

6. Лузин С.Ю., Лячек Ю.Т., Петросян Г.С., Полубасов О.Б. Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. – 224 с.

- Лузин Сергей Юрьевич* – Россия, Санкт-Петербург, ООО «ЭРЕМЕКС», доктор технических наук, технический директор, luzin@eremex.com
- Попов Сергей Игоревич* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант; ООО «ЭРЕМЕКС», инженер-программист; sergey.popove@yandex.ru
- Попов Юрий Игоревич* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант; ООО «ЭРЕМЕКС», инженер-программист; yurpopov@rambler.ru

УДК.629.7.05

ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ МАССИВА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ НА ЭКРАН СРЕДСТВ БОРТОВОЙ ИНДИКАЦИИ

П.П. Парамонов, М.О. Костишин, И.О. Жаринов, В.А. Нечаев, С.А. Сударчиков

Рассматривается проблема создания автоматизированного рабочего места подготовки, хранения и загрузки геоинформационных данных и полетного задания в бортовую систему картографической информации. Анализируются принципы формирования геоинформационных данных, предлагается унифицированный формат хранения данных и команд, составляющих в совокупности массив картографической информации. Приводится описание программного компонента, входящего в состав рабочего места. Предлагается новая структура бортовой системы картографической информации, отличающейся интегрированным в единый моноблок конструктивным исполнением. Предложенные в работе технические решения апробированы на практике.

Ключевые слова: геоинформационный ресурс, цифровой массив данных, отображение.

Введение

Непрерывный рост интенсивности воздушного движения определяет потребности общества в поиске новых способов представления пилотажно-навигационной информации на борту современных летательных аппаратов (ЛА). Перспективным направлением развития авиационного оборудования является подход [1] на основе отображения геоинформационных данных на средствах бортовой индикации. Геоинформационные данные представляют собой совокупность топогеодезических, аэронавигационных, гидрометеорологических, оперативно-тактических данных и некоторых других видов данных.

Топогеодезические данные содержат информацию об основных элементах ландшафта местности, таких как рельеф, населенные пункты, дороги, растительный покров, промышленные и социально-культурные сооружения и т.п. Аэронавигационные данные включают информацию о воздушных трассах, аэродромах и их оборудованию, об опасных и ограничительных зонах полета и т.п. Гидрометеорологические данные включают информацию о погодных условиях над территорией полета, гидрометеорологические наблюдения, сведения об опасных гидрометеорологических процессах и явлениях и т.п. Оперативно-тактические данные включают тактические особенности различных районов, зданий, сооружений и т.п., отображаемые при выполнении специальных задач.

Для работы с геоинформационными данными на борту ЛА в состав бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) должна входить специализированная бортовая система картографической информации (БСКИ), предназначенная для хранения и вывода на средства бортовой индикации геоинформационного массива данных [2]. В настоящее время известны различные технические решения по разработке узлов и подсистем БСКИ, однако широкомасштабного внедрения геоинформационных ресурсов в состав БРЭО ЛА пока не произошло. Известны, например, разработки:

- Санкт-Петербургского ОКБ «Электроавтоматика» – система «БСКИ», осуществляющая хранение и вывод геоинформационных данных на экран бортового индикатора класса МФЦИ (многофункциональный цветной индикатор);
- ОАО «РПКБ «Раменское» – наземный унифицированный комплекс детального планирования действий авиации и подготовки полетных заданий, обеспечивающий планирование действий для решения задач навигации, патрулирования.

Зарубежные компании Honeywel, Harris Corporation, Rockwell Collins также работают над реализацией проектов («The right information, Right now») комплексной геоинформационной поддержки задач пилотирования. Однако существенным недостатком всех известных технических решений является низкий уровень автоматизации процессов подготовки, хранения и воспроизведения на средствах бортовой

индикации геоинформационных данных. В этой связи актуальной является задача разработки методов и средств автоматизации процессов работы с геоинформационными данными.

Принципы формирования геоинформационных данных

Информационная потребность экипажа ЛА зависит от режима полета и сложившихся условий полета. В различных полетных ситуациях оказывается востребованным отображение пространственной информации различной природы. Для отображения экипажу ЛА актуальных геоинформационных данных используется цифровое представление карты местности [3].

Цифровая карта местности представляет собой векторизованное преобразование исходного бумажного носителя, сохраненное в электронном виде в формате массива данных и команд. Векторизация может осуществляться также путем обработки геодезических и тахеометрических снимков, полученных с использованием приборов системы глобального спутникового позиционирования [4].

Для хранения массива данных используются специальные базы данных. Цифровая карта местности состоит из набора различных слоев [5, 6]: рельеф суши, растительность, гидрография, гидротехнические сооружения, промышленные и социальные объекты, названия и подписи, населенные пункты, дорожные сооружения и т.д. Формат хранения массива данных и команд – DFX (Drawing Exchange Format) или SXF (Storage and eXchange Format), что позволяет непосредственно обрабатывать массив картографической информации в различных системах автоматизированного проектирования (САПР).

Привязка геоинформационных объектов к слоям цифровой карты местности осуществляется по следующей системе отношений:

- по принадлежности к определенному виду пространственной информации (аэронавигационной, оперативно-тактической, план полета, результаты навигационных расчетов и т.д.);
- по принадлежности к пространственной информации (рельеф, гидрография, населенные пункты, дорожная сеть и т.д.);
- по размеру объекта (большой, средний, малый);
- по характеру влияния объектов на режим полета (радиомаяки ближней навигации, препятствия, визуальные ориентиры);
- по времени года.

Формат хранения массива цифровой карты местности организован как последовательность информационных слов, содержащих параметры данных и команд (таблица).

Код примитива	Параметр данных	Графический примитив (команда)
0001	X-начальное, Y-начальное, X-конечное, Y-конечное	Линия
0010	X-центра, Y-центра, Радиус	Окружность
0011	X-центра, Y-центра, Радиус, Угол начальный, Угол конечный	Дуга
0100	X-начальное, Y-начальное, Номер знака	Знак/спецсимвол
0101	X-начальное, Y-начальное, X1-, Y1-, ..., X-конечное, Y-конечное	Полигон
0111	Атрибут	Установка атрибутов
1000	Номер цвета примитива в палитре	Установка цвета
1100	Номер цвета фона в палитре	Установка фона
...

Таблица. Формат хранения массива цифровой карты

- Пример реализации объекта цифровой карты местности в виде программного кода на языке Си:
- примитив «окружность»: `void mg32_circle (unsigned int x, y, r)`, где x – горизонтальная координата центра выводимой окружности, y – вертикальная координата центра выводимой окружности, r – радиус окружности;
 - примитив «линия»: `void mg32_line(unsigned int x1, y1, x2, y2)`, где $x1$ – начальная горизонтальная координата линии, $y1$ – начальная вертикальная координата линии, $x2$ – конечная горизонтальная координата линии, $y2$ – конечная вертикальная координата линии;
 - примитив «знак»: `void mg32_outtextxy(unsigned int x, y, textcode)`, где x – горизонтальная координата выводимого знака; y – вертикальная координата выводимого знака, `textcode` – номер (код) знака в базе данных.

Для создания библиотеки графических примитивов типа «знак» была разработана специализированная САПР, окно рабочей программы которой приведено на рис. 1. САПР позволяет создавать электронные образы-символы алфавита в кодировке ASCII (American Standart Code for Information Interchange), а также знаки специального типа. В последствии библиотека знаков и специальных символов заносится в постоянную память БСКИ.

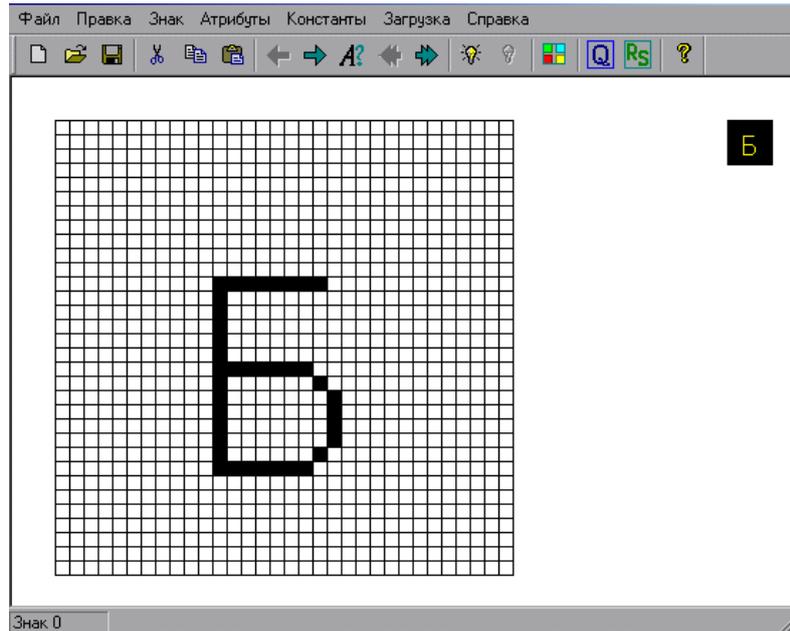


Рис. 1. Окно программы САПР для создания библиотеки символов (приведен пример знакоместа, содержащего символ буквы «Б» в малом прописном шрифте)

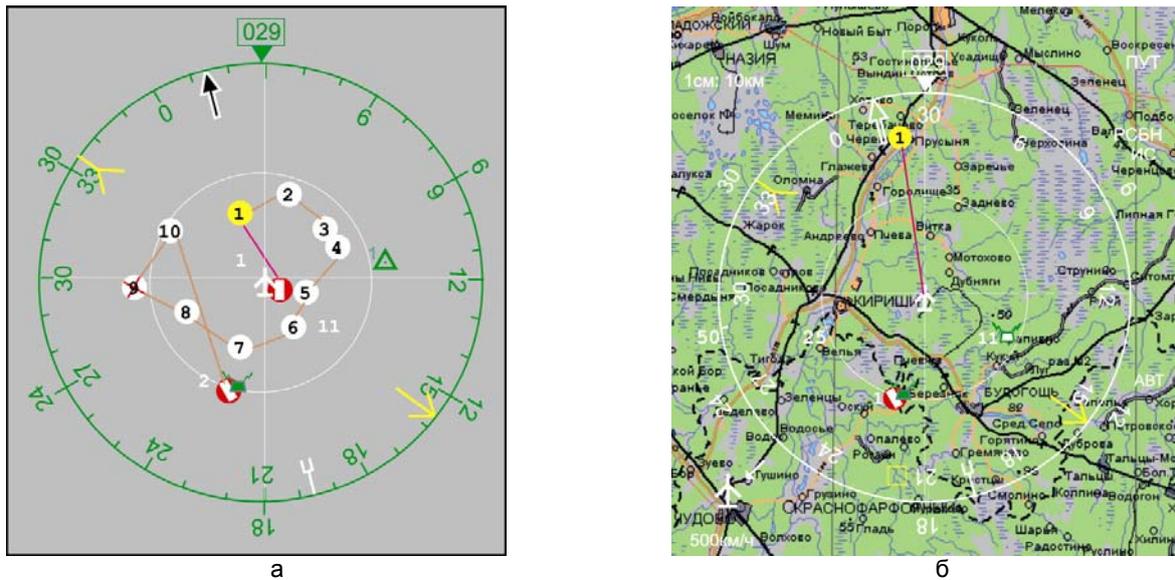


Рис. 2. Примеры информационных кадров, отображаемых на бортовых средствах индикации: навигационная информация (а); геоинформационная и навигационная информации в режиме совмещения (б)

При пилотировании ЛА навигационная и оперативно-тактическая информация отображается на средствах бортовой индикации в режиме совмещения (одновременного отображения) с геоинформационными данными (рис. 2). В процессе движения ЛА над местностью изображение геоинформационных данных на средствах бортовой индикации непрерывно смещается, а в процессе разворота ЛА цифровая карта местности также поворачивается [7] в направлении движения ЛА.

Основными характеристиками качества отображения геоинформационных данных являются:

- читаемость – различимость элементов и деталей цифровой карты местности;
- наглядность – возможность зрительного восприятия пилотом пространственных форм (размеров объектов и их размещения на цифровой карте местности);
- объективность карты – соответствие местности состоянию отображаемых цифровых данных;
- точность – соответствие местоположения отображаемых объектов на цифровой карте местности положению этих объектов в действительности в зоне полета.

Читаемость геоинформационных данных достигается за счет использования принципа послойного разделения данных, отбора актуальных слоев цифровой карты, подлежащих отображению, и выбора подходящего масштаба отображения. Наглядность геоинформационных данных достигается за счет различных способов отображения объектов и ориентации мнемокадра карты местности в системе координат средства бортовой индикации. Объективность геоинформационных данных достигается за счет своевременного обновления массива геоинформационных данных в процессе эксплуатации БСКИ. Точность геоинформационных данных достигается за счет выбора масштаба отображения геоинформационных данных и использования данных, полученных от достоверного источника (сертифицированного, например, Министерством обороны Российской Федерации).

Автоматизированное рабочее место оператора БСКИ

Для автоматического планирования полетного задания, выполнения штурманских расчетов, формирования массива цифровой карты местности и записи этих данных на внешний носитель разработано специализированное рабочее место оператора БСКИ и программа САПР. Фотография рабочего места оператора приведена на рис. 3, а.

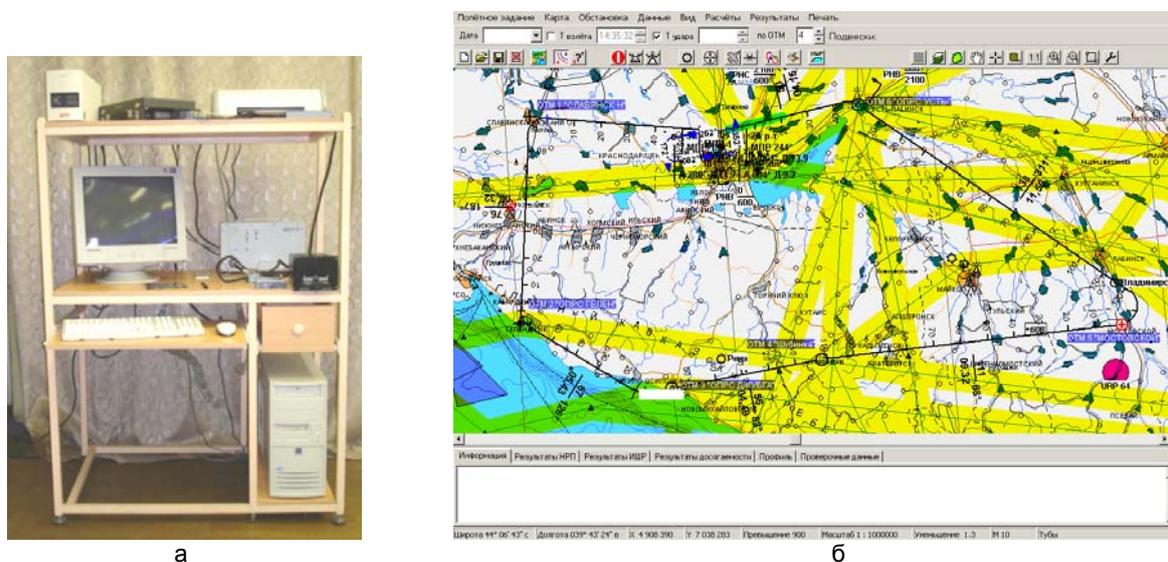


Рис. 3. Внешний вид рабочего места оператора БСКИ (а) и окно рабочей программы САПР (б)

Рабочее место оператора состоит из персонального компьютера с установленной САПР и устройством сопряжения с системой БСКИ. САПР позволяет планировать маршрут полета, выбрать фрагмент карты местности в пределах маршрута, определить аэропорт взлета и аэропорт посадки из базы данных аэронавигации. Оператору САПР БСКИ доступны следующие функции:

- планирование полетного задания, выполнение навигационных и инженерно-штурманских расчетов полета;
- оценка времени полета с заданным остатком топлива, выбор высоты полета и выбор маршрута полета для определения фрагмента массива геоинформационных данных и его занесения в БСКИ;
- выполнение расчета безопасных высот на маршруте полета и в районе аэродромов взлета и посадки.

Внешний вид рабочего окна программы САПР приведен на рис. 3, б. Интерфейсное меню программы САПР состоит из следующих опций: «Полетное задание», «Карта», «Обстановка», «Данные», «Вид», «Расчеты», «Результаты», «Печать».

Команды меню «Полетное задание» выполняют функцию управления созданием и редактированием полетного задания.

Команды меню «Карта» выполняют функцию выбора и управления отображаемыми геоинформационными данными, включая:

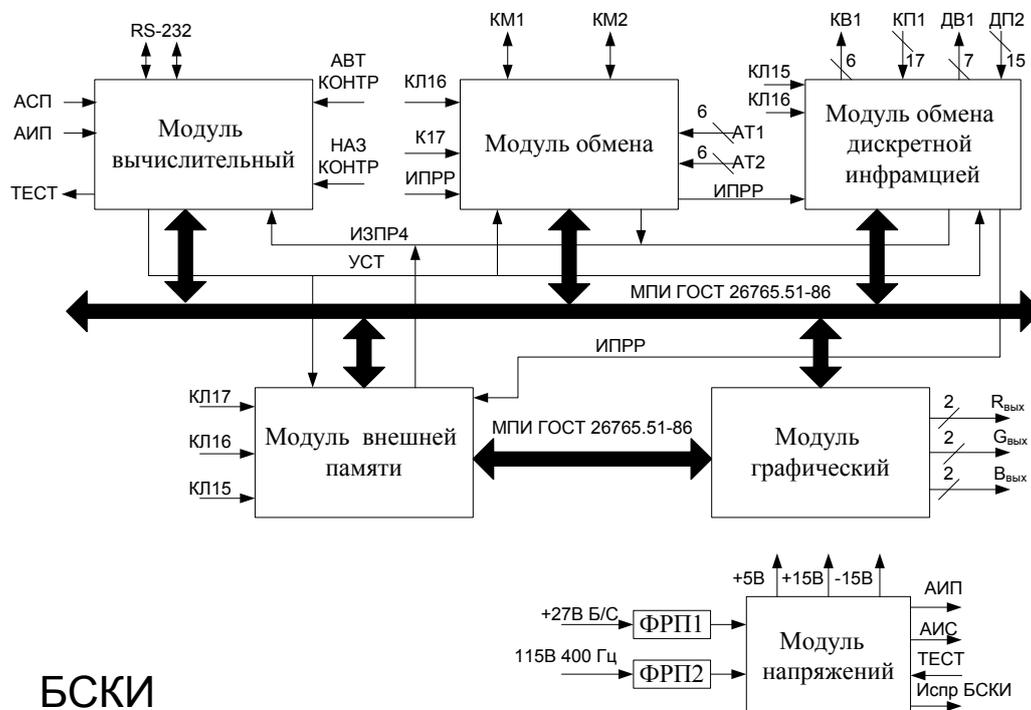
- теневое представление рельефа – подключение изображения матрицы рельефа местности в теневом контрасте;
- цветное представление рельефа – отображение матрицы рельефа местности в цветном контрасте относительно заданной высоты полета. Местность с превышениями рельефа на 300 м ниже заданной высоты полета отображается зеленым цветом; местность с превышениями рельефа местности до 300 м отображается желтым цветом; местность с превышениями рельефа местности от 300 м выше заданной высоты полета отображается цветом (оттенком) от темно-коричневого к красному.

Команды меню «Обстановка» выполняют функцию выбора и управления отображаемой навигационной и тактической обстановкой. Команды меню «Данные» выполняют функцию выбора данных, необходимых для планирования полетного задания и выполнения расчетов. Опции меню включают выбор воздушной трассы, аэродромов по маршруту полета ЛА, выбор визуально видимых ориентиров, выбор опасных точек при взлете и посадке, выбор маршрута полета. Команды меню «Вид» выполняют функцию управления отображаемыми объектами полетного задания и обстановки. Команды меню «Расчеты» выполняют функцию управления подпрограммами, осуществляющими расчеты. Опции меню включают инженерно-штурманские расчеты, выбор безопасных высот полета, выбора астроявлений на маршруте полета ЛА, дальность полета. Команды меню «Результаты» выполняют функцию управления подпрограммами, осуществляющими отображение результатов расчета прикладных программ. Команды меню «Печать» выполняют функцию управления подпрограммами, осуществляющими отображение, редактирование и вывод на устройство печати бланков результатов расчета прикладных программ.

Состав системы БСКИ

Бортовая система картографической информации осуществляет информационное взаимодействие с системами БРЭО ЛА, а также обеспечивает хранение, считывание, подготовку, преобразование и выдачу цифровой карты местности, навигационной и оперативно-тактической информации (в режиме совмещения) на бортовые средства отображения информации [8].

Функциональная схема БСКИ представлена на рис. 4.



БСКИ

Рис. 4. Функциональная схема БСКИ: АСП – авария сетевого питания; АИП – авария источника питания; АВТКОНТР – автономный контроль; НАЗКОНТР – наземный контроль; КМ1, КМ2 – канал мультиплексный; УСТ – установка, ДВ1 – сигнал выдачи дискретной информации (разовой команды); ДП2 – сигнал приема дискретной информации (разовой команды); КВ1 – канал выдачи последовательного кода; КП1 – канал приема последовательного кода; ФРП – фильтр радиопомех; ТЕСТ – сигнал теста модуля; ИПРР – сигнал разрешение прерывания; КЛ – ключи модулей на системной шине; АТ – ключи БСКИ на мультиплексной шине в составе бортового оборудования ЛА; МПИ – магистральный параллельный интерфейс; Испр БСКИ – сигнал исправности

БСКИ состоит из следующих функциональных узлов:

- модуль вычислительный (МВ) – используется как модуль центрального процессора БСКИ;
- модуль обмена дискретной информацией – используется для информационного обмена с абонентами БРЭО по последовательному каналу обмена;
- модуль графический (МГ) – используется для формирования и вывода на средства индикации БРЭО цифровой карты местности в телевизионном формате;
- модуль внешней памяти (МП) – используется для записи и хранения геоинформационных данных, заносимых с внешнего носителя;

- модуль обмена (МО) – используется для информационного обмена с абонентами БРЭО по мультиплексному каналу обмена;
- модуль напряжений (МН) – используется для электропитания модулей, входящих в состав БСКИ.
БСКИ обеспечивает:
- взаимодействие с бортовым радиоэлектронным оборудованием по мультиплексному каналу информационного обмена, по каналам последовательных кодов и разовых команд;
- хранение, считывание, преобразование и передачу совмещенного телевизионного изображения цифровой карты местности и оперативно-тактической информации для отображения на бортовые средства индикации.

При включении питания БСКИ производится инициализация процессора МВ и начальное тестирование системы с формированием сигнала УСТ на системной шине. Сигнал установки запускает процесс начального конфигурирования программируемых логических интегральных схем, входящих в состав функциональных модулей. После успешного прохождения теста начального включения БСКИ формирует сигнал Испр БСКИ внешним абонентам БРЭО и разовый сигнал исправности на лицевой панели (отображается единственным светосигнализатором). Занесенное в МВ функциональное программное обеспечение исполняется процессором. Геоинформационные данные из МП поступают в МГ, где формируется и выводится по цветному аналоговому каналу RGB (Red, Green, Blue) телевизионный сигнал, содержащий электронное изображение карты. Выводимый на средства индикации фрагмент карты определяется текущим местоположением самолета, координаты которого система БСКИ получает по мультиплексному каналу связи или по дискретному каналу связи от абонентов БРЭО.

Заключение

Для повышения эффективности применения бортовой радиоэлектронной аппаратуры летательного аппарата состав бортового радиоэлектронного оборудования необходимо дополнить устройством формирования и вывода на бортовое средство индикации цифровой карты местности с «наложенной» навигационно-тактической обстановкой и визуализацией подстилающего рельефа местности.

Вывод геоинформационных данных на экран бортового индикатора позволяет экипажу летательного аппарата своевременно получать пространственную информацию местонахождения объекта, визуально ориентироваться на местности. Также повышается информационная осведомленность экипажа, упрощается решение задачи навигационной ориентации и восприятия тактической обстановки в зоне полетов.

Литература

1. Жаринов И.О., Жаринов О.О. Бортовые системы картографической информации. Принципы построения геоинформационных ресурсов: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 40 с.
2. Бабак В.П., Быков В.Н., Виноградов Ю.Н., Ильченко Ю.А., Парамонов П.П., Суслев В.Д., Сухомлинов Д.В., Уткин Б.В., Юшинский Ю.Т. Устройство синтеза картографических изображений. Патент на полезную модель №2250182 С1 RU, МПК G06F 1/00. № 2004121191/11. Заявл. 13.07.2004. Опубл. 20.04.2005.
3. Малышкин К.В., Мухин И.Б. Способ ситуационной адаптации пространственных данных в бортовых геоинформационных системах // Научно-технический вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2012. – № 185. – С. 111–117.
4. Малышев В.В., Куршин В.В. Навигация авиационного потребителя с использованием цифровых карт // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2012. – № 12. – С. 1–19.
5. Парамонов П.П., Коновалов П.В., Жаринов И.О., Кирсанова Ю.А., Уткин С.Б. Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в бортовых системах картографической информации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2 (84). – С. 165–167.
6. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О. Теория и практика статистического анализа картографических изображений в системах навигации пилотируемых летательных аппаратов // Датчики и системы. – 2001. – № 8. – С. 15–19.
7. Парамонов П.П., Ильченко Ю.А., Жаринов И.О., Тарасов П.Ю. Структурный анализ и синтез графических изображений на экранах современных средств бортовой индикации на плоских жидкокристаллических панелях // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. – № 5. – С. 50–57.
8. Копорский Н.С., Видин Б.В., Жаринов И.О. Система бортовой картографической информации пилотируемых летательных аппаратов. Основные принципы построения // Сб. трудов 10-й международной конференции «Теория и технология программирования и защиты информации». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – С. 18–23.

- Парамонов Павел Павлович* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, postmaster@elavt.spb.ru
- Костишин Максим Олегович* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, job.max@me.com
- Жаринов Игорь Олегович* – Россия, Санкт-Петербург, СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова, руководитель учебно-научного центра, доктор технических наук, доцент, igor_rabota@pisem.net
- Нечаев Владимир Анатольевич* – Россия, Санкт-Петербург, СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П.А. Ефимова, руководитель научно-исследовательского центра, nil-12@mail.ru
- Сударчиков Сергей Алексеевич* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, s-a-sudarchikov@yandex.ru