и имеют большое значение в кадастровых и землеустроительных работах.

2. Приемники ГИС-класса, являющиеся специализированным вариантом КПК (карманный персональный компьютер), со встроенной антенной и передающим устройством.

Бытовые приемники делят на следующие группы:

1. Портативные устройства – предназначены для спорта, туризма, а также для передвижения на автомобиле. Имеется процессор, предназначенный для навигационных функций.

2. Встроенные как функциональный узел в другие устройства – в КПК, мобильный телефон, ноутбук. Оборудованы GNSS-чипсетами и навигационными приложениями.

3. GNSS-трекеры, GNSS-логгеры – применяются для мониторинга автомобилей, людей и других объектов. Служат для сбора, передачи и хранения информации, которая в дальнейшем может эксплуатироваться для различных целей.

Также приемники различают по виду применяемых сигналов:

1. Дискретные сигналы – это приемники телеграфии (амплитудные,

частотного и фазоразностного манипулирования) и импульсной модуляции (дельта модуляция, импульсно-кодовая модуляция);

2. Непрерывные сигналы различаются по виду модуляции – АМ, ЧМ, ФМ, приемники однополосных сигналов.

По диапазону частот делят: НЧ (низких частот) (30-300 кГц); СЧ (средних частот) (от 300-3000кГц); ВЧ (высоких частот) (3-30 МГц); ОВЧ (особо высоких частот (30-300 МГц); УВЧ (ультравысоких частот) (300-3000 МГц); СВЧ (сверхвысоких частот) (3-30 ГГц).

По схеме построения тракта усиления сигналов до детектора бывают приемники прямого усиления и супергетеродинные приемники с однократным, двукратным и многократным преобразованием частоты.

По количеству принимаемых частот геодезические GPS/ГНСС устройства выделяют одночастотные, двухчастотные, многочастотные. От общего объема работы и ее сложности зависят частоты.



Рисунок 3 – Различные виды приемников

Одночастотные приемники появились раньше всех других. С их помощью началось использование ГНСС-устройств в различных сферах и приложениях. Основная особенность приемников заключается в том, что они улавливают сигналы по коду или по фазе только на одной частоте L1. Для проведения кадастровых работ, геодезических изысканий чаще всего

применяют эти устройства, потому как их положительными качествами являются ценовая политика, компактность и легкость. Но также есть и минусы, например, зависимость длины базовой линии, долгая сходимоссть определения параметров при потере, возникновение ошибки из-за влияния ионосферы.

Известными одночастотными ГНСС-приемниками являются NovAtel OEMStar, являющиеся малоэнергопотребляемыми. К особенностям и преимуществам можно выделить: простота интеграции; компактность; уникальность технологии; функция контроля целостности данных. Также это высокотехнологичная плата для получения безошибочных координат при плохой погоде с помощью слежения двух спутниковых систем – GPS и ГЛОНАСС.

К известным одночастотным ГНСС-приемникам также можно отнести Ublox NEO-M8P series, новый навигационный приемник, который считается еще и компасом. Имеет отличительные особенности, например: высокую чувствительность; низкое потребление энергии; быстроту обновления информации. Далее, NVS NV08C-RTK является высокоточным, мультисистемным навигационным приемником, достоинствами которого является: сантиметровая точность навигации при использовании сигналов ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, GPS; компактность габаритов; высокая производительность; маленькое количество электропотребления.

Двухчастотные приёмники улавливают сигналы частот L1+L2. Данные ГНСС-устройства чаще всего используются в геодезических работах, а также для создания масштабных топографических съёмок. Особенностью двухчастотных приёмников, помимо специальных функций, является возможность производить работу на большом расстоянии от опорной станции.

Многочастотные ГНСС-устройства используются для приемов

сигналов многочастотного кода. К примеру, приемники SIGMA могут параллельно получать и обрабатывать сигналы по 216-ти каналам на частотах и частотных диапазонах, в то же время происходит поправка задержек сигналов ГЛОНАСС во всех частотных каналах.

Для приемников важна точность получения данных, но существует два источника ошибок. Первый заключается в отсутствии синхронизации времени между спутником и приемником. Раньше данная проблема решалась математическим вычислением погрешности задержки передачи сигналов от нескольких спутников. Поскольку эта информация сейчас несовременна, неактуальна, то поступление информации происходит через связь с базовой станцией. Вторым источником ошибки – время обработки сведений в приемнике. В обыкновенных ГНСС-устройствах точность составляет один процент бит-тайма, то есть десять наносекунд. Более современные приемники, используемые в военных целях, в геодезических работах выполняют определение, нахождение местонахождения с точностью до 300 мм. Но также имеются ошибки, которые зависят от погодных условий – облачность, от препятствий – здание, лес. Высокая точность для бытовых приемников составляет 3-5 метра.

В навигационной спутниковой системе важны не только приёмники, но и лазеры сканирования, благодаря которым происходит нахождение координат точек. С расширением сетей базовых станций GNSS привело к успешному использованию лазерных сканеров в геодезии, картографии. Лазеры обеспечивают изображениями объектов, конкретной территории, а также пространственными данными для формирования топографических планов, и все это можно получить экономически и более технологическим способом.

Лазерное сканирование – это высокоскоростная технология измерения поверхности земли с помощью лазерных сканеров, благодаря которым получают пространственные координаты точек. Эти приборы не



так давно начали применяться в геодезии, но они идеально годятся для таких работ из-за быстроты и точности [6]. Двумя основными частями лазерного сканера являются:

- безотражательный дальномер, который способен за минуту обработать до 50 тысяч точек на расстоянии до 50 метров и точностью 4-6 миллиметров.

- поворотное зеркало – изменяющее направление луча автоматически.

Благодаря области сканирования, которая может достигать по горизонтали до  $360^\circ$  (вокруг своей оси), по вертикали до  $270^\circ$  – геодезическую съемку осуществляют вокруг лазерного сканера и задействуют при этом минимальное количество приборов [7].

К основным особенностям лазерной системы сканирования относят: очень точные измерения; высокая скорость; мгновенная обработка данных; осуществимость геодезической съемки в опасных, труднодоступных местах; вероятность составления топографического плана [8]. Применяют систему в таких областях как: дорожная съемка; городской кадастр (планы улиц, площадей); строительство и реконструкция зданий; реставрация памятников, сооружений, зданий; съемка промышленных предприятий, которым необходима реконструкция (цеха, промышленные площадки); съемка ж/д станция и инфраструктуры; горная промышленность.

Лазерное сканирование подразделяют на три вида: мобильное; наземное; воздушное [4].

Более всего за несколько десятков лет наиболее актуальным и трендом рынка стал мобильный вид, который необходим при строительстве и проектировании объектов [5]. Первые модели были изобретены в 2000 годах, но стали использоваться только к 2018 году, к этому году они улучшили свои качества, такие как точность и скорость. Мобильное сканирование имеет свою отличительную черту, оно считается

наиболее высокоточным и владеет преимущественной детальностью, также перевыполняет объемы работ в отличии от наземной системы сканирования. Применяется такой вид в основном в съемках линейных объектов: автодороги, железные дороги, газо- и нефтепроводы, линии электропередач, мосты. Для более точных данных исследуемый объект проезжают 2-3 раза, поскольку помехи (проезжающий транспорт) могут помешать. Скорость выполнения этого вида способна доходить до 40-110 км/ч, а расстояние дальности до 1 км. При мобильном сканировании получают: профили, поперечники; распознанные облака точек; трехмерные модели объектов; развертки фасадов зданий и фасадов плана.

Также система мобильного сканирования может использоваться в решении следующих задач: создание паспорта автодороги; проведение инженерных изысканий под строительство дороги; построение дорожной сети; съемка развязок мостов, эстакад; мониторинг склонов, где возможны обвалы горных пород; мониторинг просадки грунтов на открытых карьерах в районах добычи полезных ископаемых; проектирование новых трубопроводов; мониторинг зарастания просек, определение охранных зон и кадастровый учет; распределение узлов линий электропередач и съемка подстанций; съемка тоннелей для оценки технического состояния.



Рисунок 4 – Мобильное лазерное сканирование

Наземная система сканирования совершается при помощи стационарных приборов, напоминающих тахеометры. Этот вид направлен на высокоточное измерение сложных форм объекта (зданий, сооружений, памятников). Работа данного сканирования происходит с расположением прибора с целью лучшего охвата элементов объекта, а также с наименьшим количеством теневых зон. При низкой густоте сканируемого объекта различными деталями можно исследовать 10-20 га территории за день, а при сильной 1 га в день будет означать прекрасным результатом. Существует два метода наземного сканирования: импульсный и фазовый.

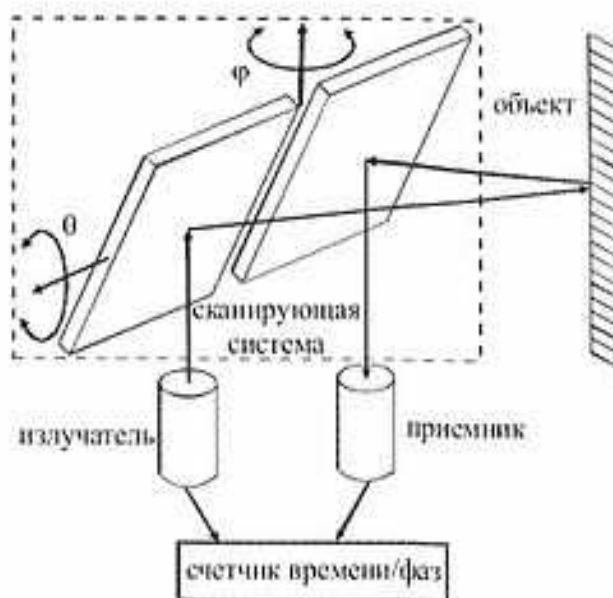


Рисунок 5 – Методы наземного сканирования

Импульсный метод заключается в измерения времени прохождения сигнала от передающего устройства до объекта получения и обратно. Но точность такого метода зависит от некоторых параметров, которые могут повлиять на фактическую точность получения данных [11]. К этим параметрам относят: длительность и форма импульса; оптические свойства атмосферы; отражательные характеристики объекты

Фазовый метод построен на нахождении разницы фаз посылаемых и

принимающих сигналов. Работа данного способа во многом зависит от температуры, из-за которой может меняться фаза сигналов. Самое важное достоинство – высокая точность, достигаемая до единиц миллиметров.

Наземное лазерное сканирование имеет такие преимущества как: высокая точность измерения; высокая степень детализации; неразрушающий метод приобретения данных; многофункциональное использование результатов сканирования; нахождение координат точек в полевых условиях; дистанционное определение информации в труднодоступных районах; выполнение работ в любое время суток (рисунок 6).



Рисунок 6 – Наземное лазерное сканирование

Результатом данного вида считается получение облака точек. Производство трехмерной модели, которая необходима в строительстве, проектировании, создание планов и 2D чертежей для контроля и планирования работ, информационное проектирование зданий – все это относится к результатам применения наземного лазерного сканирования [9].

Воздушное лазерное сканирование – это быстрое, точное, в некоторых случаях единственное применение сбора информации [3]. Этот вид создан получать данные: о рельефе суши, дна водоемов, наземных объектов природного и антропогенного происхождения. Работа зависит от

погодных условий необходимых для полета, от условий измерения сенсора, а также его корректировки траектории движения, от качества съемки [12]. Если все эти пункты будут соблюдены, то точность получения информации будет равна 30-40 см. Достоинством данного сканирования является неограниченность в воздушной съемки, а именно, теневые зоны не мешают, можно отснять протяженные объекты линии электропередачи дороги. К недостаткам можно отнести подорожание такой работы, в связи с увеличением технических мероприятий, трудовых затрат.

В настоящее время воздушное сканирование интенсивно применяют в: управление водным и лесным хозяйством; построение цифровых моделей местности; изучение природных и техногенных процессов; моделирование процесса развития города; создание топографических планов разных масштабов; строительство автомобильных, железных дорог.

Достоинствами технологии ВЛС являются: высота полета, что дает возможность снять недоступные объекты; быстрое получение результатов; поступление данных в цифровом виде; получение истинного рельефа (рисунок 7).

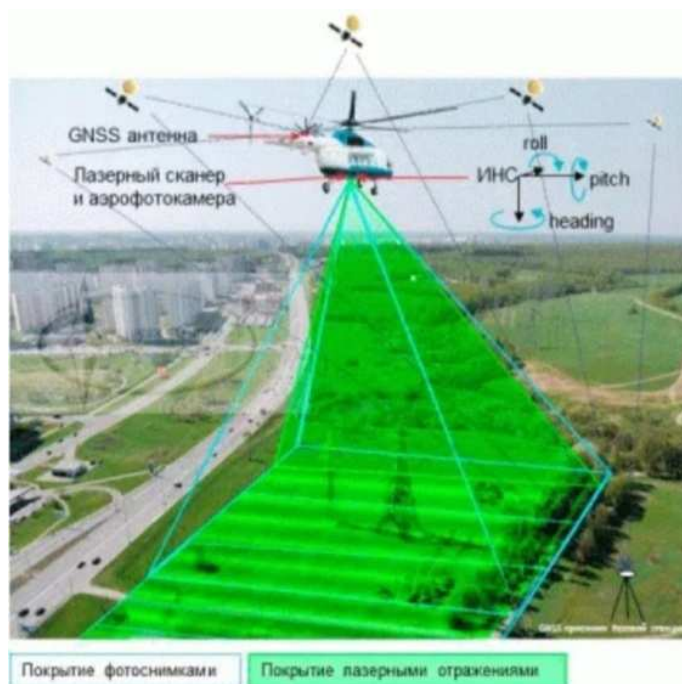


Рисунок 7 – Воздушное лазерное сканирование

В первую очередь спутниковая навигационная система сформировывалась для военных целей, но в настоящее время используется в повседневной жизни человека [10]. С помощью навигатора можно просмотреть маршрут от города к городу, узнать местоположение человека и т.д. ГЛОНАСС и GPS формировались для всемирного использования в военных целях, Beidou – для местных проблем, Galileo – для транспортной навигации. Но в связи с последними ситуациями в мире, GPS хотят отключить в России. Последствия будут чувствительны, но не особо критичны. Необходимо осознавать, что от GPS физически нельзя отключить какую либо страну. Также, невозможно вывести с орбит спутники, потому как они летают не по геостационарным орбитам, в противовес спутниковой связи, получается, что их положение сравнительно с планетой регулярно меняется. Спутники так запрограммированы, что пролетая над какой-то территорией страны не смогут просто взять и отключиться. GPS применяет два сигнала - высокой и стандартной точности, которыми могут пользоваться военные и гражданские лица. Первый предназначен только для американских военных и он является шифрованным, второй же доступен всем. Вследствие чего, в гражданский можно заносить намеренные ошибки, что приведёт к неточному определению координат. Были уже такие случаи, когда погрешность составляла 100 метров, а во время войны в Чечне, когда происходили запуски ракет GPS „ ошибался" на 1 км, поэтому он становится всё более бессмысленным для всех, кроме американских военных. Больше, конечно же, проблем будет у авиации, потому как Boeing и Airbus поддерживаются только GPS. GPS используется для проложения маршрута самолета и определения траектории его движения, а также для автопилота, который необходим для посадки в условиях низкой видимости. Однако решение и этой проблемы есть: за полетом авиасудна всегда следит диспетчер, а на ручное управление всегда можно перейти. Морские же суда

не столь зависимы от данной навигационной системы – главной является система определения местоположения с использованием радиолокационных и оптических технологий. По требованиям Российского морского регистра с 2002 года на морских судах обязательно должна быть поддержка ГЛОНАСС. Повседневная жизнь человека также останется неизменной, ведь ГЛОНАСС может заменить GPS без особых препятствий. Многие устройства автоматически настраиваются на работающую навигационную систему, за исключением некоторых компаний и устройств, которые появились 10 лет назад и более. Уже лет 10 все мобильные устройства обеспечивают GPS, Galileo, Beidou, ГЛОНАСС, так что «Яндекс. Карты» будут так же и продолжать работать, мы в их изменении ничего не заметим, потому как телефон вычисляет координаты по всем доступным данным. Также отключение GPS послужит увеличению погрешности в геодезических работах. Так как, на данный момент, с помощью GPS - приёмников мы можем получать данные местоположения с отклонением до метра, а вот с прекращением работы наземных станций, погрешность может увеличиться до десятков и сотен метров. К сожалению, полный переход на ГЛОНАСС может снизить точность определения местоположения, так как данная система не поддерживает двухчастотную навигацию.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы: отключить полностью Россию от GPS невозможно, но даже в гипотетической ситуации это не приведет к серьезным изменениям. Чтобы отнять способность использовать GPS в нашей стране, американской компании придётся выключить спутники, когда они курируют над нашей территорией, а эта задача слишком маловероятна и трудноисполнима. Даже если нам когда-то отключат американскую систему навигации, то у нас есть наша российская система, ГЛОНАСС. ГЛОНАСС - основа единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения

Российской Федерации. Он доступен для широкомасштабного применения, обеспечивает навигацию, а также остаётся системой двойного назначения.

### Литература:

1. Пшидаток, С. К. Тенденции развития современных геодезических приборов / С. К. Пшидаток, В. В. Подтелков, А. М. Коренец // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 5(130). – С. 1209-1212. – DOI 10.34925/EIP.2021.130.5.238. – EDN PRTOCD.
2. Пшидаток, С. К. Опыт применения спутниковой геодезической аппаратуры при проведении инженерно-геодезических изысканий / С. К. Пшидаток, А. А. Солодунов, Л. Д. Сарксян, А. А. Харатян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 177. – С. 247-257. – DOI 10.21515/1990-4665-177-014. – EDN VIJBNN.
3. Солодунов, А. А., Воздушное лазерное сканирование / Солодунов А. А., Сарксян Л. Д. // В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. 2019. С. 494-495.
4. Солодунов, А. А., Возможности применения лазерного сканирования / Лукьянова М. С., Солодунов А. А. // В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 118-123.
5. Солодунов, А. А., Особенности применения методов лазерного сканирования / Сарксян Л. Д., Солодунов А. А. // В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 123-127.
6. Analysis of algorithms for terrestrial recognition of woody vegetation using 3D-laser scanning technology / Dyachenko, R., Gura, D., Samarin, S., Bespyatchuk, D., Solodunov, A. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021, 867(1), 012166
7. Updating the algorithm for processing laser scanning data using linear objects as an example / Gura, D.A., Pavlyukova, A.P., Solodunov, A.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering this link is disabled, 2020, 913(4), 042041
8. Турк, Г. Г. Кадастровые работы в отношении объектов капитального строительства / Г. Г. Турк // Год науки и технологий 2021 : Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 277.
9. Шостак, А. Ю. Применение наземных лазерных сканеров в топографической съемке / А. Ю. Шостак, С. С. Струсь // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 273-276.
10. Шевченко, О. И. Применение спутниковых систем в сельском хозяйстве / О. И. Шевченко, С. С. Струсь // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хо-



зйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 270-273.

11. Соколов, Ю.Г. К вопросу оценки точности геодезических сетей из четырехугольника с измеренными сторонами / Ю. Г. Соколов, С. С. Струсь, С. К. Пшидаток, Н. Я. Губанова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 98. – С. 1588-1605.

12. Пшидаток, С.К. Инженерно-геодезические изыскания для целей подготовки проектной документации линейного объекта / С. К. Пшидаток, Г. Г. Турк, Л. Д. Сарксян, М. С. Лукьянова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 178. – С. 194-203. – DOI 10.21515/1990-4665-178-015. – EDN RDBDIN.

13. Смоляков, Д. С. Спутниковые измерения в инженерно-геодезических работах / Д. С. Смоляков // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 279-281. – EDN GZZCWX.

### References:

1. Pshidatok, S. K. Tendencii razvitija sovremennyh geodezicheskikh priborov / S. K. Pshidatok, V. V. Podtelkov, A. M. Korenec // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2021. – № 5(130). – S. 1209-1212. – DOI 10.34925/EIP.2021.130.5.238. – EDN PRTOCD.

2. Pshidatok, S. K. Opyt primeneniya sputnikovoj geodezicheskoy apparatury pri provedenii inzhenerno-geodezicheskikh izyskanij / S. K. Pshidatok, A. A. Solodunov, L. D. Sarksjan, A. A. Haratjan // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 177. – S. 247-257. – DOI 10.21515/1990-4665-177-014. – EDN VIJBNN.

3. Solodunov, A. A., Vozdushnoe lazernoe skanirovanie /Solodunov A. A., Sarksjan L. D.// V knige: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik tezisov po materialam Vserossijskoj (nacional'noj) konferencii. Otvetstvennyj za vypusk A. G. Koshhaev. 2019. S. 494-495.

4. Solodunov, A. A., Vozmozhnosti primeneniya lazernogo skanirovanija /Luk'janova M. S., Solodunov A. A.// V sbornike: Studencheskie nauchnye raboty zemleustroitel'nogo fakul'teta. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2020. S.118-123.

5. Solodunov, A. A., Osobennosti primeneniya metodov lazernogo skanirovanija /Sarksjan L. D., Solodunov A. A.// V sbornike: Studencheskie nauchnye raboty zemleustroitel'nogo fakul'teta. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2020. S. 123-127.

6. Analysis of algorithms for terrestrial recognition of woody vegetation using 3D-laser scanning technology /Dyachenko, R., Gura, D., Samarin, S., Bespyatchuk, D., Solodunov, A.// IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled, 2021, 867(1), 012166

7. Updating the algorithm for processing laser scanning data using linear objects as an example/ Gura, D.A., Pavlyukova, A.P., Solodunov, A.A.// IOP Conference Series: Materials Science and Engineeringthis link is disabled, 2020, 913(4), 042041

8. Turk, G. G. Kadastrovyje raboty v otnoshenii ob#ektov kapital'nogo stroitel'stva / G. G. Turk // God nauki i tehnologij 2021 : Sbornik tezisov po materialam Vserossijskoj

nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnodar, 09–12 fevralja 2021 goda / Otv. za vypusk A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – S. 277.

9. Shostak, A. Ju. Primenenie nazemnyh lazernyh skanerov v topograficheskoy s#emke / A. Ju. Shostak, S. S. Strus' // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statej po materialam 71-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2015 god, Krasnodar, 12 aprelja 2016 goda / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF; FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina». – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 273-276.

10. Shevchenko, O. I. Primenenie sputnikovyh sistem v sel'skom hozjajstve / O. I. Shevchenko, S. S. Strus' // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statej po materialam 71-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2015 god, Krasnodar, 12 aprelja 2016 goda / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF; FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina». – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 270-273.

11. Sokolov, Ju.G. K voprosu ocenki tochnosti geodezicheskikh setej iz chetyrehugol'nika s izmerennymi storonami / Ju. G. Sokolov, S. S. Strus', S. K. Pshidatok, N. Ja. Gubanova // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 98. – S. 1588-1605.

12. Pshidatok, S.K. Inzhenerno-geodezicheskie izyskanija dlja celej podgotovki proektnoj dokumentacii linejnogo ob#ekta / S. K. Pshidatok, G. G. Turk, L. D. Sarksjan, M. S. Luk'janova // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 178. – S. 194-203. – DOI 10.21515/1990-4665-178-015. – EDN RDBDIN.

13. Smoljakov, D. S. Sputnikovye izmerenija v inzhenerno-geodezicheskikh rabotah / D. S. Smoljakov // Itogi nauchno-issledovatel'skoj raboty za 2021 god : Materialy Jubilejnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 100-letiju Kubanskogo GAU, Krasnodar, 06 aprelja 2022 goda / Otv. za vypusk A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2022. – S. 279-281. – EDN GZZCWX.