



Distr.
LIMITED
A/CONF.184/BP/4
27 May 1998
RUSSIAN
Original: ENGLISH

**ТРЕТЬЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ
ЦЕЛЯХ**

**СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ**

Справочный документ 4

Полный перечень справочных документов

1. Земля и ее космическая среда
2. Прогнозирование, предупреждение и смягчение последствий стихийных бедствий
3. Рациональное использование ресурсов Земли
4. Спутниковые системы навигации и определения местоположения
5. Космическая связь и прикладные разработки
6. Фундаментальная космическая наука и микрогравитология и связанные с ними выгоды
7. Коммерческие аспекты исследования космоса, включая побочные выгоды
8. Информационные системы для исследований и прикладных разработок
9. Программы мини-спутников
10. Образование и подготовка кадров в области космической науки и техники
11. Экономические и социальные выгоды
12. Содействие развитию международного сотрудничества

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Страница</u>
ПРЕДИСЛОВИЕ		3
РЕЗЮМЕ		4
I. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ	1-3	5
II. ОБЗОР СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ	4-36	5
A. Глобальная система определения местоположения	4-21	5
B. Дифференциальная глобальная система определения местоположения	22-25	7
C. Глобальная навигационная спутниковая система	26-32	8
D. Европейская геостационарная дополнительная навигационная служба	33-36	9
III. СМЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ	37-55	10
A. Поисково-спасательная система	37-41	10
B. ARGOS	42-47	11
C. DORIS	48-50	11
D. Спутниковая лазерная телеметрия	51-55	12
IV. ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ	56-97	13
A. Применение в авиации	57-58	13
B. Применение на море	59-60	13
C. Применение в автомобилизме	61-64	13
D. Применения в картографии, геодезии и топографической съемке (слежение по фазе несущего сигнала)	65-70	14
E. Применение в науках о Земле	71-73	15
F. Применение в метеорологии и климатологии	74-77	16
G. Зондирование атмосферы	78-80	16
H. Сельское хозяйство	81-83	17
I. Применение в области хранирования и связи	84-91	17
J. Использование Глобальной системы определения местоположения в космической технике	92-95	18
K. Разведка полезных ископаемых	96	19
L. Общественная безопасность	97	19
V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ВЫГОДЫ	98-104	19
A. Потребности	98	19
B. Развитие международного сотрудничества	99-101	20
C. Проблемы и задачи	102-104	20

ПРЕДИСЛОВИЕ

Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций в своей резолюции 52/56 постановила созвать третью Конференцию Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-III) в Отделении Организации Объединенных Наций в Вене 19-30 июля 1999 года в качестве специальной сессии Комитета по использованию космического пространства в мирных целях, открытой для всех государств - членов Организации Объединенных Наций.

Основные задачи ЮНИСПЕЙС-III будут состоять в следующем:

- a) содействие использованию эффективных средств применения космической техники для оказания помощи в решении проблем регионального и глобального масштаба;
- b) укрепление потенциала государств-членов, особенно развивающихся стран, в области использования прикладных результатов космических исследований для экономического и культурного развития.

К числу других целей ЮНИСПЕЙС-III относятся следующие:

- a) предоставление развивающимся странам возможностей для определения их потребностей в области применения космической техники в целях развития;
- b) рассмотрение путей ускорения процесса внедрения космической техники государствами-членами в целях содействия устойчивому развитию;
- c) рассмотрение различных вопросов, касающихся образования, подготовки кадров и технической помощи в области космической науки и техники;
- d) обеспечение важного форума для критической оценки космической деятельности и повышения осведомленности населения о выгодах космической техники;
- e) укрепление международного сотрудничества в области разработки и использования космической техники, а также ее прикладного применения.

В качестве одного из направлений деятельности по подготовке ЮНИСПЕЙС-III Управление по вопросам космического пространства Секретариата подготовило ряд справочных документов, с тем чтобы предоставить государствам-членам, участвующим в Конференции, а также региональным подготовительным совещаниям информацию о последних достижениях и тенденциях в области использования связанной с космосом техники. Эти документы были подготовлены на основе материалов, предоставленных международными организациями, космическими агентствами и экспертами из различных стран мира. В результате было издано 12 вспомогательных справочных документов, которые следует читать вместе.

Государствам-членам, международным организациям и предприятиям космической промышленности, планирующим принять участие в работе ЮНИСПЕЙС-III, следует учитывать содержание настоящего документа, в частности, при определении состава своей делегации и при подготовке своих материалов для Конференции.

При подготовке настоящего документа были использованы материалы, предоставленные следующими организациями: Международной организацией гражданской авиации, Всемирной метеорологической организацией, Европейским космическим агентством, Международной организацией подвижной спутниковой связи, Министерством по космосу правительства Индии, Индийской организацией космических исследований и Российским космическим агентством.

Выражается глубокая признательность М.Дж. Райкрофту (Международный космический университет, Страсбург, Франция, и Кэмбриджский университет, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии) за помощь в техническом редактировании справочных документов 1-10.

РЕЗЮМЕ

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) представляет собой космическую радиосистему местоопределения, которая состоит из одной или нескольких спутниковых группировок, при необходимости дополняемых для выполнения намеченных задач, и круглосуточно обеспечивает информацию о пространственном положении, скорости и времени для располагающих соответствующей аппаратурой пользователей в любой точке на или вблизи поверхности Земли (а порой и за ее пределами). В спутниковых навигационных системах выделяются два основных элемента: Глобальная система определения местоположения (GPS), эксплуатируемая Соединенными Штатами Америки, и Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), эксплуатируемая Российской Федерацией.

В спутниковой навигации спутники используются в качестве ориентиров для расчета местоположения объектов с точностью до нескольких метров, а перспективные методы спутниковой навигации обеспечивают измерения с точностью до нескольких сантиметров.

Системы спутниковой навигации и определения местоположения, основными преимуществами которых являются экономичность и высокое качество услуг, используются прежде всего, но не только, в сфере транспорта. В связи с постоянным развитием техники регулярно возникают новые виды их применения в самых различных областях. Перспективы применения систем спутниковой навигации поистине безграничны.

Разработка портативных ГНСС-приемников всего лишь на нескольких интегральных схемах позволила значительно снизилась их стоимость и сделать эту технологию доступной практически каждому. Сфера применения технологии ГНСС вышла далеко за рамки первоначально поставленных задач. В настоящее время ГНСС пользуются ученые, спортсмены, фермеры, военные, летчики, геодезисты, путешественники, водители-экспедиторы, моряки, диспетчеры, лесорубы, пожарные и представители многих других профессий, что делает их работу более продуктивной и безопасной и порой даже облегчает ее. Аппаратура GPS устанавливается на автомобилях, судах и самолетах, строительных машинах, киносъёмочном оборудовании, сельскохозяйственной технике и даже в портативных компьютерах. В ближайшем будущем использование спутниковой навигации получит всеобщее распространение.

Мировой рынок ГНСС-приемников развивается быстрыми темпами; ожидается, что его годовой оборот, который в настоящее время приближается к 2 млрд. долл. США, к 2000 году достигнет 8 млрд. долларов США. Рынок коммерческих услуг, даже по осторожным оценкам, достигнет того же объема, что и рынок приемных устройств.

Как GPS, так и ГЛОНАСС были созданы для решения военных задач и остаются под контролем военных ведомств Соединенных Штатов и Российской Федерации. Вместе с тем этими двумя военными спутниковыми навигационными системами предлагается бесплатно пользоваться и гражданским пользователям. В настоящее время ни одна из систем не отвечает требованиям всех категорий пользователей, в частности гражданской авиации, при этом обе нуждаются в укреплении потенциала путем расширения систем; уже началась подготовительная работа к созданию системы следующего поколения.

Для создания будущей глобальной спутниковой навигационной системы в настоящее время могут использоваться существующие системы, при этом, прежде чем будет развернута какая-либо система нового типа, предстоит еще решить целый ряд политических, институциональных, правовых и экономических проблем.

I. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. Радионавигация зародилась в 20-х годах. В первых системах просто использовалась способность радиоприемника с рамочной антенной определять направление принимаемых радиосигналов и курсовой угол по отношению к передатчику. Позднее в нескольких радионавигационных системах использовались наземные передатчики, посылавшие модулированные сигналы, характеризующие направление передачи. Другие радиосистемы позволяли определять направление и/или расстояние от навигационного оборудования до стационарного передатчика.
2. Существуют также навигационные системы дальнего действия, которые измеряют разность времени между принимаемыми сигналами от пар синхронно работающих передатчиков, расположенных в разных местах, или разность фаз между передачей незатухающих колебаний парами передатчиков.
3. Наземные радионавигационные передатчики работают в широком диапазоне частот. Низкочастотные радиоволны трудно модулировать, и их использование сопряжено с ошибками вследствие ионосферных и погодных возмущений. Высокочастотные радиосигналы применимы лишь в пределах видимости, что требует наличия множества наземных передающих точек при том, что их невозможно разместить на море. Поэтому идеальным местом для установки навигационных радиопередатчиков являются спутники, а их группировки, размещенные на соответствующих орбитах, способны охватить навигационными сигналами всю Землю. Для определения местоположения спутники впервые были использованы в системе ТРАНЗИТ.

II. ОБЗОР СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

A. Глобальная система определения местоположения

4. Глобальная система определения местоположения (GPS) является наиболее широко известным названием спутниковых навигационных систем; однако это лишь один из нескольких элементов Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). В спутниковой навигации спутники используются в качестве ориентиров для расчета местоположения с точностью до нескольких метров. Применение современных методов и усовершенствований в спутниковой навигации позволяет производить измерения с точностью до нескольких сантиметров.
5. Разработка портативных ГНСС-приемников всего лишь на нескольких интегральных схемах позволила значительно снизить их стоимость и сделать эту технологию доступной практически каждому. В настоящее время аппаратура GPS устанавливается на автомобилях, судах и самолетах, строительных машинах, киносъёмочном оборудовании, сельскохозяйственной технике и даже в портативных компьютерах. В ближайшем будущем использование GPS получит всеобщее распространение.
6. Система спутниковой навигации представляет собой развернутую в космосе радиосистему местоопределения, которая состоит из одной или нескольких спутниковых группировок, при необходимости дополняемых для выполнения намеченных задач, и круглосуточно обеспечивает информацию о пространственном положении, скорости и времени для располагающих соответствующей аппаратурой пользователей в любой точке на или вблизи поверхности Земли (а порой и за ее пределами). Спутниковая система навигации предоставляет пользователям достаточно точную и целостную информацию для решения важнейших прикладных навигационных задач. Система GPS - первый основной элемент спутниковой навигационной системы, которая является широкодоступной для гражданских пользователей. Другим многоспутниковым элементом ГНСС является аналогично функционирующая российская спутниковая навигационная система ГЛОНАСС.
7. Ожидается, что эти системы позволят кардинально повысить эффективность применения многих других систем, оказывающих влияние на жизнь каждого человека. Благодаря сочетанию ГНСС с современными и перспективными методами компьютерной картографии будет усовершенствован процесс выявления и рационального использования природных ресурсов. Интеллектуальные системы навигации

и определения местоположения транспортных средств дадут возможность водителям легковых и грузовых автомобилей избегать пробок на дорогах и находить более удобные маршруты к местам назначения, что позволит добиться значительной экономии на топливе и снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Повысится безопасность судоходства и самолетовождения при всех погодных условиях. Компании со множеством предприятий на местах (например, железные дороги и коммунальные службы) смогут более эффективно управлять своими ресурсами, что приведет к снижению расходов для потребителей.

8. Еще одной областью, в которой расширяются масштабы применения GPS, является точная картография и геодезия. Компании, осуществляющие съемку и картирование, широко используют технологию GPS. Что касается охраны фауны, то на представителях видов, находящихся под угрозой исчезновения, закрепляются миниатюрные передатчики GPS, которые помогают определить характер распределения популяций и возможные источники заболеваний.

9. С помощью установленной на шарах-зондах аппаратуры GPS осуществляется мониторинг дыр в озоновом слое над полярными регионами, а с помощью ГНСС-приемников ведутся наблюдения за качеством воздуха. С радиобуев через ГНСС передаются данные о крупных разливах нефти. Этой системой пользуются археологи и геологоразведчики. Перспективы применения ГНСС поистине безграничны. По мере развития техники будут возникать новые виды ее применения. В связи с продолжающимся снижением стоимости ГНСС-приемников все больше предпринимателей будут открывать новые области применения этой системы.

10. Спутниковая навигационная система GPS была создана и эксплуатируется Министерством обороны Соединенных Штатов Америки. GPS позволяет пользователям на суше, море и в воздухе определять их пространственное положение, скорость и время. Военные и гражданские пользователи могут пользоваться этой системой круглосуточно при любой погоде и в любой точке планеты.

11. GPS использует спутники серии NAVSTAR (навигационный спутник для определения дальномерно-временных параметров). В настоящее время группировка этих спутников состоит из 21 функционального и трех активных резервных спутников, а система GPS является полностью развернутой. Спутники находятся на орбитах высотой 20 200 км с периодом обращения приблизительно 12 часов. Орбитальная группировка размещена в шести орбитальных плоскостях, каждая из которых по отношению к плоскости экватора расположена под углом приблизительно 55 градусов. Такое расположение обеспечивает нахождение над горизонтом в любой момент времени не менее четырех (и до 12) спутников для одновременного проведения измерений.

12. Поэтому GPS-приемники способны моментально решать четыре уравнения, определяя широту, долготу, высоту (по отношению к среднему уровню моря) и время. GPS служит не только для определения местоположения, но и, вероятно, является лучшей из имеющихся систем хронирования. Установленные на спутниках атомные часы стабилизируют передаваемые сигналы. Эти сигналы позволяют пользователям определять время с точностью до 0,1 микросекунды.

13. В основе работы GPS лежат весьма логичные операции; каждый из находящихся на орбите спутников посылает на Землю непрерывный радиосигнал, который принимается GPS-приемником с целью определения расстояний по времени прохождения радиосигналов. Наличие высокоточных устройств хронирования на каждом из спутников позволяет измерять время прохождения сигнала с очень высокой степенью точности, при этом поправки к результату учитывают любые задержки в прохождении сигнала через ионосферу и атмосферу.

14. В посылаемом со спутников GPS сигнале содержится информация, позволяющая идентифицировать спутник, а также данные о положении, дальномерно-временные характеристики, данные о состоянии спутника и обновленная эфемерида (параметры орбиты). Спутники идентифицируются либо по номеру космического аппарата, либо по псевдослучайному коду.

15. Спутники GPS используют частоты двух L-диапазонов: 1,57542 ГГц (L1) и 1,22760 ГГц (L2). На несущей частоте сигнала L1 с помощью методов модуляции кодируется последовательность, включающая два кода: код точного местоположения (Р-код) и код грубого местоположения (С/А-код). На несущей частоте сигнала L2 шифруется лишь Р-код, предназначенный для военных и уполномоченных гражданских пользователей. Большинство имеющихся на коммерческом рынке GPS-приемников использует сигнал L1 и С/А-код.

16. С помощью портативного приемника спутниковых сигналов пользователи Р-кода моментально определяют свое геоцентричное положение с точностью до 5 метров. Шифрование Р-кодов военными специалистами производится путем изменений основополагающей математической формулы и лишь уполномоченные пользователи знают, в чем заключается это изменение. Следовательно, гражданские пользователи не могут непосредственно наблюдать Р-коды.

17. С/А-коды повторяются каждую миллисекунду и доступны каждому пользователю. Эти коды также используются для местоположения, но с точностью лишь 20-30 метров. Военные специалисты добавили в систему еще один элемент - избирательную возможность использования. Он предусматривает как искусственную флуктуацию тактового сигнала, так и манипуляции с навигационными данными, что в целом ведет к снижению точности местоположения пользователей единичными GPS-приемниками до 100-150 метров. Это является официально разрешенной политикой.

18. В настоящее время GPS полностью финансируется и эксплуатируется военным ведомством, но при этом многие технологические разработки в области определения местоположения с помощью GPS осуществляются гражданским сектором. Гражданские пользователи, как правило, стремятся добиться наибольшей точности в определении местоположения. Некоторые методы предусматривают одновременное совместное наблюдение спутников GPS двумя станциями, что обеспечивает почти невероятно низкую погрешность измерений порядка 1 см на расстоянии 10 000 километров. Такая точность представляет интерес прежде всего для научных исследований, например, для изучения деформации земной коры и движения тектонических плит.

19. Во многих случаях весьма полезным является применение статической технологии GPS с использованием стационарных приемников, при этом не менее эффективным является также применение кинематической технологии GPS, когда один или оба приемника находятся в движении. Возможности применения кинематического точного определения местоположения являются безграничными.

20. Сегмент управления GPS состоит из глобальной системы станций слежения и мониторинга. Станции мониторинга измеряют сигналы, поступающие со спутников GPS, и передают собранную информацию на главную станцию управления. На основе этих данных главная станция управления рассчитывает точные модели орбит для всей группировки GPS. Затем информация форматируется в обновленные навигационные сообщения для каждого спутника.

21. Пользовательский сегмент состоит из GPS-приемников, процессоров и антенн, используемых для определения местоположения и расчета времени. Приемник пользователя измеряет время задержки принятого сигнала. Зная расстояние до четырех точек (спутников) в космосе, GPS-приемник способен методом триангуляции определить пространственное положение объекта (широта, долгота и высота).

В. Дифференциальная глобальная система определения местоположения

22. Чтобы еще более повысить точность GPS, была создана Дифференциальная глобальная система определения местоположения (DGPS), которая представляет собой GPS с дополнительным корректирующим сигналом. Для расчета и коррекции систематической ошибки DGPS использует расположенную в известной точке опорную станцию. Опорная станция производит расчет поправок для каждого спутникового сигнала и передает их на удаленный GPS-приемник. Затем удаленный приемник применяет эти поправки в отношении каждого используемого спутника для расчета собственного местоположения.

23. Применительно к подвижным объектам DGPS позволяет проводить измерения с точностью до двух метров, а применительно к стационарным объектам - еще более точно. Благодаря такому повышению степени точности кардинально меняется значение GPS как ресурса. GPS становится не просто системой, обслуживающей корабли и самолеты во всех точках мира, а универсальной измерительной системой, способной определять местоположение объектов с очень высокой степенью точности.

24. Работающая в реальном масштабе времени дифференциальная GPS использует базовую станцию, которая расположена над известной контрольной точкой, для постоянного расчета разницы между ее известным положением и ежесекундно сообщаемым положением. Затем она посылает эти поправочные данные на радиопередатчик, который передает их на существующей частоте радиовещательного диапазона. Помимо GPS-приемника пользователю необходимо иметь второй радиоприемник для приема радиопередачи дифференциальных данных, что позволит корректировать зарегистрированную позицию с учетом позиции, зарегистрированной одной или двумя секундами ранее. С учетом того, что ошибки в этой системе, или "ровере" (полевой приемник), характеризуются не просто хаотичностью, а "затухают" по диаграммам направленности, системы могут предоставлять данные о местоположении в реальном масштабе времени с требуемой точностью порядка 2-3 метров.

25. Использование в GPS фазы несущей частоты является вторым методом определения местоположения, который обеспечивает точность порядка нескольких сантиметров и используется исключительно в области аэрофотосъемки и геодезии для создания необходимых для съемки точных опознавательных знаков и геодезических контрольных точек. Эта система прослеживает и регистрирует передаваемые со спутников радиосигналы с длиной волны 19 см, что соответствует несущей частоте L1. По сравнению с использующими коды GPS-приемниками приемники в этой системе являются гораздо более сложными и дорогостоящими. Один приемник размещается над известным геодезическим опознавательным знаком, а второй - в том месте, где необходима новая контрольная точка или опознавательный знак. Эта технология активно внедряется в процесс проведения съемок с сантиметровой точностью в целях решения разнообразных практических и научных задач, связанных, в частности, с фотограмметрией, аэрогеодезическими съемками и даже с измерением микросдвигов литосферных плит или лавовых куполов.

С. Глобальная навигационная спутниковая система

26. Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) имеет много общего с GPS в том, что касается спутниковой группировки, орбит и структуры сигнала. Обе системы передают сигналы в рассеянном спектре на двух частотах L-диапазона (1,2 ГГц и 1,6 ГГц), при этом обе взяли на себя обязательство бесплатно предоставлять часть набора сигналов гражданским пользователям по крайней мере в течение следующих десяти лет. Спутники ГЛОНАСС размещены в трех орбитальных плоскостях. Спутники GPS передают сигналы на одной несущей частоте с использованием ортогональных кодов; спутники ГЛОНАСС передают сигналы с одним кодом, но на разных частотах.

27. В отличие от GPS ГЛОНАСС не осуществляет преднамеренного ухудшения сигнала для гражданских пользователей. Различия в степени точности определения местоположения с помощью GPS и ГЛОНАСС связаны прежде всего с таким преднамеренным ухудшением GPS-сигналов, именуемым избирательной возможностью использования. ГЛОНАСС, как и GPS, предлагает услуги двух уровней. Канал стандартной точности, доступной для всех гражданских пользователей, обеспечивает определение местоположения по горизонтали с точностью 60 метров и по вертикали - с точностью 75 метров. Канал высокой точности доступен лишь уполномоченным пользователям.

28. ГЛОНАСС все еще находится в стадии создания. В январе 1996 года система впервые располагала полной спутниковой группировкой в составе 24 штатных спутников. В тот же год на рынке стали появляться новые ГЛОНАСС-приемники. Однако в период 1996 и 1997 годов не было запущено ни одного спутника и по состоянию на начало 1998 года в группировке насчитывалось 13 действующих спутников.

29. Эксплуатация спутниковой группировки ГЛОНАСС осуществляется с помощью наземного комплекса управления. В него входит центр управления системой (ЦУС) и несколько станций управления

и слежения (СУС), размещенных по всей территории Российской Федерации. СУС сопровождают находящиеся в зоне видимости спутники ГЛОНАСС и накапливают поступающие со спутников дальномерные и телеметрические данные. Затем эта информация обрабатывается в ЦУС для определения состояния спутниковых часов и орбит и корректировки навигационных данных каждого спутника. Эта скорректированная информация передается на спутники через СУС, которые используются также для передачи управляющих данных.

30. Использование дополнительно сигналов действующей системы ГЛОНАСС может принести пользователям GPS значительные выгоды. Главная из них была бы связана с устойчивостью объединенной системы в том плане, что небольшие нарушения в работе либо GPS, либо ГЛОНАСС вряд ли будут иметь серьезные последствия для любого конкретного пользователя. Это связано с увеличением числа спутников, находящихся в поле видимости. Даже если, по скромным оценкам, каждая из этих двух систем будет располагать группировкой в составе 21 спутника, для всех пользователей будет обеспечено нахождение в поле видимости минимум 8 спутников под углом возвышения более 7,5 градуса; для 99 процентов пользователей в мире будет обеспечено нахождение 10 спутников в поле видимости; а половина пользователей будет наблюдать 14 или более спутников.

31. Эксплуатация системы ГЛОНАСС снимет у нынешних пользователей GPS серьезную обеспокоенность тем, что единственная система по техническим или политическим причинам может перестать функционировать. Поскольку эти две системы передают на разных частотах, повышается защищенность от преднамеренных или случайных помех в радиочастотном диапазоне. Еще одним фактором повышения такой помехоустойчивости является использование различных частот для передачи сигналов ГЛОНАСС. Фактор устойчивости имеет важное значение для использования системы в любой обычной деятельности, особенно если она может быть связана с вопросами безопасности. Степень устойчивости может характеризоваться целостностью оценок положения, непрерывностью и доступностью услуг ГНСС при возможных нарушениях в работе системы.

32. Чтобы ГНСС полнее удовлетворяла требованиям важных практических задач, связанных с вопросами безопасности, в настоящее время разрабатываются различные спутниковые и наземные средства ее усиления. Один из путей усиления охвата крупных территорий состоит в использовании спутников, например на геостационарной орбите, для передачи пользователям дифференциальных поправочных и/или целостных данных. Такого рода усиление системы обеспечивают Европейская геостационарная дополнительная навигационная служба (EGNOS) (Европейский союз), Широкомасштабная усиливающая система (WAAS) (Соединенные Штаты) и MSAS (Япония).

D. Европейская геостационарная дополнительная навигационная служба

33. Принимая во внимание средства, инвестируемые различными пользователями, и необходимость совершенствования пользования навигационными сигналами, Европа решила вначале применять ГНСС на основе регионального расширения GPS и ГЛОНАСС и параллельно начать подготовительную работу по созданию системы следующего поколения.

34. Европейский вклад в ГНСС, именуемый Европейской геостационарной дополнительной навигационной службой (EGNOS), основан на использовании навигационного оборудования на геостационарных спутниках, два из которых ("Инмарсат-3" и "Артемис") принадлежат Европейскому космическому агентству. Система EGNOS будет удовлетворять, в частности, требованиям гражданской аэронавигации на всех этапах полета от следования по трассе до точного захода на посадку и точной посадки.

35. На спутниках "Инмарсат-3" установлены навигационные приемопередатчики для получения навигационных сигналов с наземных станций систем GPS и ГЛОНАСС, которые затем передаются пользователям. В навигационный пакет будут входить четыре различных вида услуг: i) контроль целостности; ii) дополнительное применение геостационарных спутников для определения дальности; iii) предоставление дифференциальных поправок на широкой территории; iv) эталон точного времени.

Международная организация подвижной спутниковой связи (Инмарсат) планирует, что будущие поколения ее спутников будут иметь аналогичные, но улучшенные навигационные характеристики.

36. Предполагается, что второе поколение ГНСС будет находиться под гражданским контролем, будет приспособлено к удовлетворению долговременных потребностей различных гражданских пользователей и будет иметь улучшенные навигационные характеристики, сохраняя при этом обратную совместимость с GPS/ГЛОНАСС. С технической точки зрения, второе поколение ГНСС обеспечит значительное улучшение качества услуг гражданским пользователям. Система должна быть разработана таким образом, чтобы удовлетворять потребности гражданских пользователей в период 2005-2020 годов, при этом ожидается, что потребуются большая надежность, точность и доступность. Будущая ГНСС должна будет учитывать потребности всех транспортных средств - сухопутных, железнодорожных, морских и воздушных, а также потребности космических систем. Весьма вероятно, что она будет располагать более широкими возможностями для передачи информации и будет выполнять дополнительные коммуникационные функции, которые понадобятся для применения телематики (системы сводок и прогнозов о движении на дорогах и системы управления парком транспортных средств) и автоматического зависимого слежения в целях управления воздушным движением. Для ГНСС-2 возможны несколько вариантов систем: группировка спутников на низкой или средней околоземной орбите с дополнительным компонентом на геостационарной орбите или без такого компонента. ГНСС может быть внедрена в качестве дополнительного средства навигации в 2005-2010 годах, а затем в 2010-2015 годах эксплуатироваться в качестве основного средства на всех этапах полета. С институциональной точки зрения, ГНСС могла бы создаваться совместно несколькими или всеми основными партнерами (в частности, Соединенными Штатами и Российской Федерацией) или самостоятельно Европейским союзом либо на региональной, либо на глобальной основе.

III. СМЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ

А. Поисково-спасательная система

37. Международная спутниковая система поиска и спасения (КОСПАС-САРСАТ) состоит из группировки спутников на полярной орбите и сети наземных приемных станций, которые передают сигнал бедствия и информацию о местоположении соответствующим спасательным органам, призванным оказывать помощь терпящим бедствие на море, в воздухе и на суше.

38. Система КОСПАС-САРСАТ передает сигнал бедствия и данные о местоположении в координационные спасательные центры, на радиомаяки на частоте 121,5 МГц в зоне действия наземных станций КОСПАС-САРСАТ (терминалы местных пользователей) и на радиомаяки, работающие на частоте 406 МГц, которые могут быть задействованы в любой точке мира. Добиться полного охвата Земли, включая полярные районы, позволяет применение простых аварийных радиомаяков для передачи сигналов бедствия.

39. Существуют три типа радиомаяков: авиационные аварийные приводные передатчики, морские радиомаяки-указатели места бедствия и персональные приводные радиомаяки. Радиомаяки передают сигналы, которые улавливаются соответствующими приемниками на спутниках КОСПАС-САРСАТ, находящихся на полярной орбите. Сигналы передаются на локальные пользовательские терминалы КОСПАС-САРСАТ, которые после обработки сигналов определяют местонахождение радиомаяка. Затем сигналы бедствия вместе с данными о местоположении через Центр управления полетами (ЦУП) передаются либо в другой ЦУП, либо в соответствующую поисково-спасательную службу или спасательный координационный центр.

40. Для определения местоположения этих весьма простых устройств используется доплеровский эффект, учитывающий относительное движение спутника и радиомаяка. В период нахождения радиомаяка и спутника в поле взаимной видимости передаваемый радиомаяком на несущей частоте сигнал является достаточно устойчивым. В настоящее время в авиации аварийной частотой связи является частота 121,5 МГц, которая выделена также аварийным маякам, а также используются частоты

в диапазоне 406,0-406,1 МГц, который зарезервирован исключительно для аварийных радиомаяков, действующих со спутниковыми системами.

41. За период с 1982 года эта система использовалась в ходе более чем 2 000 поисково-спасательных операций, и благодаря ей в различных регионах мира было спасено более 7 000 жизней. В дополнение к существующей системе спутников на полярной орбите в настоящее время рассматривается возможность использования для поисково-спасательных операций в рамках КОСПАС-САРСАТ спутников на геостационарной орбите (ГЕОСАР). В последние годы участники КОСПАС-САРСАТ проводили эксперименты с установкой на геостационарные спутники аппаратуры, работающей на частоте 406 МГц, в сочетании с использованием экспериментальных наземных станций. Эти эксперименты продемонстрировали возможность почти немедленной передачи сигналов о бедствии с опознаванием объекта на частоте 406 МГц. В рамках КОСПАС-САРСАТ разработан план демонстрационных испытаний и оценки ГЕОСАР.

B. ARGOS

42. Спутниковая система определения местоположения и сбора данных ARGOS создана в интересах мониторинга и охраны окружающей среды. Она позволяет определять местоположение любой платформы, оборудованной соответствующим передатчиком, в любой точке мира в пределах 150-1 000 метров. Данные могут собираться также с датчиков, подсоединенных к передатчику. В настоящее время во всем мире действует более 5 000 ARGOS-передатчиков. Система ARGOS функционирует с 1978 года. Она была создана в соответствии с соглашением между Национальным управлением по исследованию океанов и атмосферы (НОАА) Соединенных Штатов, Национальным управлением по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов и Национальным центром космических исследований (КНЕС) Франции.

43. Для выполнения поставленных задач система использует как наземные, так и спутниковые ресурсы. К ним относятся приборы, установленные на борту действующих экологических спутников НОАА на полярной орбите, приемные станции во всех частях мира и центры обработки данных во Франции и Соединенных Штатах. Эта полностью интегрированная система позволяет локализовать и передавать данные с весьма удаленных платформ на персональный компьютер пользователя, причем часто в близком к реальному масштабе времени.

44. Системой ARGOS легко пользоваться. Передатчик начинает посылать сигналы, как только его включают. Один из спутников системы собирает данные и ретранслирует их в центры ARGOS для дальнейшей обработки. Доступ к данным является столь же простым. Результаты можно получить из любой точки мира через общедоступные сети передачи данных, причем часто в пределах 20 минут со времени передачи.

45. Еще одной привлекательной чертой системы ARGOS является миниатюрность передатчиков: для их ежедневного питания требуется электрический ток силой всего лишь несколько миллиампер; компактные модели весом всего лишь 20 граммов могут быть сравнимы по размерам с небольшим спичечным коробком. Благодаря этим характеристикам ARGOS может использоваться для слежения за мелкими животными.

46. ARGOS используется для сбора данных и определения местоположения при решении многих прикладных задач, связанных с охраной окружающей среды, включая слежение за рыболовными флотилиями во всем мире, контроль за перемещением вредных или опасных материалов, контроль трубопроводных систем в том, что касается выявления утечек и выхода из строя систем защиты, мониторинг разливов нефти или прогнозирование распространения разлива, а также мониторинг других видов загрязнения.

47. Индия использует собственные платформы INSAT (индийский национальный спутник) для получения метеорологических данных из труднодоступных удаленных районов с помощью приемопередатчиков, установленных на борту индийских геостационарных спутников. В последнее время

платформы сбора данных стали применяться также для мониторинга уровня воды на некоторых основных реках страны.

C. DORIS

48. Система DORIS (Франция), в которую входит бортовая аппаратура, сеть радиомаяков и центр управления и обработки данных, выполняет двойную задачу: восстановление орбиты космических кораблей и местоопределение наземных радиомаяков. Ее действие основано на точном измерении доплеровского изменения частоты радиосигналов, передаваемых наземными радиомаяками и принимаемых на борту космических аппаратов. Измерения производятся на двух частотах: 2 036,25 МГц - для точного доплеровского измерения и 401,25 МГц - для ионосферных поправок. Частота 401,25 МГц используется также для тегирования времени измерения и передачи дополнительных данных.

49. Выбор системы для канала "Земля-спутник" обеспечивает полностью автоматизированную работу радиомаяков и удобные линии связи для системы в целом, при этом данные через спутник и его наземный сегмент централизованно переадресуются в центр обработки данных DORIS. В настоящее время система DORIS установлена на борту спутников наблюдения Земли SPOT-2 и SPOT-3, а также на борту океанографического спутника TOPEX, а в 1998 году ее планируется установить на спутнике SPOT-4, а в дальнейшем на спутниках ENVISAT, SPOT-5 и спутниках TOPEX следующего поколения.

50. Все спутники с системой DORIS используют общий наземный сегмент. Радиомаяки, используемые для определения орбиты, образуют плотную глобальную сеть. Что касается использования DORIS для определения местоположения, то имеются специальные наземные приводные радиомаяки, которые устанавливаются с учетом различных нужд пользователей. Они смонтированы для работы на местах и оборудованы автономными источниками питания.

D. Спутниковая лазерная телеметрия

51. Методы спутниковой лазерной телеметрии (SLR) используются для измерения дальности или расстояния между лазерной станцией на Земле и спутником на орбите, оборудованным специальными зеркалами (ретрорефлекторами), с точностью выше 1 см. Если несколько лазерных станций размещены в различных районах мира и собирают данные с одного и того же спутника, то можно определить как точное положение этого спутника, так и положение лазерных станций. Эта технология называется точным определением параметров орбит. На основе слежения за спутниками в течение нескольких лет можно не только с точностью до нескольких миллиметров рассчитать расстояние между лазерными станциями, но и с той же степенью точности определять значение относительного смещения лазеров. Данные SLR используются также для решения множества других научно-прикладных задач, включая исследование системы суша/атмосфера/океан, геофизические исследования и передачу эталонов времени между континентами.

52. Степень точности измерений зависит от лазерной системы слежения и решетки ретрорефлектора на спутнике и может составлять 1-3 мм, как в случае со спутником для лазерных измерений геодинамических процессов (LAGEOS). Столь высокая степень точности достигается с помощью статистической компрессии данных.

53. Поступающие с геодезических спутников данные SLR применяются для выявления и мониторинга движения тектонических плит, деформирования земной коры, вращения Земли и движения полярных зон; моделирования пространственно-временных колебаний гравитационного поля Земли; определения океанических приливо-отливных явлений в масштабах бассейнов; мониторинга миллиметровых вариаций местонахождения центра массы всей земной системы (суша/атмосфера/океаны), создания и ведения Международной системы наземных ориентиров; выявления и мониторинга постледникового вздутия и просадки грунта; и мониторинга влияния на атмосферу сезонных колебаний солнечного тепла.

54. Получаемые со спутников дистанционного зондирования данные SLR в сочетании с данными, получаемыми с помощью нескольких других методов слежения, позволяют составлять точные

топографические карты акваторий океана. С помощью этих данных можно количественно исследовать изменения в океанических течениях, что имеет важнейшее значение для понимания глобальных климатических изменений. Данные SLR будут использоваться также для калибровки радиолокационных высотомеров на борту космических кораблей. Кроме того, SLR обеспечивает эффективное с точки зрения затрат резервирование таких спутниковых радиометрических систем слежения, как GPS, DORIS и оборудование для точного определения дальности и скорости изменения дальности (PRARE).

55. Данные SLR, получаемые со спутников определения местоположения, используются для повышения точности Международной сети служб GPS и для совершенствования передачи сигналов времени между спутниками GPS и ГЛОНАСС и приемниками GPS и ГЛОНАСС.

IV. ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

56. Первой и наиболее очевидной областью применения GPS является простое определение местоположения. GPS является первой системой местоопределения, которая обеспечивает высокоточные данные о местоположении в любой точке планеты и при любой погоде. Одного этого было бы достаточно для того, чтобы считать эту систему весьма полезной, однако степень точности GPS и творческий подход к ее использованию открывают перед ней удивительные перспективы.

А. Применение в авиации

57. ГНСС является основным элементом используемой Международной организацией гражданской авиации системы связи, навигации, наблюдения и управления воздушным движением, которая обеспечивает глобальную навигационную поддержку на всех этапах полета. При соответствующем системном усилении ГНСС позволит осуществлять маршрутную аэронавигацию и эксплуатацию должным образом оборудованных воздушных судов при всех погодных условиях. Полномасштабное использование ГНСС даст возможность отказаться от некоторых или всех существующих наземных аэронавигационных систем.

58. ГНСС обеспечивает более точные навигационные средства и системы посадки, что повышает не только безопасность, но и эффективность полетов. Точная аэронавигация по контрольным точкам с помощью ГНСС позволяет экономить топливо и увеличивать дальность полетов воздушных судов, поскольку не происходит отклонения от наиболее прямых маршрутов к местам назначения. Кроме того, ГНСС позволит также осуществлять более тесное эшелонирование на более прямых маршрутах, что в свою очередь означает более эффективное использование воздушного пространства. Федеральное управление гражданской авиации Соединенных Штатов активно использует DGPS-радиомаяки в маршрутной аэронавигации для точного захода на посадку и точной посадки, а также для индикации точного положения воздушных судов на земле во время их выруливания на взлетно-посадочную полосу и руления с нее.

В. Применение на море

59. В целом мореплаватели используют GPS либо для навигации, либо для определения местоположения, хотя в последнее время GPS применяется также в целях наблюдения. Технологии GPS и DGPS используются для получения точной информации о местоположении и интегрируются с другими методами местоопределения, технологиями связи и вычислительными средствами.

60. В настоящее время морская система DGPS, работающая в реальном масштабе времени, разворачивается Службой береговой охраны Соединенных Штатов. Она состоит из нескольких базовых станций DGPS, которые передают сигналы на существующую систему морских приводных радиомаяков. Планируется создать полную сеть из 45 таких DGPS-радиомаяков на всей территории Соединенных Штатов. Функциональная система DGPS-радиомаяков уже действует в Скандинавии, при этом создаются новые системы, некоторые из которых для переноса данных используют боковые полосы FM-диапазона, в связи с чем отпадает необходимость в специализированных радиомаяках.

С. Применение в автомобиллизме

61. Многие виды применения GPS в автомобиллизме подходят под описание интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Программы ИТС призваны: i) повысить безопасность лиц, совершающих поездки; ii) повысить эффективность поездок путем уменьшения дорожных заторов; iii) обеспечить экономию энергии путем снижения потребления топлива; и iv) уменьшить воздействие транспортных потоков на окружающую среду.

62. Применение GPS в автотранспортной навигации помогает водителям выбирать оптимальный маршрут. Некоторые производители автотранспортных средств предлагают возможность оснащения

новых автомобилей дисплеями движущейся карты, связанными с GPS-приемниками. Дисплеи можно снимать и брать домой для планирования маршрута.

63. Относительно новой тенденцией является использование GPS-систем в сочетании с автомобильными сотовыми телефонами для автоматического определения местоположения автомобилей, попавших в аварию. В рамках этой системы микрокомпьютер следит за устанавливаемой на новых автомобилях системой срабатывания аварийных подушек. В случае такого срабатывания компьютер по автомобильному сотовому телефону вызывает центр обслуживания и передает ему последние известные координаты автомобиля, определенные с помощью GPS-приемника. Затем центр обслуживания переадресует информацию местным службам скорой помощи для принятия дальнейших мер.

64. Многие компании располагают крупными автомобильными парками, что связано с проблемой двойного рода: необходимо располагать информацией о текущем местонахождении и техническом состоянии каждого конкретного автомобиля. Решать эти два вопроса призваны системы слежения за парком автотранспортных средств. Такие системы состоят из следующих элементов:

a) прибор определения местоположения автомобиля. В некоторых системах эту функцию выполняют GPS-приемники. Могут использоваться и другие системы, например Loran. В такой системе, как Omnitrac service, используются оригинальные спутниковые системы местоопределения, предоставляемые компанией Qualcomm;

b) автомобильная аппаратура связи. Автомобиль, за которым ведется слежение, должен располагать определенными средствами для передачи данных о своем местоположении в центр управления автомобильным парком. В некоторых национальных системах управления парком автотранспортных средств используются низкоскоростные спутниковые системы передачи данных. В других системах может использоваться та или иная форма сотовой телефонной связи. Для парков автомобилей, используемых на небольшой территории в географически близких районах, может применяться двусторонняя ОВЧ- или УВЧ-радиосвязь. Модуль связи может содержать дополнительные компоненты, позволяющие следить за техническим состоянием автомобиля и передавать короткие сообщения водителю или от водителя транспортного средства;

c) сеть связи. Для пересылки передаваемых с автомобиля данных в центр управления автопарком существует несколько различных возможностей. Для оригинальных систем спутниковой связи могут требоваться специализированные информационные каналы, арендуемые у компании-поставщика спутниковых услуг. Передача данных в системах слежения с использованием сотовой телефонной связи может осуществляться через общие телефонные сети. В ОВЧ- и УВЧ-радиосистемах, используемых полицией, пожарными и службой скорой медицинской помощи, могут применяться муниципальные сети передачи данных или, возможно, пакетная радиосвязь;

d) компьютеризованная информационная система. Информация о местоположении и состоянии автомобиля импортируется в компьютерную систему. Система может предусматривать также автономный мониторинг автомобиля и предупреждать руководство автопарка в случае каких-либо отклонений от нормы.

D. Применения в картографии, геодезии и топографической съемке (слежение по фазе несущего сигнала)

65. Использование GPS для точной топографической съемки и картирования позволяет экономить время и деньги в этой требующей наибольшей четкости сфере применения. В настоящее время благодаря оборудованию GPS один топограф может проделать за день такой объем работы, на который ушло бы раньше несколько недель у целого коллектива, причем обеспечивается более высокая степень точности, чем прежде.

66. В течение многих столетий топографы полагались на оптические приборы и физические измерительные средства. Применение оптических приборов (в том числе новых электронных приборов

для измерения расстояния) требует линии прямой видимости от прибора до цели. Применение рулеток или мерных цепей требует того, чтобы геодезическая группа для измерения расстояния между двумя точками преодолевала всю разделяющую их местность. Важное преимущество GPS заключается в том, что нет необходимости устанавливать линию прямой видимости между двумя станциями. Таким образом, съемка может осуществляться почти в любых погодных условиях или на противоположных склонах горы. Еще одно преимущество состоит в том, что точность собранных данных не в такой степени, как прежде, зависит от квалификации съемщика.

67. Отсутствие необходимости в установлении линии прямой видимости между GPS-станциями обеспечивает значительную экономию средств при осуществлении крупных проектов с участием множества съемочных групп на ограниченной территории. В качестве контрольной станции можно установить один GPS-приемник для пользования любым числом топографов, каждый из которых может заниматься отдельной работой, что отличает этот метод от метода применения обычного съемочного оборудования, при котором для выполнения одной работы требуется не менее двух человек (по одному на каждом конце).

68. Технология слежения за сигналами GPS по фазе несущей частоты привела к революции в топографической съемке. Для точного местоопределения более нет необходимости в наличии линии прямой видимости вдоль поверхности земли. Измерять положения можно на удалении до 30 километров от контрольной точки, не используя при этом промежуточные точки. Для такого применения GPS требуются специально оборудованные приемники, осуществляющие слежение по несущей частоте.

69. Для слежения по фазе несущей частоты используются несущие сигналы L1 и/или L2. Длина волны несущих сигналов L1 составляет 19 см. Если проследить и измерить несущие сигналы, то в особых условиях можно определить дальность с относительной точностью в несколько миллиметров.

70. Прослеживание сигналов по фазе несущей частоты не дает информации о времени передачи. При модуляции с тегированными по времени двоичными кодами несущие сигналы не несут временных меток, отличающих один цикл от другого. При слежении по фазе несущей частоты используется измерение проявляемой со временем разницы в фазово-несущих циклах и долях циклов. Слежение за несущими сигналами одновременно осуществляют по крайней мере два приемника. Для обеспечения должного учета фазово-несущих циклов необходимо, чтобы разница в задержке поступления сигналов на два приемника в связи с прохождением через ионосферу была довольно небольшой. Для этого обычно требуется, чтобы два приемника находились на удалении приблизительно 30 км друг от друга.

Е. Применение в науках о Земле

71. Общая цель наук о Земле состоит в том, чтобы понять динамичные и часто сложные процессы. Некоторые исследования в рамках наук о Земле направлены на получение точных данных о том, что происходило в прошлом, в то время как GPS дает уникальную возможность измерять параметры современных процессов, которые происходят на Земле в различных средах. Благодаря применению GPS за последнее десятилетие в области наук о Земле был достигнут значительный прогресс.

72. Первоначальная цель специалистов в области наук о Земле состояла в том, чтобы использовать GPS для проверки прогностических моделей кинематики плит, рассчитанных по парадигме новой глобальной тектоники. Эти прогнозы были основаны на толковании данных морской магнитной разведки, следов горячих точек и процессов в очагах землетрясений и служат отправной точкой для многих современных исследований в области наук о Земле. Благодаря изучению кинематики плит с помощью GPS получены подробные данные о движении плит, которые подтверждают геологические модели и позволяют распространить их на регионы, в отношении которых имелось недостаточно геологических данных.

73. В настоящее время усилия специалистов в области наук о Земле направлены на использование улучшенной разрешающей способности GPS для документирования все более сложных явлений в системах Земли. Многих из современных научных целей было бы невозможно достичь на заре

применения GPS. В настоящее время решаются проблемы, связанные с изменениями напряжения земной коры в ходе землетрясений, вулканическими процессами, динамикой льда, изменением уровня моря, а также с геодезией морского дна.

Е. Применение в метеорологии и климатологии

74. Применение GPS вносит значительный вклад в развитие метеорологии и климатологии в рамках экологического мониторинга и в перспективе может принести еще большую пользу. Что касается прикладной метеорологии, то GPS уже стала основной системой, используемой для определения местоположения шаров-зондов и, следовательно, для измерения высоты их полета и получения информации о скорости ветра. С помощью наземных GPS-приемников можно подсчитать общее содержание атмосферной влаги в столбе воздуха над приемником, а следовательно общую скрытую теплоту.

75. Спутниковые приемники позволяют измерять вертикальные профили температуры на высотах от 5 до 40 км и выше, используя так называемый метод радиоэкранирования, при котором преломление GPS-сигнала при прохождении через атмосферный лимб определяется дважды на витке орбиты приемника для каждого GPS-спутника. Это дает возможность ежедневно получать до 500 профилей, равномерно распределенных по всей Земле, что открывает широкие перспективы обеспечения полного пространственно-временного охвата планеты с помощью группировки приемников, используемых в сочетании с сокращенным вариантом нынешней дорогостоящей системы радиозондов. Эта программа применения GPS-системы, получившая название GPS/MET, уже приносит весьма обнадеживающие результаты, а продолжающиеся исследования позволят еще более расширить ее возможности.

76. Кроме того, GPS/MET будет вносить значительный вклад в климатологический мониторинг, поскольку позволяет производить долговременные, точные и единообразные измерения средних температур в региональном и глобальном масштабах, которые очень трудно или невозможно производить с помощью наземных датчиков. Измерения стратосферных температур будут содействовать пониманию проблемы озонового слоя, особенно в том, что касается прогнозирования формирования стратосферных облаков в полярных районах в условиях крайне низких температур. Данные лимбового зондирования с помощью GPS могут быть полезны также для изучения гравитационных волн, которые осуществляют перенос энергии и момента в средних слоях атмосферы, что будет дополнительно содействовать исследованию глобальных изменений.

77. Что касается сбора данных, то при сборе и определении местонахождения экологических данных для различных прикладных программ, которые поступают от стационарных и подвижных платформ в различных точках мира, невозможно обойтись без системы ARGOS на метеорологических спутниках на полярной орбите и без аппаратуры переадресации данных на борту геостационарных спутников.

Г. Зондирование атмосферы

78. GPS-сигнал чувствителен к коэффициенту атмосферного преломления, который является функцией давления, температуры и влажности. Поэтому GPS можно использовать для измерения характеристик атмосферы. Поскольку даже небольшое количество атмосферного водяного пара в значительной мере влияет на скорость распространения GPS-сигнала, GPS особенно подходит для измерения этого компонента атмосферы, который играет важную роль в атмосферных процессах, начиная от глобального изменения климата и кончая микрометеорологией.

79. Методы атмосферного зондирования с помощью GPS были разработаны с целью повысить степень точности вертикальной съемки, но при этом перспективные исследования в отношении использования GPS для мониторинга содержания водяного пара в атмосфере могут оказаться также полезными для развития физики Земли. В настоящее время создаются постоянные GPS-станции метеорологического мониторинга. Эти станции расширят возможности существующих сетей по наблюдению деформации земной коры, а благодаря углублению знаний об атмосферном водяном паре, возможно, удастся дополнительно усовершенствовать методы съемки с помощью GPS. Данные станций атмосферных наблюдений можно будет использовать для определения орбит GPS с высокой степенью точности, что, возможно, позволит повысить точность их параметров.

80. Кинематическую GPS-технологию можно использовать для точного определения местоположения воздушных судов во время полета. Если с помощью GPS осуществлять слежение за местоположением самолета и, что более важно, за его нормальным ускорением и отклонением, то в гравиметрические измерения с самолета можно было бы вносить поправки на негравитационное ускорение. Когда станет возможным вносить поправки в авиационные гравиметрические измерения со степенью точности 1 миллигал при разрешении 1 км, тогда авиационные гравиметрические данные станут весьма полезным и действенным средством для проведения научных исследований и освоения природных ресурсов.

Н. Сельское хозяйство

81. Недавно фермеры получили доступ к технологии местоопределения на конкретных участках с помощью GPS. GPS позволяет определять местоположение сельскохозяйственных машин и оборудования на поле с отклонением не более метра от их фактического места нахождения. Знание местоположения с точностью до нескольких сантиметров имеет важное значение для следующих целей: конкретные почвенные образцы и лабораторные результаты могут быть сопоставлены с картой почв; удобрения и пестициды могут быть рекомендованы с учетом почвенных характеристик (содержание глины и органических веществ) и почвенных условий (рельеф поверхности и дренаж); в методы обработки почвы могут вноситься коррективы с учетом различных почвенных условий на поле; и можно контролировать и регистрировать данные об урожае на различных участках поля.

82. Компьютеризованная карта почв конкретного поля в памяти компьютера, установленного на тракторе наряду с GPS, позволяет фермерам определять их местоположение на поле и корректировать норму высева семян по мере продвижения по полю. Используя GPS в сочетании с цифровой гидрографической картой, фермеры могут более безопасно применять пестициды. Можно заранее запрограммировать автоматическое выключение опрыскивающего оборудования, когда оно доходит до определенной границы или зоны действия осушительной системы. Кроме того, фермеры могут заранее запрограммировать норму внесения пестицидов или удобрений, чтобы вносилось не более того, что требует состояние почвы, при этом на различных участках поля эта норма может быть разной, что позволяет экономить средства и более безопасно использовать материалы.

83. Использование GPS в целях регулирования механизмов и оборудования с учетом разновидностей почв позволит повысить урожайность и безопасность производства и снизить расходы. Этот элемент точного земледелия пока еще находится в начальной стадии развития. В ближайшем будущем компании, производящие сельскохозяйственную технику, объявят о создании оборудования для обработки почвы, оснащенного GPS и отдельными элементами управления, с учетом требований точной агротехники.

I. Применение в области хронирования и связи

84. Являясь универсальным маркером, время указывает на то, когда что-то произошло или произойдет. В качестве средства синхронизации жизнедеятельности людей, событий и даже другого рода сигналов время помогает поддерживать согласованность в мире. А в качестве меры продолжительности время позволяет точно и однозначно определять длительность событий.

85. На спутниках GPS установлены высокоточные атомные часы. Для того чтобы система функционировала, наземные GPS-приемники синхронизируются с этими часами. Таким образом, каждый GPS-приемник по существу представляет собой часы эталонной точности. Способность обеспечивать точную синхронизацию могут использовать астрономы, компании - производители электроэнергии, компьютерные сети, системы связи, банки и радио-телевизионные станции.

86. Поскольку используемый GPS метод измерения псевдодальности для определения пространственного положения требует высокоточного стандарта времени, эта система идеально подходит для решения прикладных задач, требующих точной синхронизации и передачи сигналов точного времени. GPS-измерения псевдодальности основаны на измерении времени прохождения сигнала от спутника GPS до пользователя. Поэтому, если известно и положение спутника, и положение наблюдателя, можно легко определить величину несовпадения часов пользователя с часами на спутнике.

87. Специалисты по вопросам передачи сигналов времени были одними из первых, кто осознал преимущества GPS, поскольку для большинства методов передачи сигналов времени не требуется полномасштабной группировки спутников. На сегодняшний день наиболее надежным методом передачи сигналов времени является так называемый метод одновременного наблюдения GPS, при котором два пользователя в разных географических районах, даже значительно удаленных друг от друга, могут одновременно наблюдать один и тот же спутник GPS. В настоящее время этот метод используют 55 международных хронометрических центров, которые выполняют задачу по хранению международного атомного времени и универсального скоординированного времени во всем мире.

88. Многие компании в области телекоммуникаций все более широко используют GPS для синхронизации своих наземных сетей цифровой связи. Наиболее часто эти пользователи проводят сверку эталонных часов непосредственно по сигналам времени GPS при наблюдении одного или нескольких спутников, а не передают сигналы времени с одних эталонных часов на другие.

89. Точное хронирование с помощью GPS в перспективе может способствовать также значительному улучшению мобильной сотовой связи. В настоящее время в большинстве сотовых телефонных сетей происходит постепенное ухудшение параметров передачи, поскольку вызов передается с одного ячейкового канала на другой; если бы все ячейки сети пользовались одним каналом, то с этой проблемой было бы покончено. Добиться этого можно путем предоставления каждой ячейке не особенной частоты, а особенного кода с помощью технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов (МДКР). Основные производители систем МДКР признали эффективность использования GPS для точной синхронизации времени, которая необходима таким системам. Для этой цели достаточной является такая же степень точности синхронизации, которая требуется для цифровых сетей.

90. Сигналы сотовой связи зависят также от локальных условий в каждой ячейке, которые связаны, например, с погодой или геометрией ландшафта и от ячейки к ячейке могут меняться. Если в мобильный приемник добавить функцию местоопределения с помощью GPS и передавать позиционные данные в центр мобильного контроля и операций мобильной системы, то в рамках процедуры управления сетью можно определять местоположение и направление движения пользователя. Располагая такой информацией, сетевой контроллер может обеспечивать оптимальную коммутацию, а также динамическую оптимизацию параметров в реальном масштабе времени для каждого местоположения. Однако в тех случаях, когда речь идет о маленьких ячейках неправильной формы или когда необходимо составить схему сигналов и характеристик их прохождения в какой-либо сложной зоне, например в "городских каньонах", то может потребоваться пространственная точность порядка нескольких метров.

91. В будущем многим информационным службам, возможно, потребуется гораздо более высокая степень точности информирования об "истинном времени", чем обычно требуется в настоящее время. Это может понадобиться универсальным персональным коммуникационным службам и широкополосным цифровым сетям с предоставлением комплексных услуг для сопряжения с несколькими различными типами коммуни-кационных систем в целях передачи огромных объемов цифровой пакетированной информации. Вероятно, потребуется точность синхронизации относительно универсального времени порядка 100-300 наносекунд.

Ж. Использование Глобальной системы определения местоположения в космической технике

92. GPS-технологии навигации и управления космическими аппаратами, обещающие снижение расходов на создание и эксплуатацию космической техники, начинают внедряться как в государственные, так и в коммерческие космические системы. В настоящее время GPS опробуются или используются для решения нескольких задач, связанных с полетами космических кораблей, включая определение орбиты, определение пространственного положения, занятие расчетного положения и определение траектории для запуска и возвращения в атмосферу, а также синхронизацию времени.

93. Использование GPS для определения параметров орбиты в реальном масштабе времени является экономичным средством высокоточного определения орбит космических аппаратов. Аттестованный для

использования в космической технике GPS-приемник соответствующей конструкции способен заменить несколько обычных бортовых позиционных датчиков, что позволит снизить массу и сократить расходы, а в некоторых случаях даже отказаться от глобальной сети наземных станций слежения за орбитой. Кроме того, определенные с помощью GPS параметры орбиты в некоторых случаях могут вводиться в бортовой управляющий компьютер и двигательную установку для автономного удержания космического аппарата на орбите. Это снимет или уменьшит необходимость управления положением космических кораблей на орбите персоналом ЦУП с Земли.

94. В последние годы несколько производителей GPS-приемников стали сотрудничать с создателями космических кораблей в разработке GPS-приемников для использования в качестве датчиков систем ориентации на борту космических кораблей. Практически для всех современных космических аппаратов требуются бортовые системы определения пространственного положения, а для большинства из них требуются также автоматические системы ориентации. В набор датчиков, используемых для определения пространственного положения, обычно входят как относительно недорогие магнитометры и датчики горизонта, так и точные гироскопы, датчики солнечной ориентации и датчики астроориентации. GPS может стать экономичным с точки зрения затрат дополнением или даже альтернативой для многих из этих систем.

95. GPS применяется также в ракетах-носителях в качестве датчиков навигационной системы, а также для предоставления наземным операторам информации о местоположении в целях обеспечения безопасности по дальности. В настоящее время сопровождение ракет-носителей по дальности в большинстве случаев осуществляется с помощью довольно сложной и дорогостоящей системы наземных РЛС слежения и соответствующей аппаратуры. Получение данных о траектории с помощью GPS может оказаться более эффективным вариантом с точки зрения затрат.

К. Разведка полезных ископаемых

96. В настоящее время GPS широко используется для аэроразведки полезных ископаемых путем аэрофотосъемки с высоты 100 или менее метров при расстоянии между последовательными пролетами в несколько десятков метров, при этом применяются весьма сложные методы электромагнитных, магнитных и гравитационных измерений. Для оценки масштабов, глубины залегания и положения месторождений полезных ископаемых вдоль маршрутов полетов требуется точное определение их путей прохождения.

L. Общественная безопасность

97. GPS в сочетании с линиями связи и коммуникационными компьютерами может стать основой для систем, предназначенных для использования в таких областях, как организация доставки в городах, общественная безопасность и сопровождение судов и автотранспортных средств. Поэтому полицейские и пожарные службы и службы скорой помощи внедряют у себя системы GPS для точного определения на компьютерной карте как мест чрезвычайных происшествий, так и мест нахождения ближайших автомобилей соответствующей службы. Имея столь ясное представление о ситуации, диспетчеры могут уверенно принимать оперативные меры. Таким образом, GPS помогает спасать жизни людей.

V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ВЫГОДЫ

A. Потребности

98. Международному сообществу следует играть активную роль в развитии служб спутниковой навигации и определения местоположения путем участия в создании и эксплуатации такой глобальной системы, которая удовлетворяла бы потребности всех гражданских пользователей. Для этого имеются следующие три основания:

а) социально-экономические: потенциальный объем рынка навигационных услуг является весьма значительным, при этом, если в настоящее время наиболее заинтересованным пользователем спутниковой навигации является авиация, то в ближайшем будущем большая часть дохода будет поступать от ее использования в других секторах, в частности в дорожном транспорте, управлении движением и сельском хозяйстве. Преимущество глобальной системы спутниковой навигации заключается в упрощении использования единой системы, способной удовлетворять потребности всех пользователей и функционировать круглосуточно в масштабах всей планеты. Использование спутниковой системы позволит повысить также степень точности измерений скорости и координат, что в свою очередь приведет к сокращению времени ожидания, экономии топлива, улучшению охраны окружающей среды и сокращению числа несчастных случаев;

б) промышленные: поскольку срок службы спутников является ограниченным, космический сегмент необходимо постоянно поддерживать и обновлять. При этом наземный сегмент необходимо расширять в целях обеспечения более широкого географического охвата и повышения качества услуг. Оба сегмента должны поддерживаться промышленностью. Новые виды услуг на базе использования навигационных сигналов возникают в таких областях, как транспорт, точная агротехника, общественная безопасность, науки о Земле и сфера досуга. Объем рынка GPS-приемников, который в настоящее время, согласно оценкам, составляет более 2 млрд. долл. США, в 2000 году достигнет 8-9 млрд. долл. США, а в 2005 году - 50 млрд. долларов США. Ожидается, что применение этой технологии в различных сферах будет распределено следующим образом: на суше (прежде всего в автотранспортной навигации и бытовой сотовой связи) - 92 процента, в авиации - 4,5 процента, на море - 2 процента и в военном деле - 1,5 процента;

с) нормативные: необходимость сертификации космической системы ставит новые задачи перед регламентирующими органами, особенно теми, которые отвечают за деятельность служб, связанных с безопасностью жизни. Соответствующим органам необходимо принять решение относительно сертификационной политики в отношении будущей ГНСС.

В. Развитие международного сотрудничества

99. По своему характеру спутниковая навигация открывает широкие возможности для регионального и глобального сотрудничества. Действительно, создание цельной многорежимной спутниковой системы радионавигации и местоопределения в масштабах всей планеты требует активного сотрудничества. Для обеспечения перехода от различных систем наземного и космического базирования к единой спутниковой навигационной системе потребуются активное взаимодействие международных гражданских органов, правительств и представителей промышленности.

100. Существуют следующие возможности создания ГНСС-2: создание глобальной системы самостоятельно одной страной или организацией (как это имеет место в настоящее время); создание такой системы совместными усилиями некоторых или всех основных участников космической деятельности (Индия, Российская Федерация, Соединенные Штаты, Япония и Европейский союз); или создание самостоятельно нескольких функционально совместимых региональных систем, способных образовать глобальную систему. В разработке технологий ГНСС заинтересованы многие государства. Стремясь к тому, чтобы выгодами от использования GPS могли пользоваться во всем мире и чтобы ускорить реализацию ГНСС на практике, некоторые организации активно помогают другим осваивать и соответствующим образом дополнять ГНСС.

101. Для того чтобы приспособить GPS и ГЛОНАСС к решению современных прикладных задач во всем мире (и к использованию в рамках будущей ГНСС), потребуется значительное умение и широкая координация усилий. Государства-члены начинают сознавать выгоды, связанные с расширением GPS, и принимают соответствующие меры для создания аналогичных возможностей на национальном или региональном уровне.

С. Проблемы и задачи

102. Ближайшие годы должны стать периодом сотрудничества между членами международного сообщества для того, чтобы цельная глобальная система навигации на основе расширения GPS/ГЛОНАСС стала реальностью. В более долгосрочной перспективе потребуются новая нормативная и регулятивная основа и новые процедуры в области сертификации, стандартизации и возмещения затрат.

103. Международные организации, а также отдельные государства, вероятно, захотят самостоятельно осуществлять надзор за созданными ими системами, дополняющими GPS. Такого рода надзор может быть предусмотрен в международных или региональных соглашениях.

104. Несмотря на широкое понимание и признание выгод, связанных с использованием спутниковой навигации, существует опасение, что не все группы пользователей (авиация, морской флот, автомобильный и железнодорожный транспорт и т.д.) смогут добиться учета своих требований при разработке системы второго поколения. Существует также серьезная обеспокоенность в отношении того, каким образом расходы, связанные с созданием и эксплуатацией системы, могут быть справедливо разделены между различными пользователями.