



**РОСЖЕЛДОР**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей  
сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)

---

Научно-техническая библиотека

**НАВИГАЦИЯ, НАВЕДЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ  
ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**  
Аналитический обзор научной литературы



Ростов-на-Дону  
2022

**Составитель: ведущий библиотекарь отдела обслуживания и читального зала НТБ Гельгор М.О.**

Современные системы навигации, наведения и управления в настоящее время невозможно представить без использования спутниковых и инерциальных средств. Спутниковая система навигации представляет собой комплексную электронно-техническую систему, состоящую из совокупности наземного и космического оборудования и предназначенную для определения местоположения, а также параметров движения для наземных, водных и воздушных объектов.



В предлагаемом обзоре выполнен анализ существующих и перспективных разработок в области навигации, наведения и управления подвижными объектами, функционирующими в разных областях производственно-хозяйственной деятельности. Обзор содержит 20 публикации за последние три года, начиная с 2019 года. Данные работы представляют собой: материалы научных конференций и статьи из периодических изданий. Отдельно показаны работы наших коллег – научных работников РГУПС. Каждая публикация в описании содержит конкретный адрес ее нахождения в электронных базах университета.





Первая подборка материалов, на которых мы обратим внимание – это работы, содержащие описание применения навигационных и наводящих систем в военном комплексе. Обзор данного сегмента начнем со статьи «Наведение сверхзвукового управляемого объекта в многопозиционной радиолокационной станции воздушного базирования» [11], в которой исследована возможность наведения управляемого сверхзвукового авиационного беспилотного перехватчика на движущуюся цель в автономной многопозиционной радиолокационной станции воздушного базирования. Для получения координатной информации выбраны алгоритмы наведения, являющиеся обобщением широко используемого на практике метода пропорциональной навигации и его различных модификаций. Разработанные алгоритмы могут быть использованы при проектировании автономных систем самонаведения и телеуправления, реализуемых аппаратно-программным способом как на борту беспилотного авиационного или артиллерийского перехватчика, так и в составе автономных многопозиционных радиолокационных станций воздушного базирования. Так же в работе выполнен краткий обзор существующих и перспективных способов наведения управляемых авиационных (артиллерийских) беспилотных перехватчиков на движущуюся цель.

Тему ведения воздушной навигации в боевой обстановке продолжает статья «Некоторые вопросы ведения воздушной навигации при ведении боевых действий авиации ВКС за пределами РФ» [2], посвященная актуальным проблемам ведения воздушной навигации при выполнении спецопераций авиацией ВКС России за пределами РФ. Авторы статьи

приводят ряд проблем в создании и применении существующей номенклатуры спутниковых навигационных систем, используемых для навигационного обеспечения решения задач воздушной навигации при ведении боевых действий. В статье рассмотрены точностные характеристики применения инерциальных навигационных систем и приведены практические рекомендации их использования. Статья информирует нас о том, что в России применение навигационной аппаратуры спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС предусмотрено во всех видах Вооруженных Сил и родах войск, а также практически на всех перспективных образцах вооружения, которые составят основу ударной мощи видов ВС РФ в XXI веке.



Далее заслуживают внимания статьи «Моделирование контура управления для радиосистем самонаведения при наведении методом пропорциональной навигации» [1] и «Перспективы применения микроэлектромеханических сенсоров в качестве датчиков систем навигации транспортных средств специального назначения» [16]. Целью первой статьи является разработка математической модели контура управления для радиосистемы самонаведения крестокрылой управляемой ракеты класса «воздух-воздух» средней дальности при наведении на цель методом пропорциональной навигации с визуальным отображением траекторий движения носителя, ракеты и цели в плоскости наведения. В статье

проведено математическое моделирование процессов наведения ракеты на воздушную цель, совершающую маневр с заданной нормальной перегрузкой. Представлены смоделированные траектории движения носителя, ракеты и цели в плоскости наведения, а также основные фазовые переменные модели, характеризующие процесс наведения. Во второй статье рассматривается перспективность применения микроэлектромеханических сенсоров в качестве датчиков систем навигации транспортных средств специального назначения. Эта статья привлекает внимание еще и тем, что представленные в ней разработки могут быть использованы не только в военных целях, но и практически во всех отраслях жизнедеятельности, связанных со спутниковыми системами навигации.

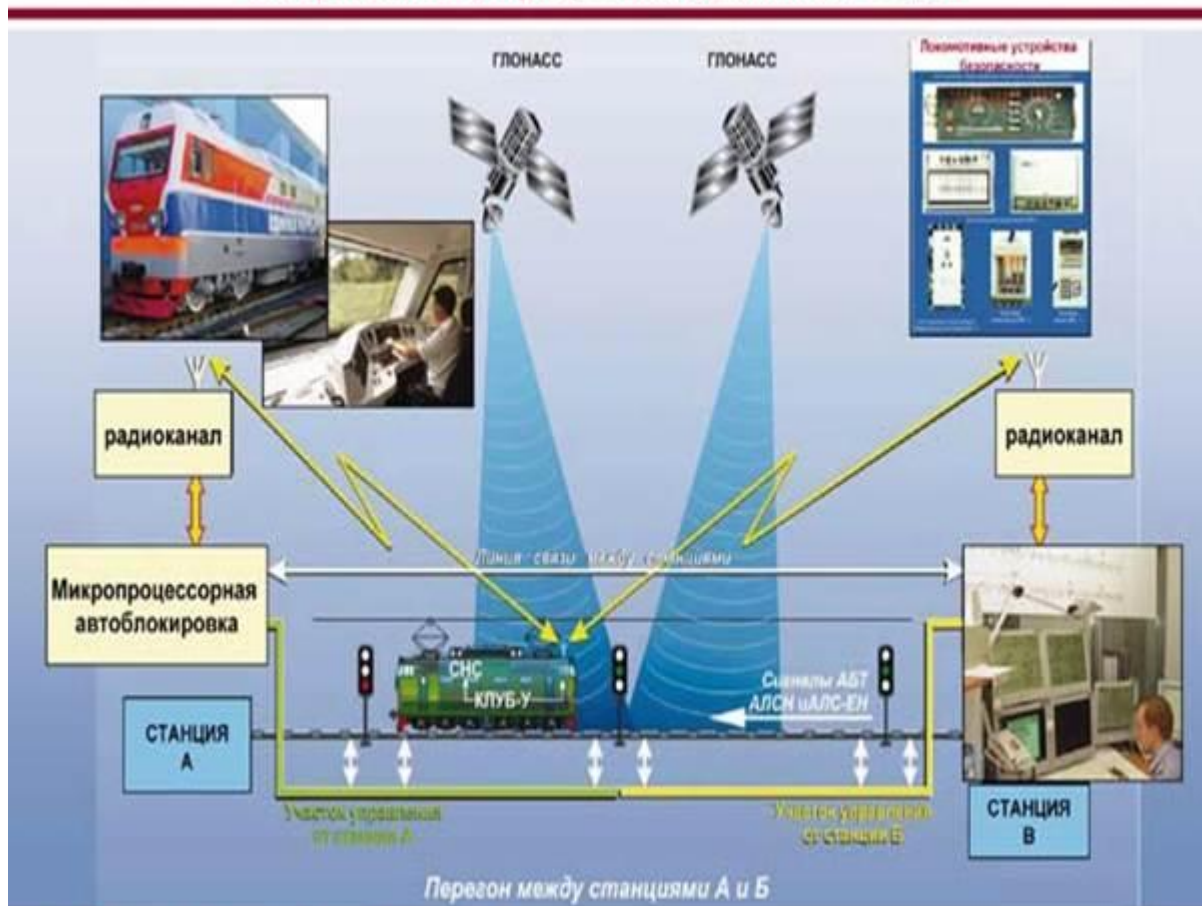
После военной техники обратим внимание на мирную жизнь, и рассмотрим применение существующих систем навигации, наведения и управления для подвижных наземных и воздушных объектов. В начале обратимся к железнодорожному транспорту, и, первым делом, разберем статью «Управление автоматическими транспортными объектами в стохастической ситуации» [14]. В статье описывается ситуационное управление через модель информационной ситуации, применяемое при движении беспилотного транспорта, технология обнаружения препятствий на пути движения транспортного объекта (ТО) в стохастических (нечетких) ситуациях при автоматическом управлении. Дано краткое описание транспортных средств с автоматическим управлением и различными системами навигации для терминально-логистических центров. В статье приведено и описано новое понятие модели стохастической информационной ситуации. Предлагаемая модель является экспертной. Область ее применимости – цифровая железная дорога, интеллектуальные транспортные системы, транспортные кибер-физические системы. Применение ситуационного управления по состояниям, по позициям и по условиям поможет в ускорении внедрения автоматического управления поездом в реальных условиях.

Статья «Надежность каналов в сетях связи с подвижными объектами» [7] как бы продолжает тему связи с железнодорожным подвижным составом. В статье рассматривается динамический коэффициент готовности в линейной структуре сети поездной радиосвязи (ПРС). Проведено сравнение динамического и статического показателей на одном и том же гипотетическом участке. На уже цифровизированных участках знание таких показателей позволит наметить и реализовать дополнительные меры по снижению рисков потери связи на наиболее значимых базовых станциях (БС). Таким образом, предложенное в этой статье определение интегрального коэффициента готовности нивелирует несовершенство работы последовательной модели БС без учета конечного времени пребывания возимой радиостанции в зоне обслуживания конкретной БС. Кроме того, оно уточняет результаты работы модели с параллельным соединением БС, позволяя учесть перемещение возимой радиостанции по каждой зоне



обслуживания. Интегральный коэффициент готовности может быть использован не только в рамках систем железнодорожного транспорта, но и в других сферах, где необходима оценка надежности с учетом перемещения абонентов.

### Применение спутниковых технологий в системе интервального регулирования движения поездов



- Повышение пропускной способности на 20 %
- Обеспечение интервала попутного следования до 2-х минут
- Сокращение стоимости объектов инфраструктуры на 15%
- Расширение функций безопасности движения и соответствие международным стандартам CENELEC

Перейдем к гражданской авиации. В этом ракурсе представим статью «Анализ влияния траектории движения динамического управляемого объекта на точность определения навигационных параметров» [4]. Здесь следует заметить, что для реализации требований международной организации гражданской авиации по увеличению пропускной способности и эффективности использования воздушного пространства разработана стратегия и составляющая зональной навигации – свободная маршрутизация полетов. Целью исследований является анализ влияния траектории динамического управляемого объекта (ДУО) на точность определения координат при зональной навигации и свободной маршрутизации полетов. В статье проведен анализ влияния выбранного маршрута полета на точность определения навигационных параметров в рамках использования алгоритма расширенного фильтра Калмана. Показано, что существует однозначная

зависимость радиальной погрешности, геометрического фактора и меры наблюдаемости от угла поворота траектории. На основе проведенного анализа предложено использовать меру наблюдаемости для формирования критерия оптимизации при реализации зональной навигации. Результаты исследования влияния маршрута полета на точность местоопределения ДУО позволяют проводить информационный анализ навигационного обеспечения системы траекторного управления и выполнять планирование маршрута полета. На основе результатов исследования обоснована возможность использования меры наблюдаемости при формировании решающего правила в алгоритмах оптимизации траектории полета ДУО.

Две следующие статьи посвящены беспилотной летательной технике. В статье «Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА» [20] изложены технологические особенности применения интеллектуального беспилотного носителя, в частности, функционирование интеллектуального контроллера. Статья анализирует применение интеллектуальных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга объектов транспортной инфраструктуры, раскрывает содержание мониторинга, включающего разные виды технологий. Интеллектуальные БПЛА способствуют повышению безопасности железнодорожного движения, а в случае возникновения аварий с подвижным составом - скорейшей ликвидации их последствий.



В статье «Решение задачи определения местоположения беспилотного летательного аппарата в режиме счисления координат с помощью системы технического зрения» [15] представлено обоснование использования оптико-

электронной системы в качестве навигационно-измерительного комплекса. Проведен краткий анализ существующих систем навигации, применимых для беспилотного летательного аппарата, и предложен алгоритм обеспечения системы видеонаблюдения в режиме счисления координат с помощью системы технического зрения. В статье показано, как решена задача счисления координат БЛА с использованием видеопоследовательностей изображений земной поверхности при наличии только одной видеокамеры.

Современные системы навигации, наведения и управления в настоящее время невозможно представить без использования спутниковых и инерциальных средств. При решении навигации и определения ориентации для различных объектов наиболее универсальными и широко распространенными являются методы спутниковой и инерциальной навигации. Следующая подборка статей посвящена исследованию разработок в области навигационных систем.



Статья «Интегрированная система ориентации и навигации наноспутников семейства SAMSAT» [6] рассматривает построение схем интегрированных систем ориентации и навигационных (ИСОИ) для наноспутников, а также приводит различные варианты их построения. Анализ существующих схем построения ИСОИ показывает, что их основу традиционно составляют инерциальные измерительные устройства, коррекция которых осуществляется с помощью спутниковых навигационных систем. Такие интегрированные ИС нашли широкое распространение в составе систем управления различных подвижных объектов. Сочетание инерциальных измерителей и спутниковой навигации является удачным для реализации достоинств составных частей и для исключения их недостатков.

Статья «Безплатформенные инерциальные навигационные системы: перспективы развития» [10] посвящена исследованию разработок в области бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС).



Исследованные материалы позволяют сделать вывод, что: создана современная, универсальная отечественная высокотехнологическая БИНС, включающая в себя разработки высокоточных лазерного гироскопа и кварцевого акселерометра, высокопроизводительного точного бортового вычислителя, высокоскоростного аналого-цифрового преобразователя, который намного качественнее известным иностранным аналогам.

Надо отметить, что в настоящее время авиационные платформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) развиваются по пути применения волновых гироскопов. Широко в БИНС используются лазерные гироскопы, а также идёт этап практического внедрения волновых оптических гироскопов. К волновым гироскопам также относится твердотельный волновой гироскоп (ТВГ). Практическим разработкам в этой области посвящена статья «Практическая разработка инерциальных систем ориентации и навигации на основе твердотельных волновых гироскопов» [17]. В статье представлены результаты практического проектирования инерциального измерительного блока на базе твердотельного волнового гироскопа. Показаны конструкции разработанных гироскопов и акселерометров, а также блок-схемы их контуров управления. Рассмотрено оборудование и технологические процессы для изготовления и балансировки гироскопов. Представлены образцы разработанных систем на базе ТВГ, характеристики используемых базовых элементов и систем на их основе. Приведены результаты стендовых и натурных с использованием автолаборатории испытаний системы на ТВГ с точностью 0,02-0,05°/ч. Описаны особенности применяемых алгоритмов обработки информации и калибровки. Рассмотрены направления совершенствования конструкции ТВГ.

Для ориентации и наведения различных автономных средств в последнее время широко применяются лазерные системы. Предназначены они для определения местоположения и направления движения в пределах сектора или зоны ориентирования, а также для обозначения требуемых траекторий и областей пространства со специальным режимом перемещения. В статье «Принцип построения навигационной системы на основе твердотельного лазера с самообращением волнового фронта излучения» [19] представлены принцип построения и дизайнерское решение навигационной системы на основе твердотельных лазерных модулей. Показана перспективность использования лазера с самообращением волнового фронта излучения с параметром качества пучка  $M2 \leq 1,2$  и мощностью одночастотного наносекундного импульса более 20 МВт для построения задающего генератора твердотельного лазерного излучателя.

Завершает подборку статья «Контроль инерциально-спутниковых наблюдений по комбинированным критериям согласия» [5]. Статья посвящена проблеме повышения достоверности контроля и локализации нарушений в инерциально-спутниковых навигационных системах. Предлагаемые решения проблемы опираются на декомпозицию

диагностических моделей таких систем и применение комбинированных статистических критериев. Технология последовательной обработки наблюдений позволяет формировать диагностические параметры по выборке невязок на скользящем временном интервале. Приводятся и анализируются результаты натурных экспериментов с типовой БИНС. Сделаны выводы о необходимости адаптивно-робастной обработки инерциально-спутниковых наблюдений.

## Системы навигации

- Глонасс



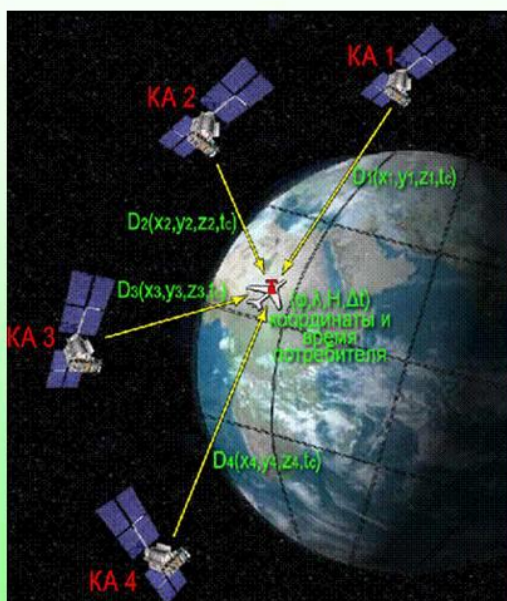
- GPS



Функционирование современных средств навигации, наведения и управления подвижными объектами разных видов и предназначений невозможно без спутниковых навигационных систем, таких как ГЛОНАСС, GPS и др. Устойчивость и качество работы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) второго поколения (GPS, Galileo, BeiDou/Compass, ГЛОНАСС) и их функциональных дополнений зависят от воздействия экстремальных факторов космической погоды. В статье «Космическая погода: факторы риска для глобальных навигационных спутниковых систем» [3] представлены сведения о механизмах воздействия геомагнитных бурь, ионосферных неоднородностей и мощных всплесков радиоизлучения Солнца на сегмент пользователей ГНСС. Представленные сведения подкреплены обзором результатов наблюдений последствий воздействия космической погоды на функционирование ГНСС в 2000-2020 гг. Рассматриваются относительная плотность сбоев измерений радионавигационных параметров и снижение точности позиционирования пользователей ГНСС в режиме двухчастотных измерений и в режиме

дифференциальной навигации (Real Time Kinematic, RTK), в том числе при решении задач высокоточного позиционирования (Precise Point Positioning, PPP). Рассмотрена частота появления опасных факторов космической погоды и возможности прогнозирования последствий их воздействия на сегмент пользователей ГНСС. Изложенный в статье материал подкреплен расширенными выводами, имеющими практическую пользу.

## Принцип навигации на базе ГЛОНАСС



- Навигационные спутники ГЛОНАСС используются в качестве реперов с известными координатами;
- Потребитель измеряет дальность до навигационных спутников, принимая навигационные сигналы от них и фиксируя время передачи и приема сигналов. Координаты спутников содержатся в навигационных сигналах;
- По расстояниям до четырех КА потребитель с помощью навигационной потребительской аппаратуры вычисляет:
  - свои координаты
  - расхождение своих часов относительно часов системы ГЛОНАСС, которая синхронизирована с госэталоном

Практическую пользу имеет и материал, представленный в статье «Метод прогнозирования углов ориентации научной аппаратуры при съемке с борта международной космической станции с использованием платформы наведения» [12]. В работе представлен метод вычисления углов ориентации научной аппаратуры для наведения на заранее заданные объекты земной поверхности с использованием СОВА-1-426. При этом в описанном методе помимо координат центра масс учитывается текущая ориентация МКС, что позволяет сделать прогноз более точным. Представленный метод расчета углов ориентации научной аппаратуры при съемке с борта МКС с использованием СОВА-1-426 позволяет с точностью не более 7 км осуществлять наведение на объекты земной поверхности с борта МКС. Описанный метод реализован программно и в настоящее время используется в ПН СОВА-1-426 на борту МКС для съемки объектов земной поверхности.



## 8. СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ

- **GPS** (англ. Global Positioning System — система глобального позиционирования, читается Джи Пи Эс) — спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Позволяет в любом месте Земли (не включая приполярные области), почти при любой погоде, а также в космическом пространстве вблизи планеты определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США.



В качестве обзорной информации, применительно к данной тематике, приводится статья «Навигационные системы в наше время» [21], где рассматриваются проблемы и перспективы развития навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС», а также проведён анализ навигационных систем ГЛОНАСС и GPS. Представлена таблица сравнения систем навигации ГЛОНАСС и GPS.

### Параметры космического комплекса систем ГЛОНАСС и GPS

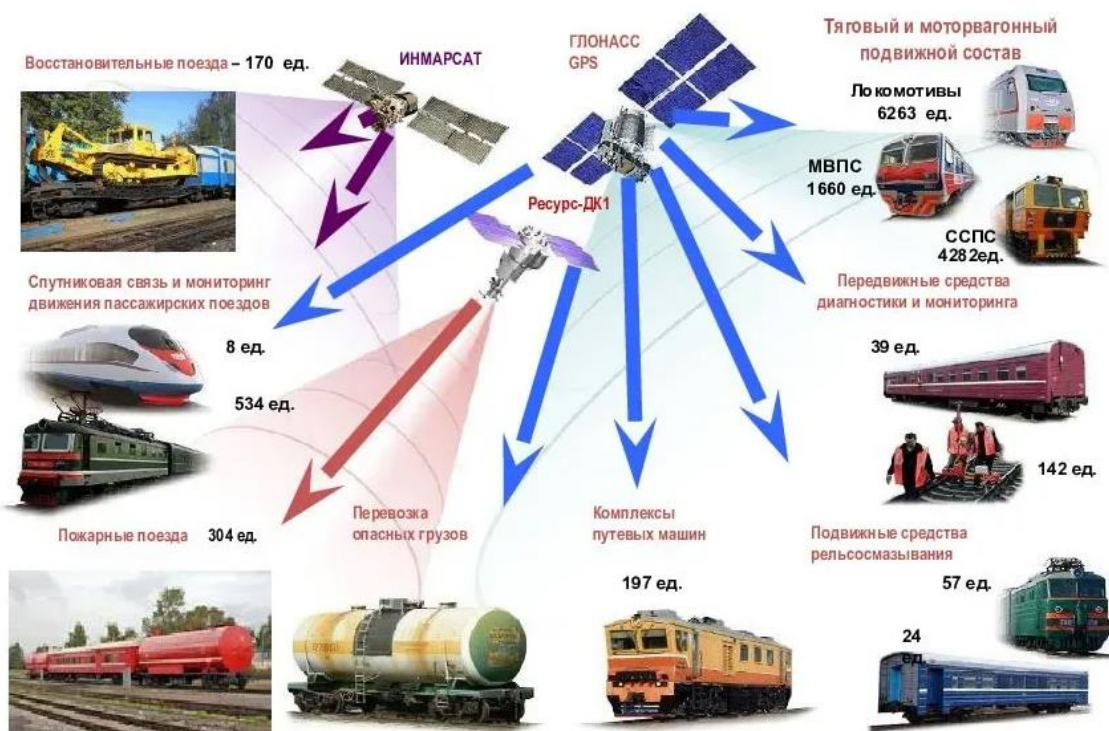
Параметр	ГНСС	
	ГЛОНАСС	GPS
Число спутников	21	30
Число орбитальных плоскостей	3	6
Число спутников в плоскости	до 8	до 6
Тип орбиты	круговая	круговая
Высота орбиты, км	19 100	20 145
Наклонение орбиты, град.	64.8	55.0
Период обращения	11 ч 16 мин	11 ч 57 мин
Частоты используемых радиосигналов, МГц	L1: 1602+k·0.5625 L2: 1246+k·0.4375	L1: 1575.42 L2: 1227.60

Наш обзор мы начали с применения навигационных систем в военном комплексе. В заключительной части обзора хочу познакомить с применением данной технологии в мирных целях, а именно, в терминально-складского комплекса. Пример нам покажет Хабаровский транспортный узел. В статье «Глобальные спутниковые системы навигации транспортных средств терминально-складского комплекса Хабаровского транспортного узла» [9] освещены вопросы, касающиеся применений глобальных спутниковых систем навигации транспортных средств терминально-складского комплекса Хабаровского транспортного узла. Автором было рассмотрено понятие и основные черты навигационных систем; перечислены основные вопросы, решаемые в Хабаровском крае при создании терминально-складского комплекса; описаны основные глобальные спутниковые системы навигации, которые применяются в транспортных средствах. Новизна работы заключается в систематизации первичных данных исследуемого вопроса. Результат исследования показал, что в настоящее время наблюдается существенное развитие Хабаровского края, в частности, его транспортной и терминально-складской инфраструктуры, а также внедрение систем глобальной спутниковой навигации для транспортных средств.

Представленный обзор был бы не полным без освещения трудов сотрудников нашего Университета. Проблемам навигации, наведения и управления подвижными объектами уделено значительное внимание со стороны наших исследователей. В обзоре приведем некоторые из последних разработок, преимущественно в сфере железнодорожного транспорта.

В статье «Последствия внедрения беспилотной системы навигации локомотивов для обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта» [13] широко представлены устройства, обеспечивающие и контролирующее полное дистанционное управление. Освещен международный опыт эксплуатации беспилотных локомотивов. В настоящее время использование спутниковых навигационных технологий очень эффективно в автоматической системе управления железнодорожным транспортом. Эффективность использования такой технологии определяется наличием большого числа подвижных единиц на железной дороге, точное позиционирование которых очень важно для повышения качества управления процессами перевозок. В странах ЕС тестируется автоматическая эксплуатация поездов. Стандарт Международной электротехнической комиссии МЭК 62290 ввел 4 уровня автоматизации подвижного состава (они отражены в статье). Беспилотный локомотив оснащен большим количеством разнообразных датчиков, которые в реальном времени осуществляют анализ поведения, расположения локомотива, пути, путевые и сигнальные знаки, указатели. Функции бортовых устройств также представлены в статье. В заключении выведена целесообразность перехода на автоматические системы управления в железнодорожном транспорте.

## ВНЕДРЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОАО «РЖД»



Всего установлено более 13 тысяч навигационных комплексов

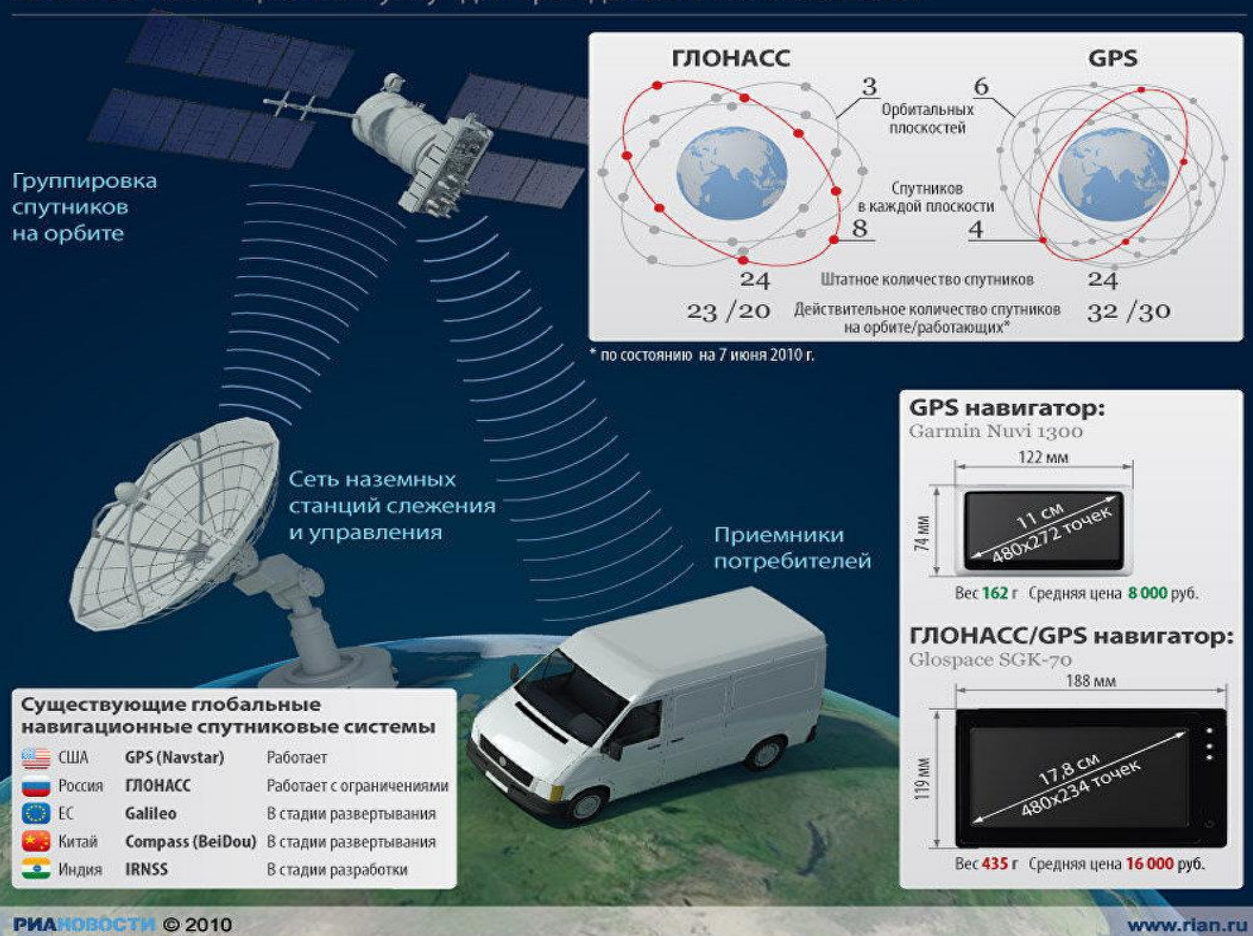
Статья «Использование интегрированных навигационных систем для решения навигационной задачи локомотива» [18] представляет различные навигационные системы: СНС – спутниковую навигационную систему; ИНС – инерциальную навигационную систему; БИНС – бесплатформенную инерциальную навигационную систему. Автор приводит достоинства и недостатки данных систем, предлагает новое решение проблемы.

Завершает обзор статья «Глобальные навигационные спутниковые системы» [8], в которой говорится о том, что глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) являются основой высокочастотной координационной системы ОАО «РЖД». Статья дает определение ГНСС и описывает их назначение и конструкцию. Также в статье представлены ГНСС нашей и мировых разработок.



# Глобальные навигационные спутниковые системы

Интеграция GPS и ГЛОНАСС в перспективе способна ощутимо улучшить качество навигационных услуг для гражданских пользователей



В заключении обзора констатируем, что разработка навигационных, наводящих и управляющих систем является сложной и комплексной задачей. Одним из важных преимуществ навигационной спутниковой системы является высокая точность решения навигационных задач. Для обеспечения надежной ориентации и наведения необходимы комплексированные лазерно-радиотехнические многоволновые системы. Сочетание инерциальных измерителей и спутниковой навигации является удачным для реализации достоинств и для исключения недостатков составных частей навигационных, направляющих и управляющих систем. Применение последних достижений науки в этой области поможет сделать существенный задел отечественных технологий в развитии автоматизации цифровизации общества.

## Библиографический список

1. Буренко Е. А. Моделирование контура управления для радиосистем самонаведения при наведении методом пропорциональной навигации Е. А. Буренко. – Текст : электронный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 5-1 (107). – С. 40-60. // НЭБ eLIBRARY.
2. Губин Ю. В. Некоторые вопросы ведения воздушной навигации при ведении боевых действий авиации ВКС за пределами РФ / Ю. В. Губин, С. А. Кедь. – Текст : электронный // Межвузовский сборник научных трудов : сб. ст. / под ред. Т. Ф. Козловской, И. А. Федоровой, Д. С. Федотова. – Краснодар : КВВАУЛ, 2020. – С. 113-118. // НЭБ eLIBRARY.
3. Демьянов В. В. Космическая погода: факторы риска для глобальных навигационных спутниковых систем / В. В. Демьянов, Ю. В. Ясюкевич. – Текст : электронный // Солнечно-земная физика. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 30-52. // НЭБ eLIBRARY.
4. Ерохин В. В. Анализ влияния траектории движения динамического управляемого объекта на точность определения навигационных параметров / В. В. Ерохин, В. А. Караченцев, Н. П. Малисов. – Текст : электронный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 145-153. // НЭБ eLIBRARY.
5. Иванов С. А. Контроль инерциально-спутниковых наблюдений по комбинированным критериям согласия / С. А. Иванов. – Текст : электронный // Труды МАИ. – 2020. – № 115. – С. 8. // НЭБ eLIBRARY.
6. Интегрированная система ориентации и навигации наноспутников семейства SAMSAT / Онласкан С.Б. [и др.]. – Текст : электронный // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2020. – Т. 1. – С. 84-87. // НЭБ eLIBRARY.
7. Кнышев И. П. Надежность каналов в сетях связи с подвижными объектами И. П. Кнышев, Д. Н. Роенков, Д. В. Сапрыкин. – Текст : электронный // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 10. – С. 35-38. // Public.ru.
8. Магомедов М. А. Глобальные навигационные спутниковые системы / М. А. Магомедов, В. И. Куштин. – Текст : непосредственный // Труды РГУПС. – 2019. – № 2(47). – С. 50-55. // ЭБ НТБ РГУПС.
9. Максимов С. А. Глобальные спутниковые системы навигации транспортных средств терминально-складского комплекса Хабаровского транспортного узла / С. А. Максимов, А. В. Доронечев. – Текст : электронный // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 28. – С. 1066-1071. // НЭБ eLIBRARY.
10. Маркевич А. В. Безплатформенные инерциальные навигационные системы: перспективы развития / А. В. Маркевич, В. А. Манченко, В. П. Швыдков. – Текст : электронный // Инновационные технологии в образовательном процессе : сб. науч. тр. XXI Всерос. заоч.

науч.-практ. конф. / отв. ред. А. А. Крючкова. – Краснодар : КВВАУЛ, 2020. – С. 63-67. // НЭБ eLIBRARY.

11. Маркевич В. Э. Наведение сверхзвукового управляемого объекта в многопозиционной радиолокационной станции воздушного базирования / В. Э. Маркевич, В. В. Легкоступ. – Текст : электронный // Информатика. – 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 120-138. // НЭБ eLIBRARY.

12. Метод прогнозирования углов ориентации научной аппаратуры при съемке с борта международной космической станции с использованием платформы наведения / А. А. Ломако [и др.]. – Текст : электронный // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 22-30. // НЭБ eLIBRARY.

13. Орлова А. В. Последствия внедрения беспилотной системы навигации локомотивов для обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта / А. В. Орлова, Н. С. Олейникова. – Текст : непосредственный // Труды РГУПС. – 2019. – № 3(48). – С. 40-47. // ЭБ НТБ РГУПС.

14. Охотников А. Л. Управление автоматическими транспортными объектами в стохастической ситуации / А. Л. Охотников, В. Я. Цветков. – Текст : электронный // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 2. – С. 37-41. // Public.ru.

15. Решение задачи определения местоположения беспилотного летательного аппарата в режиме счисления координат с помощью системы технического зрения / Д. А. Смирнов [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. – Т. 17. – № 4. – С. 43-49. // НЭБ eLIBRARY.

16. Соломин О. О. Перспективы применения микроэлектромеханических сенсоров в качестве датчиков систем навигации транспортных средств специального назначения / О. О. Соломин, И. Н. Левашов, С. А. Годяев. – Текст : электронный // Наука и военная безопасность. – 2021. – № 1 (24). – С. 5-11. // НЭБ eLIBRARY.

17. Требухов А. В. Практическая разработка инерциальных систем ориентации и навигации на основе твердотельных волновых гироскопов / А. В. Требухов, К. А. Бахонин, А. В. Некрасов. – Текст : электронный // Идеи и новации. – 2020. – Т. 8. – № 3-4. – С. 109-113. // НЭБ eLIBRARY.

18. Феденко, Т. Ф. Использование интегрированных навигационных систем для решения навигационной задачи локомотива / Т. Ф. Феденко. – Текст : непосредственный // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Транспорт-2019 / ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2019. – Т. 1 : Технические науки. – С. 222-226. // ЭБ НТБ РГУПС.

19. Федин А.В. Принцип построения навигационной системы на основе твердотельного лазера с самообращением волнового фронта излучения / А. В. Федин, М. А. Федина. – Текст : электронный //



Электронные информационные системы. – 2021. – № 1 (28). – С. 15-20. // НЭБ eLIBRARY.

20. Цветков В. Я. Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА / В. Я. Цветков, В. В. Ознамец. – Текст : электронный // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 8. – С. 18-21. // Public.ru.

21. Щербина А. С. Навигационные системы в наше время / А. С. Щербина, Д. В. Шарапова. – Текст : электронный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сборник науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики : в 3 т. Т. 2 / под ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск : СибГУ, 2020. – С. 650-651. // НЭБ eLIBRARY.