

№8

2013

август

Научно-практический
журнал для специалистов

Республика Беларусь, г. Минск

ЭЛЕКТРОНИКА

Тема номера:

*«Глобальные
навигационные системы
и аэрокосмические технологии»*

Комплектация для систем защиты кабельной продукции в автомобильной и других отраслях промышленности



Schlemmer
CABLE PROTECTION SYSTEMS

FEK

ООО «ФЭК» РБ, 220015, г. Минск, пр. Пушкина, 29Б,
тел./факс: +375 (17) 210-21-89,
+375 (29) 370-90-92; +375 (29) 274-17-13,
e-mail: info@fek.by, www.fek.by

ПОДПИСКА В БЕЛАРУСИ: «Белпочта» – 00822

ПОДПИСКА В РОССИИ: «Роспечать» – 00822

«АРЗУ – Почта России» – 91654

ISSN 1999-7515



9 771999 751006

1 3008

А л в ф а ч и п л т д

Новые возможности ваших идей

- Средства автоматизации
- Электронные компоненты
- Датчики
- Сенсоры
- Устройства индикации
- Светодиоды

Прямые поставки от мировых производителей
Разработка и Техническая поддержка новых проектов

 **aimtec**

Honeywell



SUNLIKE
DISPLAY TECH. CORP.

 **ANALOG
DEVICES**

SICK



MICROCHIP

E-MAIL: ANALOG@ALFA-CHIP.COM
WWW.ALFACOMPONENT.COM
WWW.ALFA-CHIP.COM

БЕЛАРУСЬ, МИНСК, УЛ. Я.КОЛАСА, 3, ОФИС 8
ТЕЛ.: +375(17) 209-80-45
ФАКС: +375(17) 209-80-47

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

электроника
инфо

International magazine
of amateur and professional electronics
№8 (98) август 2013

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь

Регистрационный №71
от 05 марта 2009 года

Главный редактор:
Раковец Леонид Иванович
e-mail: electronica@nsys.by

Заместитель главного редактора:
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmalouskaya@electronica.by

Редактор технический:
Бортник Ольга Викторовна

Редакционная коллегия:

Председатель:
Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
e-mail: sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.
Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.
Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.
Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.
Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.
Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.
Мулярич Степан Григорьевич, д.т.н.
Петровский Александр Александрович, д.т.н.
Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.
Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:
Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс. +375 (17) 204-40-00
e-mail: asg@nsys.by

Учредитель:
ТЧУП «Белэлектрониконтракт»
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Пушкина, 29 Б,
тел./факс: +375 (17) 210-21-89,
+ 375 (17) 204-40-00
www.electronica.by

© Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале «Электроника инфо», допускается
с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписной индекс в РБ:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:
150 экз. отпечатано
тип. ООО «Полиграф»
г. Минск, ул. Кнорина, 50/4-401А
Лицензия №02330/0494199 от 03.04.2009 г.
Подписано в печать 12.08.2013 г.
Заказ №

СЛАВНЫЕ ИМЕНА

ОТЕЦ РУССКОЙ АВИАЦИИ.....2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

ИСТОРИЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ.....9

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

ЮРИЙ УРЛИЧИЧ: «ГЛОНАСС СТАЛА СТЕРЖНЕВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСКОРЕННОГО
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ»
А. Ломов.....12

С ВЫСОТЫ. ВРЕМЯ И МЕСТО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТОЧНО ОПРЕДЕЛЯЮТ СПУТНИКИ
М. Бурлешин.....60

ОБЗОР

ГЛОНАСС: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА.....15

СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

ИСПЫТАНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
А.В. Кутько, И.И. Толкачев.....20

НАУКА

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ
А.В. Роговец.....22

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....29-46

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ
ПО ДАННЫМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ЛОКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ
НА ОСНОВЕ ND: YAG-ЛАЗЕРА
С.А. Лысенко, М.М. Кугейко.....29

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
СПРАВОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
С.А. Самодумкин.....34

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ПАНХРОМАТИЧЕСКИХ
И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
О.Н. Новак.....38

ТЕХНОЛОГИИ

СПУТНИКОВАЯ ТЕЛЕМАТИКА НА СЛУЖБЕ У КОРПОРАТИВНЫХ АВТОПАРКОВ
С. Сысоева.....48

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

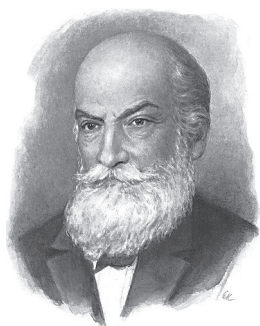
СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

«Алнар».....64	«ФЭК».....64
«АльфаЛидер групп».....64	«Чип электроникс».....64
«БелПлата».....8	«Экнис».....47
«Вектор Технологий».....63	
«ГорнТрейд».....61	
«Минский часовой завод».....46	
«Нанотех».....8	
«Приборостроительная компания».....64	
«Промтехсервиснаб».....61	
«СветЛед решения».....64	
«Стелла Монтис».....47	
«Тиком».....8	
	Обложки, цветные вставки
	«Альфасофт».....II обл.
	«Энерджи».....II вст.
	«Рейнбоу Электроникс».....III обл.
	«ФЭК».....I обл., I вст.
	«Элтикон».....IV обл.
	«Электроконтинент».....IV обл.

ОТЕЦ РУССКОЙ АВИАЦИИ

Лет сто тому назад люди, близко стоящие к московскому городскому хозяйству, столкнулись с загадочным и непонятным явлением: то и дело, без всякой видимой причины, лопались прочные магистральные трубы водопроводной сети. Бедствие принимало такие размеры, что иные домовладельцы уже собирались прикрыть водопровод и вернуться к старому способу: возить воду бочками и таскать ведрами из Москва-реки и дворовых колодцев.

После некоторых размышлений Управление городским хозяйством создало комиссию для изучения странного явления и разрешения загадки. В комиссию решено было ввести профессора механики Московского высшего технического училища Николая Егоровича Жуковского. В приглашении этом не было ничего удивительного. Когда водопровод проектировался и строился, к Жуковскому не раз обращались за советами, и всегда он отвечал на самые сложные вопросы очень точно.



1847, 17 января – в семье штабс-капитана Егора Ивановича Жуковского и Анны Николаевны Жуковской в деревне Орехово Владимирской губернии родился сын, названный Николаем.

Николай Жуковский был худеньким, смуглым, непоседливым мальчиком с темными волосами и черными глазами. Кроме того, в семье было еще три сына: Иван – старше его на три года, Валериан – на четыре года моложе и Владимир – на шесть лет моложе.

Теперь для изучения причин бедствия, постигшего московский водопровод, Жуковский отправился на Алексеевскую водокачку. И скоро он сообщил комиссии, что одной из главных причин аварий магистральных труб является, по его мнению, развитие сильного ударного действия воды в трубах, когда их быстро открывают или закрывают. Все происходящее в теснинах чугунных труб Жуковский представлял себе совершенно ясно и, пожалуй, даже угадывал основные черты закона, управлявшего водной стихией. Однако чтобы выразить этот закон с помощью формул и чисел, доступных пониманию всех, необходимо было тщательно обследовать опытным путем явление гидравлического удара. По указаниям Николая Егоровича на водокачке соорудили сеть водопроводных труб разных диаметров. Сеть заставляли работать при самых разнообразных условиях. Электрические звонки, хронометры, пишущие аппараты сторожили каждый опыт, каждое движение воды, каждое колебание труб. Опытная сеть была построена с большим остроумием и поразительной предусмотрительностью. И вот оказалось, что действительно все явления гидравлического удара, как и предполагал Жуковский, объясняются возникновением и развитием в трубах ударной волны. Инженеры, строившие водопровод, не обратили внимания на то, что когда задвижка или кран быстро закрываются, то остановка движения воды сама волной передается в трубах.

Причины аварии установлены, исследователю оставалось предложить меры к их предотвращению. Простейшей из мер было медленное закрывание и открывание кранов. Как только такие краны с приспособлением для медленного закрывания были введены, так тотчас и прекратились аварии, донимавшие московский водопровод.

Вы думаете, что этим дело и кончилось? Водопроводные аварии, медленно зачинчивающиеся краны!.. Для Жуковского тут был не конец, а только начало. Отсюда начиналась истинная наука, а Жуковский был великий ученый. Он заглянул гораздо глубже в сущность стихии. И вот однажды, вернувшись из мира своих опытов и вычислений в практический мир, он принес с собой нечто, прямо похожее на колдовство. Он нашел способ определять место аварии, не выходя из водокачки и не дожидаясь, когда вода в месте разрушения трубы выступит на мостовой. Как же это возможно? А для этого нужно только создать искусственный гидравлический удар на водокачке и затем взглянуть на «ударную диаграмму» Жуковского – и место утечки воды определится точно.

Когда старых, опытных рабочих-водопроводчиков прислали впервые на спокойную улицу с сухой и чистой мостовой и сказали им: «Ройте, тут лопнула труба!» – они приняли это за блажь или за неуместную шутку. Сняв верхний покров мостовой, люди недоуменно приступили к работе и, посмеиваясь, швыряли землю. Но ждать пришлось недолго. За песчаным слоем последовала глина, налитая до отказа водой, и вслед за тем захлюпала жидкая грязь: место разрыва трубы было определено по диаграмме совершенно правильно.

1854 – для подготовки к поступлению в гимназию Ивана и Николая Жуковских был приглашен домашний учитель – студент Московского университета А.Х. Репман, человек незаурядных способностей, отличавшийся страстной любовью к естественным наукам и хорошим знанием иностранных языков.

Дети много читали. Особой любовью пользовались Диккенс и Жюль Верн. Много позже, когда Н.Е. Жуковский стал всемирно известным ученым, в его научной библиотеке всегда на почетном месте стояла книга Жюль Верна «Воздушный корабль».

Так была решена профессором Жуковским задача о величине гидравлического удара и о скорости его волны. То было первое полное и точное решение этой задачи в науке. Когда Жуковский делал 26 сентября 1897 года доклад об этом решении в Политехническом обществе, деловой вечер обратился в триумф теоретической науки и ее блестящего представителя. Слушателям было ясно, что они присутствовали на докладе мирового значения. И действительно, работа Жуковского «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах», переведенная почти на все языки, стали теоретической основой для совершенствования всех гидравлических машин. Гидротехники получили возможность производить точные расчеты

не в одном водопроводном деле. Прежде всего были созданы правильные конструкции гидравлических таранов (водоподъемных машин), работавших до того очень плохо, так как наука не имела оснований для соответствующих расчетов. Теперь гидравлический таран, остроумнейшее изобретение человека, как бы начал жить заново.

1857 – домашняя подготовка закончена и братья Жуковские (Иван и Николай) вместе с матерью Анной Николаевной приезжают в Москву для вступительных экзаменов.

1858, февраль – Николай Жуковский поступил в 4-ю Московскую гимназию, где начиная с 3-го класса, выделился как лучший ученик по естественным наукам, алгебре и геометрии. Очень трудно давались иностранные языки, особенно латынь и немецкий. Братья Жуковские содержались в пансионе для разночинцев (родители не могли вносить плату, положенную для благородных гимназистов). Разница, впрочем, состояла лишь в качестве обеда и месте проживания.

За долгую свою жизнь Жуковский решил несколько сотен задач, подобных той, о которой мы только что рассказали. Все они были из числа труднейших. Все они касались вопросов, которые ставили перед наукой и техникой практические работники самых разнообразных областей жизни. Так Жуковский занимался и вопросом о прочности велосипедного колеса, и вопросом о наивыгоднейшем угле наклона крыла самолета, и вопросом о рациональной форме корабля. С исчерпывающей полнотой и даже с показом механических моделей: ответил он и на вопрос, почему кошки при паде-

нии всегда падают на лапы, и на вопрос о коэффициенте полезного действия человеческого организма, и на вопрос, почему из фабричных труб дым выходит клубами, и на тысячу других вопросов, больших и маленьких. Он делал доклады и о парении птиц, и о движении вихрей, и о сопротивлении воздуха при больших скоростях, и о движении вагонов по рельсам, и о снежных заносах, и о ветряных мельницах, и о качке кораблей.

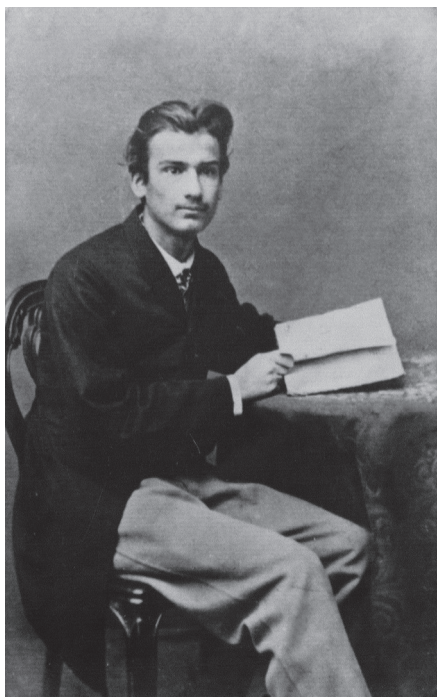
Но самым главным среди всего, что сделал Жуковский, были его исследования об авиации. Он разработал теоретические основы авиации и способы расчета самолетов – и это в те времена, когда строители первых самолетов твердили, что «самолет – не машина, его рассчитать нельзя», и больше всего надеялись на опыт, практику и свою интуицию! Директор аэронавтической школы в Лозанне Рикардо Броцци, например, писал: «Аэродинамика, бесспорно, есть наука вполне эмпирическая. Все заслуживающие доверия законы являются и должны быть указаниями действительного опыта. Нет ничего более опасного, как применять здесь математический аппарат!».

Эти наивные строчки были напечатаны в труде Броцци в том самом 1916 году, когда на французском языке появилась работа Жуковского «Теоретические основы воздухоплавания», решительно опровергающая утверждения директора аэронавтической школы. Но Жуковский слишком широко шагнул впереди своего времени.

Брошенный клочок бумаги падает, козыряя, и ложится совсем не там и не так, как можно было бы ожидать. Орел и ястреб парят в воздухе, не двигая крыльями, но не падают. Все явления, происходящие под влиянием сил, возникающих при движении тела в воздухе, долгое время оставались непонятными и необъяснимыми. В тайну законов, управляющих ими, казалось невозможным проникнуть. То же можно сказать и о явлениях, связанных с движением жидкостей, вызванным воздействием каких-нибудь сил.

1864, весна – Николай Жуковский заканчивает гимназию с серебряной медалью и с осеннего семестра зачисляется в Московский университет без экзаменов.

В студенческие годы Николай Жуковский обладал ограниченными материальными средствами и для обеспечения жизни в Москве занимался вместе со своим товарищем М.А. Щукиным изданием лекций профессоров. Однако учебные успехи не были выдающимися, и в назначении стипендии имени Ломоносова Жуковскому было отказано.



Жуковский Н.Е. Портрет, 1869 год

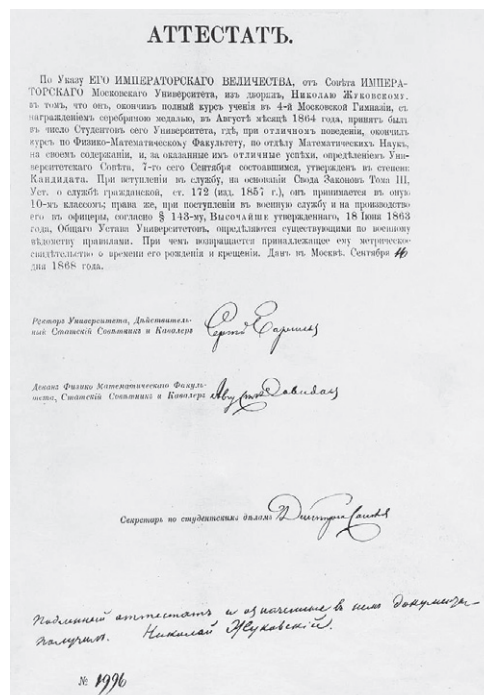
До недавнего времени точных законов аэродинамики и гидродинамики, определяющих поведение воздуха и жидкостей в связи с действующими на них силами, человечество не знало. Поэтому в течение тысячелетий, несмотря на множество безумных и наивных попыток, человек не поднялся в воздух, как птица, но сделал это тогда, когда удалось разрешить основные вопросы аэродинамики. В разрешении водных и воздушных загадок Жуковскому принадлежит одно из первых мест в науке, наряду с Бернулли, Гельмгольцем, Эйлером, Кирхгофом и Томсоном. Этот человек словно похищал у стихий природы одну тайну за другой и ставил их на службу человечеству.



Жуковский Н.Е. в годы учебы в университете. Портрет, 1869 год

Потому-то так подробно и рассказана история решения задачи о гидравлическом ударе, что она вполне определяет особый, неповторимый характер научных работ Жуковского. Все они были именно научным разрешением вопросов, выдвигаемых практикой, но суть у Жуковского оказывалась каждый раз в том, что творческие заключения его, вызванные частным случаем, можно была широко применять и в ряде других случаев. Его открытия не скользили только по поверхности явлений, но вскрывали глубокие, основные законы, управляющие ими.

1868, осень – после окончания университета Жуковский решает осуществить свою юношескую мечту и поступает в Петербургский институт инженеров путей сообщения, бывший в 19-м веке одним из лучших высших технических учебных заведений России. Преподавание в нем радикально отличалось от университетского. Следуя учебным планам Парижской Политехнической школы, на первых двух курсах главное внимание уделялось начертательной геометрии, черчению и геодезии. Однако климат Петербурга оказался неподходящим для здоровья Жуковского, да и при зачислении в институт он не был освобожден от сдачи тех научных дисциплин, которые изучал в университете. В итоге учебная нагрузка оказалась столь высокой, что результаты Жуковского по основным и новым для него дисциплинам – геодезии и черчению оказались весьма слабыми. Неудовлетворительная оценка по на экзамене по геодезии привела Жуковского к решению оставить институт.



Аттестат Жуковского Н.Е.
об окончании физико-математического факультета

Ученики, инженеры и техники всех специальностей называли Жуковского «сверхинженером»: его помощи просили в наитруднейших случаях. А сверхинженер Жуковский, в свою очередь, страстно любил решать головоломные задачи, выдвигаемые практикой. Пусть над ними бесплодно бились специалисты, искав разрешения опытным путем, – сверхинженер решал по-своему – теоретически – и с тем большим успехом, что владел завидным даром выделять важнейшие стороны вопроса и находить простейший метод решения. Явление, к которому он подходил как исследователь, он представлял в точных, почти осязаемых геометрических образах и формах. Часто он вычерчивал на бумаге эти геометрические формы, чтобы придать им отчетливость и наглядность. «Математическая истина», – говорил он, – «только тогда должна считаться вполне обработанной, когда она может быть объяснена каждому из публики, желающему ее усвоить. Я думаю, что если возможно приближение к этому идеалу, то только со стороны геометрического толкования или моделирования... Геометр всегда будет являться художником, создающим окончательный образ построенного здания».

Когда он брался за популярное изложение своих работ, он обходился без формул и все же умел сделать свою мысль совершенно ясной.

Всю свою жизнь Жуковский шел в своем творчестве от живого созерцания, через геометрическое представление к отвлеченному мышлению и отсюда к практическим результатам. Он, несомненно, обладал крупным поэтическим дарованием, талантом мышления в образах. Но мышление это было особого рода. Оно не задерживалось на внешней живописности вещей, оно стремилось открыть основное в их формах, искало общих законов, ими управляющих, и власти над вещами.

1870, 15 августа – Жуковский занял место преподавателя физики во 2-й женской гимназии, вместо уехавшего в Одессу профессора физики Н.А. Умова. В те годы все научные работники по разделу прикладной математики обычно начинали свою деятельность с преподавания в системе средней школы.

1871 – успешная сдача магистерских экзаменов: 9 февраля – практическая механика, 6 марта – теоретическая механика, 22 апреля – чистая математика. После этого Жуковский получил право преподавания в высшем учебном заведении. 18 ноября – Педагогический совет Московского высшего технического училища избирает Жуковского преподавателем математики, а начиная с 1872 года он получил уроки механики в Московской практической академии коммерческих наук.

Он рассказывал, что решения многих крупнейших и красивейших в математическом смысле задач приходили к нему не за письменным столом в московском кабинете, а в глуши Владимирской губернии, на лугу, в поле, в лесу, под ясным голубым небом. Над зеленым лугом летали стрелы его арбалета с винтом, когда он занимался измерением и вычислением времени полета. По проселочным дорогам взад и вперед мелькал его велосипед с большими крыльями, когда он изучал сопротивление воздуха. Живая природа открывала тайны аэродинамики этому пророку авиации, предсказавшему «мертвую петлю» за двадцать лет до того, как ее впервые совершил Нестеров, и за десять лет до появления первого аэроплана братьев Райт. Всю свою долгую жизнь, неизменно, каждое лето он приезжал сюда и здесь решал отвлеченнейшие задачи; вроде задачи о механической модели маятника Гесса, не удававшейся ему так долго в Москве.

Но творческая биография профессора Жуковского начинается не с маятника Гесса и не с аварий водопроводных труб. Она начинается гораздо раньше.



Усадьба Орехово

Николай Егорович Жуковский родился 17 января 1847 года в селе Орехово вблизи Владимира в семье военного инженера. Воспитанием детей в семье занималась мать, женщина властная и хорошо образованная. Она учила детей грамоте, музыке, рисованию и правилам хорошего тона. Николай с ранних лет учился с интересом и легко. Мальчик был не только вымуштрован, не только отлично умел войти и выйти, поклониться и ответить как надо, – нет, живой ум его, преисполненный любопытства, рвался к знанию и опыту, к проникновению в жизнь природы. К моменту поступления в гимназию он много читал, знал французский и немецкий языки. Влияние отца на общее воспитание ребенка сказалось в выработке в нем инженерного направления ума, технической интуиции и любви к природе.

1874, 14 сентября – Жуковский утвержден доцентом кафедры аналитической механики Московского высшего технического училища. Началась плодотворная и целеустремленная педагогическая деятельность Жуковского.

1876 – первая научная работа Жуковского, посвященная выявлению законов распределения скоростей и ускорений частицы жидкости. По существу, это было введение в общий курс гидромеханики.

1876, 4 ноября – публичная защита диссертации. Защита прошла успешно, и Жуковский получает ученую степень магистра прикладной математики. Эта дата ознаменовала старт Жуковского, как ученого.

В 1858–1864 годах Жуковский учился в московской гимназии, где очень быстро проявились его математические способности. Математику в этой гимназии преподавали авторы самых распространенных в России учебников – Малинин и Буренин. В первых трех классах у Малинина Жуковский учился плохо, он не любил цифр и расчетов в их голом, отвлеченном виде. Но у Буренина, преподававшего геометрию, он вдруг оказался лучшим учеником. Очевидно, по самому складу своего ума ребенок мог отчетливее всего видеть мир и понимать отношения в нем геометрически, когда понимание было предельно ясным, зримым. Правда, Анна Николаевна, мать Жуковского, осталась в убеждении, что неожиданными успехами сын ее обязан благословению митрополита Филарета, за которым привела своего мальчика.

Окончив гимназию, он мечтал о профессии инженера-путейца и хотел учиться как и его отец в Петербургском институте инженеров путей сообщения. Однако материальное положение семьи не позволило осуществить это желание, и Жуковский был вынужден поступить на физико-математическое отделение Московского университета. Интересно сегодня читать письмо мальчика Жуковского, написанное матери еще в гимназии: «Милая мамаша! Ужасно опечалило меня письмо Ваше, в котором Вы пишете, что не будете в силах отдать меня в Петербург, в инженерный корпус, потому что идти в университет, да еще на математический факультет, я не вижу никакой дороги. А время уже подумать, и серьезно, о самом себе, – я уже не ребенок... Оканчивая университет, нет другой цели, как сделаться

великим человеком, а это так трудно: кандидатов на имя великого так много...». Как он был скромен и не склонен преувеличивать свои способности!

*Научное наследие Жуковского оказалось огромным. Всего он написал:
гидромеханика и гидравлика – 46 работ;
аэромеханика – 50 работ;
теоретическая механика (включая астрономию и математику) – 41 работа;
прикладная механика – 30 работ;
речи и статьи по истории науки – 27 работ;
Итого – 194 работы.*

В университете читали лекции Давидов, Слудский, Цингер – известные ученые, и юноша примирился со своей судьбой, тем более, что уже с первого года пребывания в университете Жуковский участвовал вместе со своими учителями в занятиях математического кружка, из которого потом выросло Московское математическое общество.

1881, 1 ноября – первый известный доклад Жуковского по вопросам воздухоплавания в Московском политехническом обществе.

1882, 30 апреля – Жуковский защищает диссертацию на степень доктора прикладной математики, представив работу «О прочности движения». 8 мая – определением Совета Московского университета Жуковский утвержден в степени доктора.

1885 – публикация в журнале Русского физико-химического общества выдающегося сочинения «О движении твердого тела, имеющего полости, наполненные однородной каплевой жидкостью».

1886 – Жуковский – экстраординарный профессор Московского университета по кафедре прикладной математики.

Окончив университет, Н.Е. Жуковский решил осуществить свою давнюю мечту. Он уезжает в Петербург и поступает в Институт инженеров путей сообщения. Однако житейские трудности и неудовлетворенность характером обучения в этом институте привели к тому, что уже через год, провалившись на экзамене по геодезии, Жуковский оставил это учебное заведение. Врачи констатировали крайнее переутомление и запретили ему всякий умственный труд. Следуя предписаниям врачей, Жуковский в 1869 году уезжает домой в Орехово, где спокойно и тщательно обдумав свое положение, решает стать ученым-исследователем и готовится к магистерским экзаменам. С этого момента начался путь Н.Е. Жуковского в науку – механике, где он достиг величайших высот, став одним из самых известных в мире русских ученых. В 1876 году Жуковский защитил магистерскую и в 1882 году докторскую диссертации.

1887 – Жуковский занимает должность штатного профессора по кафедре аналитической механики в Московском высшем техническом училище.

1889 – при кабинете прикладной механики Московского университета начаты исследования по вопросам воздухоплавания.

1890 – публикация в Математическом сборнике Московского университета большой работы «Видоизменение метода Кирхгофа для определения движения жидкости в двух измерениях при постоянной скорости, данной на неизвестной линии тока». Своим методом Жуковский не только с необычайной ясностью и изяществом решил задачи Кирхгофа, Бобылева и Мещерского, но и ряд новых задач, в частности, исследование действия турбин и задачи струйного сопротивления.

Советом высшего технического училища (МВТУ) он был избран профессором по кафедре механики и начал преподавать математику. В 1887 году возглавил здесь кафедру механики, вся дальнейшая жизнь Николая Егоровича связана с этим учебным заведением. Здесь он, будучи талантливым педагогом, воспитал целую плеяду учеников, принесших науке массу блестящих результатов. Здесь же им были созданы исследовательские лаборатории для решения задач аэромеханики, ставшие прообразом крупнейших в нашей стране научно-исследовательских институтов. В 1888 году Жуковский занял кафедру прикладной механики в университете. Он становится деятельнейшим членом всех научных обществ в Москве, где он уже устроился на жительство.

1892 – доклад «По поводу летательного снаряда Чернушенко», первая научная работа Жуковского по динамике полета.

1894 – доклады «О летательном аппарате профессора Вельнера» и «Новая летательная машина Хайрама Максима», в этом же году Жуковский избран членом-корреспондентом Академии наук.

1895 – по приглашению Отто Лилиентала Жуковский посещает Германию и наблюдает за его полетами. Доклад «Летательный аппарат Отто Лилиентала».

1897–1898 – Жуковский исследует причины возникновения аварий в Московском водопроводе, вскрывает механизм гидравлического удара и выводит формулы, связывающие скорость течения, давление, плотность и радиус трубы, зависящие от времени и расстояния рассматриваемого сечения от выбранного начала координат.

Педагогическая деятельность Жуковского совсем не была похожа на выполнение обязанностей, дававших материальную возможность заниматься научными исследованиями. Нет, то была составная часть научных занятий. И недаром в самой своей исследовательской работе Николай Егорович никогда не отделял своей части от части своих учеников и даже не видел существенной разницы между ними.

1898, 21 февраля – доклад Жуковского о явлениях гидравлического удара на собрании ученых

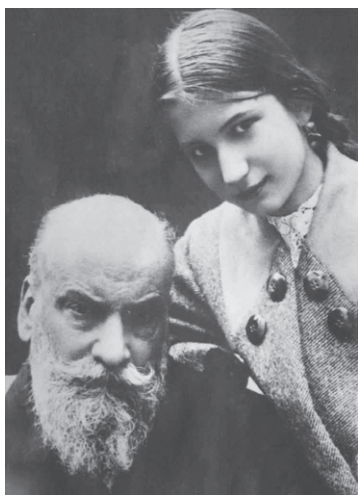
и инженеров в Политехническом обществе. Триумф научной и инженерной мысли!

1898, осень – на X съезде русских естествоиспытателей и врачей Жуковский прочитал обзорный доклад «О воздухоплавании», в котором решительно поддержал развитие аппаратов тяжелее воздуха.

1900 – кандидатура Жуковского выдвинута в действительные члены Академии. Однако академический устав того времени требовал от избранного в члены Академии переезда в Петербург. Жуковский, не желая покидать Москву и большую научную школу механиков, снял свою кандидатуру. Публикация работы Жуковского «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах» в Германии на немецком языке.

1904 – аналогичная публикация в Великобритании.

«Я занимался этим вопросом, – говорил он молодым ученым, спрашивавшим его мнения о той или иной задаче, – «но у меня ничего не вышло. Попробуйте вы, может быть, у вас выйдет!». Он испытывал глубочайшее удовлетворение, прививая своим слушателям любовь к науке. Он изобретал удивительные модели и приборы, чтобы дать наглядное представление о самых отвлеченных задачах. Иногда он приносил в аудиторию клочок живой природы, вроде маленькой птички, которую демонстрировал студентам университета, чтобы они могли разобраться в условиях взлета.



Николай Егорович Жуковский с дочерью Еленой

1905, 15 ноября – Жуковский читает в Математическом обществе доклад «О присоединенных вихрях», заложивший теоретическую основу развития методов определения подъемной силы крыла аэроплана.

1906 – публикация доклада в виде отдельной научной работы.

1907 – публикация во Франции доклада «О гидравлическом ударе».

1908 – Жуковский создает Воздухоплавательный кружок МВТУ, из которого впоследствии вышли известные деятели авиации и техники: Архангельский, Ветчинкин, Мусинянц, Сабинин, Стечкин, Туполев, Юрьев и другие.

1909 – Жуковский возглавляет создание аэродинамической лаборатории в Московском высшем техническом училище.

1910 – Жуковский возглавляет Научно-технический комитет только что созданного Московского общества воздухоплавания.

Основой научного метода Н.Е. Жуковского при решении задач прикладной механики всегда был опыт – или наблюдение явления природы, или специально поставленный эксперимент. Только после того, как явление в своих основных чертах было понято Жуковским, он формулировал его математическое описание и всегда доводил результаты расчетов до практических выводов – формул, законов, свойств конструкций и т.д.

1910-1911 – новая работа по аэродинамике, в которой Жуковский установил два класса теоретических профилей крыла.

1911 – к 40-летию преподавательской деятельности Московское высшее техническое училище утверждает Жуковского в звании инженера-механика и вручает ему золотой инженерный знак.

1912 – начало появления статей Жуковского по вихревой теории гребного винта. Разработанная Жуковским, эта теория является основой проектирования и построения пропеллеров большинства современных винтовых и турбовинтовых самолетов. Жуковский начинает курс лекций по динамике аэропланов в школе авиации на Ходынском аэродроме.

1914–1915 – Жуковский начинает первые в России аэродинамические исследования авиационных бомб.

1916, 1 июля – Жуковский организует расчетно-испытательное бюро при аэродинамической лаборатории Технического училища.

Но основной заслугой Н.Е. Жуковского перед мировой наукой, прославившей его имя, была разработка вопросов аэромеханики, создание теоретических основ расчета элементов самолета и его конструкции в целом, создание первых аэродинамических труб и разработки основ экспериментальной механики, создание в России системы подготовки летчиков и, наконец, создание аэродинамических лабораторий и институтов, обеспечивающих нашей стране лидирующее положение в мире в области самолетостроения.

Вопросы воздухоплавания стали интересовать Жуковского еще в 90-х годах XIX века, когда еще ни один самолет не поднимался в воздух. В 1902 году он построил в Московском университете первую в Европе аэродинамическую трубу и целиком переключился на исследования по аэродинамике.

В 1904 году Жуковский сформулировал свою знаменитую теорему о подъемной силе крыла, ставшую основной теоремой аэродинамики. В 1905 году он прочитал доклад о «присоединенных вихрях». Модель присоединенных вихрей до сих пор является основой аэродинамического расчета крыльев конечного размаха и винтов (самолетов и судов). В 1904 году под руководством Жуковского в пос. Кучино под Москвой был создан первый в Европе аэродинамический институт. В 1914–18 годах в МВТУ Жуковский организовал кружок по расчету самолетов, испытательное бюро для оценки узлов строящихся в России самолетов и авиационные курсы для подготовки инженеров-конструкторов самолетов. В 1918 году эти курсы были преобразованы в Московский институт инженеров воздушного флота (ныне Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е. Жуковского). Наконец, по инициативе Н.Е. Жуковского в 1918 году был создан ныне всемирно известный Центральный институт аэро- и гидродинамики (ЦАГИ).

1918, 1 декабря – в Москве создан центр научно-исследовательской работы в области авиации и гидроавиации – Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ). Жуковский – председатель научной коллегии.

1920, сентябрь – Жуковский – ректор Института инженеров Красного воздушного флота, получившего его имя (ныне – Военно-воздушная академия имени Жуковского). Декабрь – декретом

правительства установлена годовая премия имени Жуковского за наилучшие труды по математике и механике. Самому Николаю Егоровичу установлен ряд персональных льгот.

1921, 17 марта – кончина Николая Егоровича Жуковского.

Николай Егорович Жуковский скончался 17 марта 1921 года и похоронен на Донском кладбище в Москве. Его выдающийся ученик академик С.А. Чаплыгин на могиле учителя сказал: «Он своей светлой могучей личностью объединял в себе и высшие математические знания, и инженерные науки. Он был лучшим соединением науки и техники, он был почти университетом. Не отвлекаясь ничем преходящим, лишь в меру неизбежной необходимости отдавая дань потребностям жизни, он все свои гигантские силы посвящал научной работе. Его цельная натура была беззаветно посвящена этому труду. Вот чем объясняется то огромное по богатству наследие, которое нам от него переходит. При своем ясном, удивительно прозрачном уме, он умел иногда двумя-тремя словами, одним почерком пера разрешить и внести такой свет в темные, казалось бы, прямо безнадежные вопросы, что после его слова все становилось выпуклым и ясным.... Им создана не школа, а школы».

До сего времени, вряд ли найдется у нас хоть одна конструкция, в создании которой не принял бы участия творческий гений Жуковский: он оставил после себя не только учеников, научную школу, но и труды, без которых не обходится ни один конструктор.

Ф.Н. Савельева, Портал-Слово.ру;
А. Красников, space.hobby.ru



БелПлата

тел. +375 17 287 85 66
факс +375 17 287 85 65
тел.моб. +375 29 684 43 09
220068, г. Минск, ул. Некрасова, 114,
оф. 238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:
любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:
из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:
защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:
любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов:
STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

Программаторы

для любых микросхем

SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM
EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM
EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM
FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH
PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC
MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU
PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL

+375 (17) 266-32-09 www.chipstar.ru

НАНОТЕХ

ООО "Нанотех"
г. Минск, ул. Седых 12А, пом. 2Н

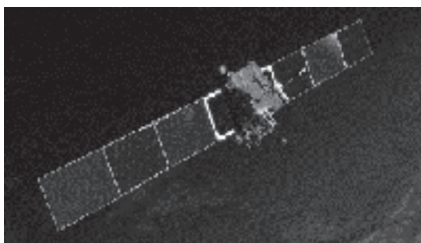
- Монтаж печатных плат**
(автоматический и ручной)
- Печатные платы**
(одно-, двухсторонние, многослойные, на алюминии)
- Трафареты для пасты**
(лазерной резкой из нержавеющей стали)
- Паяльные пасты**
(безотмывочные, канифольные, водосмываемые, и др.)



pcb@pcb.by тел: +375 17 237 29 34
www.pcb.by тел: +375 17 237 29 35
тел/факс: +375 17 237 29 36
тел/факс: +375 17 281 35 36

ИСТОРИЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

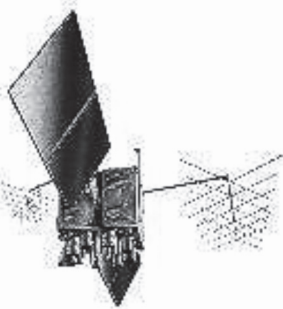
Навигационные системы первого поколения, построенные на базе низкоорбитальных спутников, разрабатывались и вводились в строй в 60–70 годах. В США была разработана система навигации для ВМС под названием NNSS (Navy Navigation Satellite System), впоследствии получила наименование TRANSIT. В ее состав входили спутники типа Oscar и Nova.



Спутник GPS block II F (производство Boeing)

С 1967 года TRANSIT находится в открытом коммерческом использовании, позволяя с помощью малогабаритных приемников GEOCEIVER определять координаты с субметровой точностью. С помощью этой системы, в частности, в СССР и затем в России в 1984–1993 годах была создана доплеровская геодезическая сеть. Помимо этого, в стране разрабатывалась собственная аналогичная система – ЦИКАДА. К этому типу систем можно отнести и международную систему обнаружения терпящих бедствие КОСПАС-SARSAT. Но настоящую революцию в навигации и геодезии произвели спутниковые системы следующего поколения – GPS в США и ГЛОНАСС в СССР.

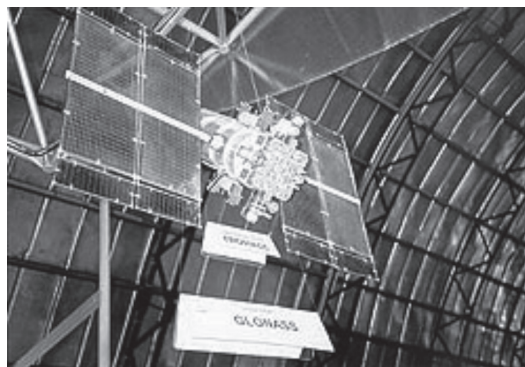
GPS (Global Positioning System) – глобальная система позиционирования. Известна так же под именем NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging). Разработка GPS началась в 1973 году, в 1978 году начат вывод спутников системы на орбиту. Признана готовой к эксплуатации в 1995 году, хотя еще до этого спутниковая навигация широко применялась как на транспорте и в быту, так и военными – в частности, в ходе войны в Персидском заливе в 1991 году.



Спутник GPS block II R (производство Boeing)

ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) стала разрабатываться в СССР также в середине

70-х годах и в 1993 году была официально принята в эксплуатацию МО РФ (Министерство обороны России). Американская GPS и отечественная ГЛОНАСС концептуально аналогичны и отличаются некоторыми аспектами технической реализации. В их основе – орбитальные группировки спутников на круговых орбитах. Высота орбит такова, что спутники совершают примерно два оборота вокруг Земли в сутки (у GPS – высота орбиты 20 150 км и период обращения 11 часов 57 минут, у ГЛОНАСС – 19 100 км и 11 часов 16 минут соответственно). Спутники распределены по нескольким орбитальным плоскостям – в ГЛОНАСС их три, в GPS – шесть. В обеих системах в полной конфигурации действуют 24 спутника плюс 3 резервных. Пользовательские приемники позволяют определить местоположение, регистрируя излучаемые видимыми в данной точке спутниками сигналы. Обе системы фактически дают возможность определять не только координаты, но и время с высокой точностью. Сама эта точность зависит от целого ряда факторов – как технических, так и политических. При использовании обычного приемника GPS удастся получить точность порядка единиц метров. До 2000 года сигнал GPS, предназначенный для обычных пользователей, намеренно искажался, что вело к снижению точности (так называемый режим селективного доступа).



Спутник ГЛОНАСС

Историческим стало решение Президента Клинтона. Он 1 мая 2000 года специальным распоряжением отменил загроушивание сигналов. Ситуация изменилась разительно. Специальные режимы работы (дифференциальный, двухчастотный, фазовые измерения) позволяют получать точность намного более высокую. Например, измерения фазы несущей в GPS-приемниках (реализованные в серийной и имеющейся на рынке аппаратуре) позволяют получать точность определения расстояний между приемниками порядка 1 см + 1 мм на 1 км расстояния между ними. Не совсем ясно, какой уровень точности сможет обеспечивать ГЛОНАСС даже при гипотетической ситуации полного развертывания. Сообщалось, что ее удалось улучшить до 1 метра. Но и это не все. Открытость GPS привела не только к быстрому насыщению рынка недорогими, надежными и эффективными приемниками различных классов, но и к

развитию большого числа вспомогательных сервисов и систем, значительно улучшивших точность позиционирования. К ним, в первую очередь, относятся широкозонные и региональные дифференциальные подсистемы. К числу первых относятся WAAS (Wide Area Augmentation System) на американском континенте, европейская EGNOS и японская MSAS, передающие через геостационарные спутники корректирующую информацию на приемники пользователей. Региональные дифференциальные системы начинают развиваться и в России, однако, законодательные требования, обесмысливающие использование GPS, являются главным тормозом в их развитии. Были опубликованы сообщения о двух событиях в области высокоточного спутникового позиционирования. Во-первых, китайская национальная система позиционирования на базе геостационарных спутников «Бэйдоу» с успешным

запуском третьего из них стала способна обеспечивать пользователей данными об их положении в трех измерениях (широта, долгота, высота). Во-вторых, после долгих споров страны-участницы ESA вынесли окончательный вердикт – европейская система позиционирования «Галилео» будет создана. Проект «Галилео» предусматривает развертывание орбитальной группировки из 30 спутников, в том числе резервных. Первый спутник должен выйти на орбиту в конце 2004 года, а к 2008 году система достигнет полной операционной готовности. Согласно расчетам, «Галилео» позволит значительно повысить точность прямого определения местоположения пользователя, доведя ее до одного метра без использования специальных режимов и дополнительных подсистем. Стоимость проекта составит ориентировочно 3,6 млрд долл. США.

Amobile.ru

НОВОСТИ

КАЗАХСТАН ПРИСТУПИЛ К ВЫПУСКУ АППАРАТОВ GPS



В Казахстане приступили к выпуску навигационной аппаратуры потребителей (НАП) для систем GPS и GLONASS, которые будут применяться на транспортных средствах, сообщил председатель АО «Национальное космическое агентство» Талгат Мусабаев в эксклюзивном интервью сайту Primeminister.kz.

«Теперь мы принялись за создание потребительской аппаратуры, так называемая, НАП, которая будет устанавливаться на транспортных средствах для того, чтобы в любой момент определить их местонахождение. Здесь будут использованы всемирно известные глобальные навигационные системы GPS и GLONASS, а в дальнейшем и Галилео, которая разрабатывается в Европе. В случае отказа одной из систем, будет возможность использовать вторую альтернативную», – сказал Т. Мусабаев.

По информации Казкосмоса, данные аппараты создают АО «Национальный центр космических исследований и технологий» и АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары». В работе над НАПами задействованы порядка 60 докторов и кандидатов наук.

Стоит отметить, что создание НАПов входит в систему навигационной инфраструктуры, которая формируется в республике.

Помимо НАПов, создается также региональная навигационная система на базе дифференциальных станций.

«На сегодня в эксплуатацию введены региональная дифференциальная система в составе 10-ти дифференциальных станций, регионального центра и мобильной дифференциальной станции. В рамках опытно-конструкторских работ разработан отечественный вариант дифференциальной станции и ее специализированное программное обеспечение. Ведутся работы по созданию морской локальной дифференциальной станции, Центра дифференциальной коррекции и мониторинга, сети дифференциальных станций», – проинформировал глава агентства.

При этом программное математическое обеспечение выполняют отечественные специалисты, а доля казахстанского содержания по данной программе составляет около 50 %.

В текущем году будут произведены и введены в эксплуатацию еще 50 дифференциальных станций, которых будет достаточно для окончательного формирования республиканской дифференциальной системы.

В свою очередь, разработкой системы высокоточной спутниковой навигации и дифференциальных станций занимается АО «Национальный центр космических исследований и технологий», в составе которого «Институт космических исследований», «Институт ионосферы», «Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова» и «Институт космической техники и технологий».

Председатель национального агентства подчеркнул, что реализация данных проектов позволит предоставлять гарантированные и качественные координатно-временные и навигационные услуги потребителям информации глобальных навигационных спутниковых систем на территории республики.

kapital.kz

КОМПАНИЯ MICROCHIP ДЕЛАЕТ ВОЗМОЖНЫМ МОНИТОРИНГ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО КОДА ДЛЯ РАЗРАБОТОК ПОРТАТИВНЫХ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ И ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Ключевые особенности:

- MPLAB® REAL ICE™ Power Monitor Module поддерживает сверхточное измерение тока;
- позволяет измерять и отображать в графическом виде потребление мощности и оптимизировать код программы для всех PIC® микроконтроллеров;
- определяемое пользователем «прерывание по току» позволяет быстро определять участок программы, вызывающий повышенное потребление тока.

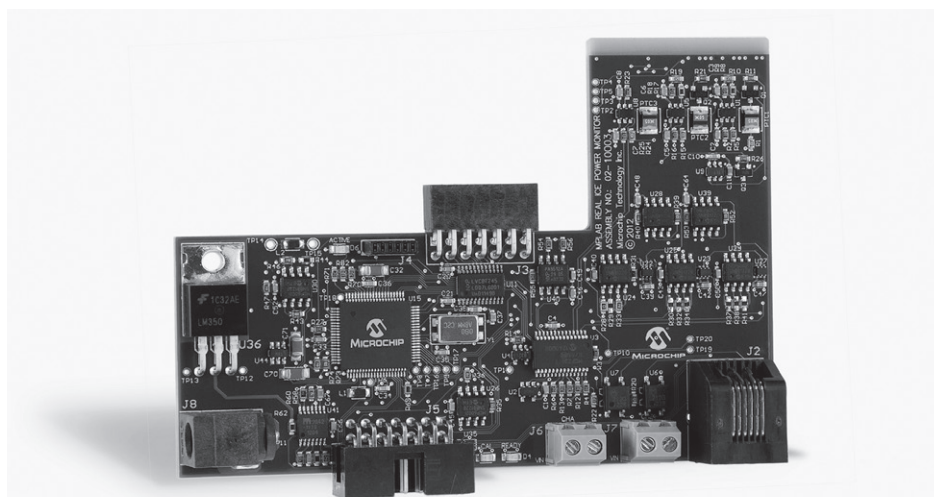
Компания Microchip анонсирует о выходе в продажу «Power Monitor Module», который позволяет разработчикам в реальном времени определять и оптимизировать программный код, который влияет на потребление тока. Совместно с внутрисхемным эмулятором MPLAB® REAL ICE™ и средой разработки MPLAB X IDE эта платформа для разработок позволяет пользователям измерять, отображать в графическом виде и программно оптимизировать потребление мощности для более чем 1000 8-, 16- и 32-х разрядных PIC® микроконтроллеров Microchip. Более того, «Power Monitor Module» представляет возможность сверхточного измерения микроамперных токов в диапазоне до 1 А в рабочем диапазоне напряжений от 1,25 В до 5,5 В. Использование Power Monitor Module от Microchip намного выгодней, чем использование аналоговых устройств других производителей, что делает его отличным вариантом для оптимизации тока потребления в таких разработках, как приборах с батарейным питанием, цифровых источниках питания, контроллеров привода, а также в измерительных устройствах.

В настоящее время разработчики продолжают искать новые способы оптимизации потребления мощности для увеличения, как времени работы аккумулятора, так и в более эффективном использовании энергии из сети. После того как производителям и пользова-

телям, использующим микроконтроллеры, удалось сильно уменьшить потребление тока в своих изделиях до 9 нА в спящем и 30 мкА/МГц в активном режимах, благодаря PIC микроконтроллерам с технологией eXtreme Low Power (XLP), необходимо обратить внимание на программную часть разработки. «Power Monitor Module» от Microchip позволяет программно задавать уровень питания и частоту дискретизации, что дает возможность задавать нетривиальные уровни напряжений и проводить желаемые измерения. Также разработчики могут установить «прерывание по току» – пороговое значение, при превышении которого происходит прерывание. Это позволит им определить участок кода, вызывающий всплеск потребления, и отладить его. Используя функцию «Current Profile Graphing», все вышеописанные измерения могут быть отображены графически, что значительно упростило поиск участка программы, потребляющего высокий ток.

Сочетание MPLAB REAL ICE Power Monitor Module с XLP PIC микроконтроллерами и dsPIC® цифровыми сигнальными контроллерами представляет собой первую в промышленности платформу для разработки маломощных встраиваемых систем.

microchip.com



**MPLAB® REAL ICE™ Power Monitor Module
(Part # AC244008)**

ЮРИЙ УРЛИЧИЧ: «ГЛОНАСС СТАЛА СТЕРЖНЕВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСКОРЕННОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ»

Сложно поверить, но с момента запуска первого российского спутника глобальной навигационной системы, состоявшегося 12 октября 1982 года, прошло уже более 30 лет. В настоящее время ГЛОНАСС входит в новую фазу, особенности которой обусловлены растущими потребностями гражданских пользователей. О планах развития системы и реализации социально значимых проектов на ее основе, а также об основных направлениях деятельности одного из ведущих предприятий космической отрасли России в интервью с генеральным директором – генеральным конструктором ОАО «Российские космические системы», генеральным конструктором ГЛОНАСС Юрием Урличичем.



инфраструктуры, созданы основы для ее широкомасштабного использования в интересах обороны и безопасности Российской Федерации, а также в различных отраслях экономики и программах международного сотрудничества.

Первый спутник «Глонасс» (всего запущен 81 спутник первого поколения) был выведен на орбиту в 1982 году. В 2003 году запущен первый «Глонасс М» (всего 33 спутника), а 26 февраля 2011 года – первый КА «Глонасс-К», который вполне успешно проходит летные испытания. Спутники третьего поколения

«Глонасс К» – это аппараты с улучшенными характеристиками, которые наряду с сигналами с частотным разделением будут излучать сигналы с кодовым разделением. Всего штатная орбитальная группировка системы ГЛОНАСС состоит из 24 КА, расположенных в трех орбитальных плоскостях, разнесенных по долготе восходящего узла на 120°. В каждой орбитальной плоскости равномерно размещаются по аргументу перигея восемь спутников.

– Юрий Матэвич, сейчас, когда завершены работы по прошлой Федеральной целевой программе «Глобальная навигационная система» и вступила в действие новая, хотелось бы подвести некоторые итоги. Как происходило развитие системы и что представляет собой ее орбитальная группировка сегодня?

– Как и американская GPS, ГЛОНАСС создавалась как система военного назначения. В 1995 году действовала полная орбитальная группировка, затем наступил период деградации, когда на орбите функционировало пять-шесть космических аппаратов (КА), которые, по сути, не решали поставленных задач. В результате реализации ФЦП «Глобальная навигационная система» на период 2002–2011 годы группировка восстановлена и сейчас работает в полном составе: 31 КА, из которых по целевому назначению штатно используются 24. Более того, впервые в истории ГЛОНАСС появились космические аппараты, составляющие орбитальный резерв системы.

Следует отметить, что до недавнего времени ГЛОНАСС была представлена исключительно космическим комплексом – орбитальной группировкой и наземными системами управления. В 2008 году были утверждены тактико-технические требования к ГЛОНАСС, определившие состав системы. В ГЛОНАСС были включены все составные части, определяющие ее характеристики, и с этого момента началось координированное развитие системы в целом. В ходе выполнения ФЦП «Глобальная навигационная система», утвержденной постановлением Правительства РФ от 20 августа 2001 г. № 587, было обеспечено развитие системы ГЛОНАСС как составной части особо важной государственной

– Что планируется сделать в ближайшие годы? Какие существуют планы по запуску спутников?

– Дальнейшее развитие системы ГЛОНАСС будет осуществляться в рамках новой Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» на 2012–2020 годы. Она утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 03.03.2012 №189. Цель программы – массовое внедрение отечественных навигационных технологий, гарантированное предоставление потребителям всех категорий навигационных услуг за счет поддержания и развития системы ГЛОНАСС, улучшения ее характеристик, расширения функциональных возможностей, условий и сфер использования, сбалансированного развития составных частей системы. Программа предусматривает уменьшение погрешности навигационных определений до 0,6 м. Это чрезвычайно амбициозная задача, решение которой потребует развития навигационных радиосигналов, внедрения новых технологий управления КА и развертывания функциональных дополнения. Поэтому ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» на 2012–2020 годы предполагает значительное развитие космического сегмента, смену поколений спутников. По сути, ГЛОНАСС сейчас входит в новую историческую фазу.

Для поддержания орбитальной группировки в 2012–2020 годах программой предусмотрены запуски как КА «Глонасс-М», так и «Глонасс К». Планируется, что с

2015–2016 годов орбита будет восполняться только спутниками «Глонасс-К» и в 2020 году орбитальная группировка будет состоять из 30 спутников.

– Одним из важных компонентов системы является комплекс функциональных дополнений ГЛОНАСС, в частности, широкозонная система дифференциальной коррекции и мониторинга навигационных полей (СДКМ). Каково его состояние?

– К настоящему времени развернуты основные элементы системы – комплекс сбора измерений, включающий станции сбора измерений на территории России и за рубежом, центр СДКМ, и комплекс доставки информации потребителям. Основу орбитальной группировки СДКМ составляют космические аппараты многофункциональной космической системы ретрансляции «Луч», размещаемые на геостационарной орбите. В конце 2011 года был запущен КА «Луч-5А». Он будет передавать поправки к измерениям, выполняемым по спутникам ГЛОНАСС, что повысит точность этой системы. Полная группировка из трех КА «Луч» будет развернута к 2014 году.

Строительство наземных станций дифференциальной коррекции планируется продолжить. С этой целью ведутся переговоры о размещении станций на территории Австралии, Бразилии, Индонезии, Никарагуа, что позволит повысить точность навигационных определений до 1 м. Как вариант, рассматривается размещение четвертой станции в Антарктиде, где уже построены три станции, две из которых – «Беллинсгаузен» и «Новолазаревская» – были введены в строй в 2010 году. В Северном полушарии уже работают 19 станций, установленных на территории России. В перспективе планируется установить еще две – в Тюменской области и Республике Саха-Якутия.

Развертывание СДКМ и дополнительно излучаемые спутниками «Глонасс-К» новые навигационные радиосигналы с кодовым разделением не только обеспечат повышение качества навигационных услуг ГЛОНАСС, но и создадут благоприятные предпосылки для построения региональной высокоточной навигационной системы. С ее помощью потребители смогут решать навигационные задачи с сантиметровой точностью, как на территории России, так и в государствах Европы, Ближнего и Дальнего Востока.

– Какие основные тенденции развития навигационных спутниковых систем вы могли бы выделить?

– Надо отметить, что в настоящее время четко обозначились две мировые тенденции, продиктованные стремлением их владельцев обеспечить пользователям гарантированное обслуживание с заданным качеством, – это формирование некоторой избыточности КА на орбите (больше минимально необходимого количества КА), а также создание и использование дополняющих и ассистирующих систем (функциональных дополнений).

Сейчас в мире действуют две глобальные навигационные спутниковые системы – GPS (США) и ГЛОНАСС (РФ), работы по развертыванию ГНСС ведут Европейский Союз (Galileo) и Китайская Народная Республика (Compass). Существующие и создаваемые глобальные навигационные спутниковые системы имеют свои особенности построения. Повышение точности и контроль целостности системы GPS в составе 30 среднеорбитальных КА обеспечиваются через четыре

спутника системы WAAS на геостационарных орбитах (ГСО), излучающих навигационные сигналы. Кроме того, прорабатывается возможность организации дополнительного канала информационной поддержки потребителей с использованием низкоорбитальных КА системы Iridium. Система Galileo включает среднеорбитальную группировку из 27 КА. Сейчас запущены два космических аппарата, сделан заказ еще на восемь спутников, и, по планам европейских коллег, после 2015 года следует ожидать развертывания системы в полном объеме. Функциональные дополнения обеспечит система EGNOS с тремя космическими аппаратами на ГСО. Очень интересен опыт Китая: наряду с глобальной составляющей Compass/Beidou (27 КА Compass-M, из них пока запущен только один) будут использоваться еще два «региональных яруса» спутников – навигационно-связных КА Compass-G на ГСО и КА Compass-I на круговых геосинхронных орбитах. Всего в системе будет 35 КА.

– Существует ли понимание принципов их использования?

– Характерная особенность конкурирующих ГНСС – растущая потребность в интеграции. В рамках международного комитета по ГНСС при ООН выработан ряд принципов интеграции глобальных навигационных спутниковых систем.

Первый уровень интеграции – их совместимость («не мешать друг другу»), которая обеспечивается механизмами регламентации. Степень совместимости определяется эффективностью обслуживания пользователей ГНСС.

Второй уровень – взаимодополняемость («вместе лучше, чем поодиночке»). Этот принцип хорошо иллюстрирует пример взаимодополняемости GPS и ГЛОНАСС. Если на открытой местности каждая из систем обеспечивает 100 % доступности, то в условиях сильно пересеченной местности либо городской застройки картина резко меняется. Например, в Москве доступность той и другой системы по отдельности составляет в среднем 75 % (т. е. в течение суток пользователь оперативно обслуживается около 18 часов), а объединение ресурсов обеих группировок повышает доступность практически до 100 %. Вопрос о взаимодополняемости решается путем разработки совмещенных приемников.

Третий уровень интеграции – взаимозаменяемость («любых четырех достаточно»), когда для решения задач навигации и получения точного времени необходимо созвездие из любых четырех КА независимо от того, к какой системе они относятся. Этот уровень требует более тесного согласования математических моделей движения, систем координат и многого другого. Если на первых двух уровнях достаточно регламентации и координации работ, то здесь уже необходимо достигать взаимного согласия. К нему следует стремиться, но, к великому сожалению, это вопрос не сегодняшнего дня. Еще более отдаленным представляется самый верхний уровень интеграции – единая мировая ГНСС, которая может быть построена только при всеобщем согласии.

– Какие области применения ГЛОНАСС наиболее перспективны?

– Сегодня трудно назвать область социально-экономической деятельности, где ГЛОНАСС не нашла бы практического применения. С каждым днем сферы эффективного использования системы расширяются, и эта зако-

номерность подтверждает важность дальнейшего развития ГЛОНАСС и информационных технологий на ее основе.

Взаимосвязанное развитие технологий и потребностей пользователей влечет за собой и повышение требований к системе навигации. Так, освоение природных ресурсов на шельфе и труднодоступных месторождений требует точности навигационных определений до 0,1 м, развитие Северного морского пути, преодоление транспортной недоступности Сибири и Дальнего Востока – до 0,5 м. Для научных исследований с целью прогнозирования природных явлений и навигационного обеспечения промышленно развитых регионов необходима точность 0,06 м. Сейчас у ГЛОНАСС точность навигационных определений составляет 2,8 м, у GPS – 1,8 м. Добиться сантиметровой точности, в первую очередь, за счет дополняющих систем, в том числе и наземного базирования, вполне реально. В этом направлении сейчас ведутся серьезные исследования.

Многолетний период использования и развития системы ГЛОНАСС показал, что она стала стержневым элементом в обеспечении национальной безопасности и ускоренного социально-экономического развития Российской Федерации. Даже при том, что приоритет отдается сфере безопасности и обороны, для гражданских целей реализуется множество проектов – от международного и федерального масштаба до уровня муниципальных образований и отдельных предприятий.

– Какие проекты федерального и регионального уровня вы могли бы назвать?

– Идет создание системы экстренного реагирования при авариях на транспорте «ЭРА-ГЛОНАСС». Полноценный ее запуск планируется в конце 2013 года.

Ведутся работы по проекту «Социальный ГЛОНАСС», который одобрен Общественной палатой Российской Федерации и поддержан Агентством стратегических инициатив. Речь идет о системе мониторинга, обеспечивающей максимально возможное качество реальной «безбарьерной» среды существования людей с ограниченными возможностями; информирование родственников, медицинских и социальных работников о местоположении данной категории граждан, оказание им информационной поддержки и экстренной помощи.

Разработан опытный образец специализированной навигационно-информационной системы, обеспечивающей сохранность документов строгой отчетности в период подготовки и проведения избирательных компаний. К 2013 году планируется развертывание системы «Выборы-НС» в полном объеме.

Создается федеральная система мониторинга критически важных и потенциально опасных объектов инфраструктуры РФ и опасных грузов. Базовые элементы системы развернуты, функционирует отраслевой центр мониторинга грузов Роскосмоса. Создание полномасштабной системы планируется в 2015 году. Проект создания государственной автоматизированной системы комплексного мониторинга объектов инфраструктуры и ресурсов России («МИР») одобрен экспертной группой комитета Госдумы РФ по транспорту и рекомендован к реализации.

Создана Межвузовская система дистанционного обучения и подготовки квалифицированных специалистов по спутниковой навигации для различных отраслей экономики,

ежегодно проводится международная школа по спутниковым технологиям по двум направлениям – спутниковая навигация и дистанционное зондирование Земли (в этом году состоялась первая международная школа по спутниковой навигации в Коломне, в планах – проведение подобных школ не только на территории России, но и за рубежом).

Что касается регионального уровня, то речь идет о создании систем мониторинга дорожно-транспортной инфраструктуры, высокоточного мониторинга смещений инженерных сооружений с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS, мониторинга рыбопромысловых судов, высокоточного спутникового позиционирования, управления пространственными данными.

– А из проектов международного уровня?

– Прежде всего, это наш инициативный проект «Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга» (МАКСМ). Он предполагает создание с использованием спутниковых навигационных систем Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга – единого общепланетного «информационного пространства безопасности» в интересах снижения глобальных рисков и парирования возникающих угроз. В рамках научно-исследовательской работы выполнен системный проект и заключено более 80 соглашений о сотрудничестве с различными организациями в 36 странах.

– В каких еще проектах в области космических систем принимает участие ОАО «РКС»? Насколько сложно сегодня заниматься инновационной деятельностью и реализовывать новые идеи?

– Кроме системы ГЛОНАСС в нашем списке значатся системы дистанционного зондирования Земли и других объектов, связь, ретрансляция данных, мониторинг объектов ресурсов, система спасения «Коспас-Сарсат». Специалистами корпорации создан многозональный сканирующий комплекс для оперативного гидрометеорологического наблюдения Земли с геостационарной орбиты, установленный на метеорологическом спутнике «Электро-Л». В 2011 году спутник был выведен на геостационарную орбиту и в настоящее время находится в опытной эксплуатации. Планируется разработка бортового радиотехнического высокоинформативного комплекса на базе аппарата «Спектр-Р» для космической обсерватории «Миллиметрон» («Спектр-М») с криогенным телескопом диаметром 12 м.

У нас есть необходимая производственно-технологическая база и штат специалистов высочайшего уровня для выполнения как научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, так и серийных заказов, есть реальные прорывные технологии, но для их развития и воплощения в практику нужно иметь определенную свободу действий. Мы неоднократно получали отказ на наши предложения с формулировкой: «данную работу считаем нецелесообразной по причине отсутствия мировых аналогов». Представляете, что было бы с российской космонавтикой, если бы Сергею Королеву сказали: не надо делать ракету и спутник, не надо отправлять человека в космос, ведь никто в мире этого еще не делал?! С таким подходом Россия никогда не смогла бы претендовать на лидерство в высоких технологиях.

Александр Ломов
connect.ru

ГЛОНАСС: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

**Г. Ступак, доктор технических наук, проф.,
заместитель генерального директора – генерального конструктора;
В. Дворкин, кандидат технических наук, руководитель центра;**

**С. Карутин, кандидат технических наук, заместитель руководителя центра ФГУП «Российский
научно-исследовательский институт космического приборостроения»**

Глобальные навигационные спутниковые системы все больше проникают в разные отрасли экономики и входят в повседневную жизнь граждан. Многие из нас ощущали преимущества персональной навигации, используя навигационные приемники во время поездок на автомобиле, когда необходимо проехать к незнакомому пункту назначения. Число внедрений технологий спутниковой навигации лавинообразно растет, причем темпы этого роста можно сравнить лишь с динамикой развития средств мобильной связи. Практически все виды транспорта, энергетика, связь и такие далекие друг от друга области экономики, как разведка месторождений, транспортировка нефти и газа, сельское хозяйство и коммунальные службы, применяют сейчас и в будущем только расширят применение спутниковых навигационных систем для определения координат, синхронизации часов, организации контроля и управления объектами.

Назначение ГНСС

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) становятся по-настоящему глобальным средством мировой инфраструктуры. Однако масштабное применение технологий спутниковой навигации в базовых отраслях приводит к возникновению определенного риска зависимости экономики от работоспособности ГНСС. Этот риск становится существенным, когда национальная экономика попадает в зависимость от работоспособности системы, находящейся под контролем другого государства.

Речь идет о том, что наиболее широкое распространение во всем мире, в том числе и в России, получила американская система GPS. При сохранении монополии на навигационную деятельность у США возникает соблазн использовать систему GPS как средство политического давления. Практически открыто об этом говорится в национальной доктрине в отношении средств координатно-временного и навигационного обеспечения космического базирования, которая была утверждена Президентом США в декабре 2004 года. Нужно учитывать, что в системе GPS возможно загромождение навигационных сигналов для гражданских потребителей и даже временное блокирование гражданских навигационных сигналов в определенных районах.

Наличие второй глобальной навигационной спутниковой системы, такой как ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система (ГЛОНАСС), позволит свести к минимуму риски попадания национальных экономик в «навигационную» зависимость от США. Это вполне осознают многие страны, которые не обладают и не имеют возможности обладать собственной ГНСС. Поэтому они заинтересованы в использовании именно комбинированных навигационных средств GPS/ГЛОНАСС.

В России применение отечественной системы спутниковой навигации должно стать обязательным условием в стратегических отраслях – на транспорте, в энергетике,

связи, в сфере транспортировки нефти и газа. Причем неполную орбитальную группировку, сейчас состоящую из 16 спутников, нельзя рассматривать как сдерживающий фактор, поскольку потребительские системы могут внедряться на базе комбинированной ГЛОНАСС/GPS-аппаратуры. Таким образом, система ГЛОНАСС является ключевым элементом национальных средств координатно-временного и навигационного обеспечения и относится к особо важной государственной инфраструктуре, которая обеспечивает как национальную безопасность, так и экономическое развитие.

История создания и развития ГЛОНАСС

Идея создания спутниковой навигационной системы возникла еще в 1957 году во время запуска первого искусственного спутника Земли. Некоторые специалисты задумались, почему бы не использовать принимаемый со спутника сигнал для определения положения на Земле по измерениям доплеровского смещения частоты при известной орбите спутника и модели его движения. Через некоторое время появились системы Transit (США) и советская «Цикада», которые работали именно по этому принципу.

В декабре 1976 года было принято правительство Постановление «О развертывании единой космической навигационной системы «Ураган». Первый спутник в составе этой системы был запущен 12 октября 1982 года, а развертывание всей штатной орбитальной группировки (ОГ) из 24 спутников завершилось 24 декабря 1995 года, практически одновременно с вводом в строй американской системы GPS.

Выбранные параметры ОГ и технологические возможности системы «Ураган» обеспечивали потребителю непрерывное глобальное предоставление навигационных услуг на поверхности Земли, в воздушном и околоземном космическом пространстве (до высот 2 тыс. км) почти со стопроцентной доступностью. Точности навигационных определений были таковы: по плановым координатам – 20 м, по высоте – 30 м, по скорости – 5 см/с, по времени – 0,7 мкс.

Решение о создании ГЛОНАСС принималось в условиях заметного отставания нашей страны от проводимых США разработок системы Navstar (GPS). Ряд технических характеристик отечественного решения отличался от принятых в системе GPS. Например, в ГЛОНАСС выбранные параметры ОГ обеспечивают, по сравнению с GPS, большую устойчивость движения навигационных спутников, что практически исключает необходимость проведения корректирующих маневров. Принятое в GPS кодовое разделение сигналов, в отличие от частотного разделения в системе ГЛОНАСС, упрощает создание массовой потребительской аппаратуры и позволяет неограниченно наращивать количество спутников на орбите. Но частотное разделение обеспечивает лучшую помехозащищенность. Так что можно констатировать, что уровень проектных решений систем ГЛОНАСС и GPS практически одинаков.

Еще в начале 90-х годов стало ясно, что ГНСС найдут самое широкое гражданское применение. Правительство РФ сделало в 1995 году заявление о предоставлении системы ГЛОНАСС для открытого гражданского использования; были взяты обязательства по предоставлению гражданских сигналов ГЛОНАСС всем потребителям на безвозмездной основе. Однако потом, из-за плачевного состояния экономики в 90-е годы, поддержание системы ГЛОНАСС практически не проводилось. Орбитальная группировка неуклонно сокращалась за счет выработки естественного ресурса спутников и достигла минимума к 2001 году, когда в ее составе остались только 6 работоспособных космических аппаратов (КА). Одновременно деградировал наземный комплекс управления.

В конце 90-х годов под вопросом стояло само дальнейшее существование ГЛОНАСС. Примерно в то же время Европа, понимая стратегическое значение глобальной навигации, приняла решение о создании собственной ГНСС Galileo. Наконец, в 2001 году Постановлением Правительства Российской Федерации была принята разработанная под руководством Российского авиационно-космического агентства (сейчас – Роскосмос) долгосрочная федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система» на 2002–2011 годы, целью которой является восстановление системы ГЛОНАСС и ее широкое использование, в том числе в гражданской сфере. В редакции 2006 года эта программа послужила основополагающим документом строительства нынешней системы ГЛОНАСС.

Состав системы ГЛОНАСС

Многие потребители услуг спутниковой навигации, покупая навигационную аппаратуру потребителя (НАП), даже не задумываются о том, насколько сложна система, которая позволяет им в любое время и в любой точке Земли определять свои координаты, скорость, направление движения и осуществлять временную синхронизацию. Для решения этих задач НАП должна принимать навигационные радиосигналы космических аппаратов ГЛОНАСС, а их работу, в свою очередь, обеспечивает целый комплекс наземных средств управления. В составе отечественной ГНСС можно выделить:

- космический комплекс, включающий в себя ОГ, наземный комплекс управления (НКУ) и ракетно-космический комплекс (РКК);
- комплекс средств функциональных дополнений (ФД);
- средства фундаментального обеспечения;
- навигационную аппаратуру потребителя (НАП).

В штатном варианте ОГ системы ГЛОНАСС будет включать в себя 24 космических аппарата, размещенных на круговых орбитах высотой 19 100 км с наклонением 63,8 град. и периодом обращения 11 ч 15 мин. Космические аппараты системы ГЛОНАСС равномерно распределены по трем орбитальным плоскостям (по восемь в каждой), что обеспечивает глобальное непрерывное покрытие поверхности Земли таким образом, чтобы в зоне видимости любого потребителя в любой момент находились минимум четыре навигационных спутника.

Наземный комплекс управления решает две основные задачи. Первая заключается в управлении ОГ, т.е. в контроле над состоянием бортовых систем КА, закладке на борт необходимых команд и специальной информации,

в поддержании заданной конфигурации орбитальной группировки, планировании полета, проведении регламентных работ, принятии необходимых мер в нештатных ситуациях и во многом другом.

Вторая задача – эфемеридно-временное обеспечение спутников, т.е. передача им информации об их точном положении и расхождении бортовых часов с системной шкалой времени. Затем эта информация передается потребителям в навигационном сигнале. В задачи контура эфемеридно-временного обеспечения входят определение орбит навигационных КА, расхождений часов каждого спутника относительно системной шкалы времени, формирование и поддержание самой системной шкалы времени и ее синхронизация со шкалой времени государственного эталона времени и частоты, контроль характеристик навигационного поля, создаваемого ОГ ГЛОНАСС. Как любая система двойного назначения, ГЛОНАСС управляется из центра управления системой, который относится к ведению Минобороны России.

Неотъемлемой частью процесса навигационного обеспечения потребителей является работа систем функциональных дополнений, к которым относятся механизмы дифференциальной коррекции и мониторинга целостности систем ГЛОНАСС и GPS. Необходимость создания подобных систем продиктована следующими обстоятельствами:

- необходимость повышения точности определения координат в реальном времени, а также доставки информации о целостности с задержкой не более 6 с в соответствии с требованиями Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Международной морской организации (ИМО);
- недостаточная оперативность внутрисистемных методов контроля над целостностью и низкая надежность алгоритмов автономного мониторинга целостности;
- отсутствие в Российской Федерации единой независимой службы контроля над качеством навигационных услуг;
- сокращение затрат при использовании единого подхода к организации функциональных дополнений и созданию навигационных полей повышенной точности.

С учетом этих задач, текущего состояния и перспектив развития ГНСС в РФ создаются широкозонная, региональные и локальные системы функциональных дополнений. Интегрируясь друг с другом, эти системы образуют Федеральную систему дифференциальной коррекции и мониторинга (ФСДКМ), имеющую трехуровневую структуру (рисунок 1). При этом каждый уровень является самостоятельной подсистемой, способной автономно решать задачи выработки и передачи корректирующей информации и сообщений о целостности систем ГЛОНАСС и GPS.

Текущее состояние ГЛОНАСС

Одним из основных направлений развития ГЛОНАСС является модернизация системы навигационных сигналов, поскольку именно их количество и типы определяют качество услуг, предоставляемых военным и гражданским потребителям, а также повышение точности эфемеридно-временного обеспечения.

Российская ГНСС находится сегодня на этапе смены поколений космических аппаратов, глубокой модернизации наземного комплекса управления. По состоянию на

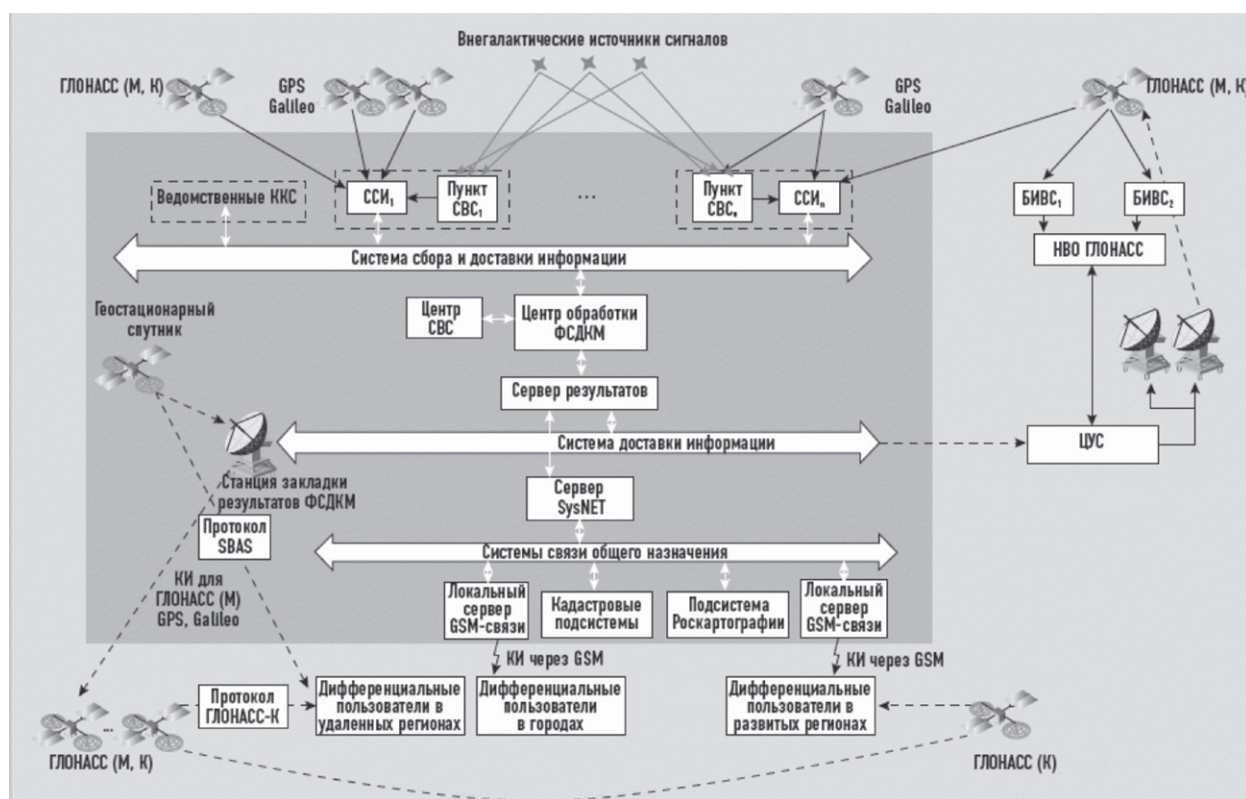


Рисунок 1 – Федеральная система дифференциальной коррекции и мониторинга (ФСДКМ)

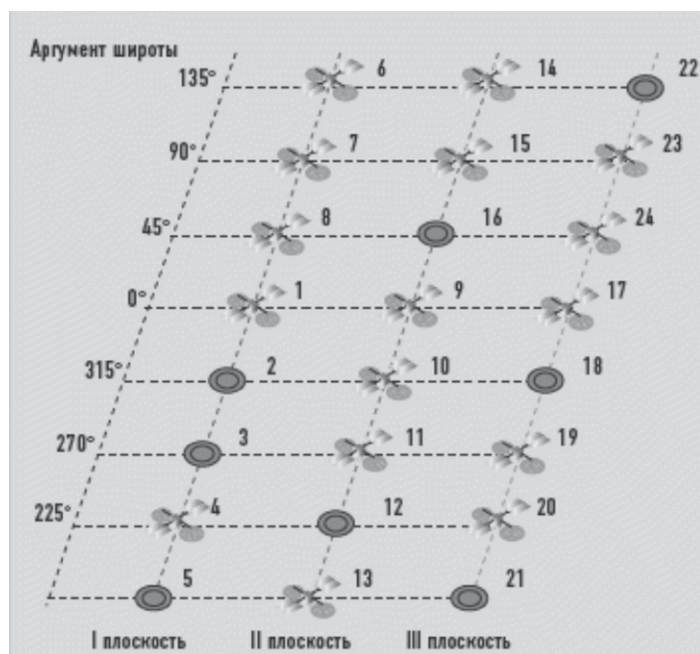


Рисунок 2 – Состав орбитальной группировки ГЛОНАСС

начало мая 2008 года орбитальная группировка системы состояла из 16 КА (рисунок 2), из которых 14 спутников используются по целевому назначению, а два выведены на профилактические работы.

В нынешних условиях усредненный по суткам максимальный перерыв в навигационном обслуживании с использованием системы ГЛОНАСС на территории России составляет 2 ч, а в глобальном масштабе – 2,5 ч. Среднеквадратичная погрешность навигационных определений ГЛОНАСС с учетом реальной геометрии орбитальной группировки (без учета ошибок самого навигационного приемника и помех при распространении сигнала) составляет порядка 15 м. Для сравнения: точность навигационных определений в системе GPS составляет 1,7 м. Ее обеспечивают 30 КА в составе системы.

После запуска и ввода в эксплуатацию в 2008 году шести спутников на территории России планируется обеспечить непрерывное покрытие навигационного поля ГЛОНАСС. Глобальная непрерывная навигация будет достигнута после развертывания в 2009 году полной орбитальной группировки (24 КА). При этом точность навигационных определений в системе ГЛОНАСС должна быть доведена до уровня, сопоставимого с уровнем системы GPS.

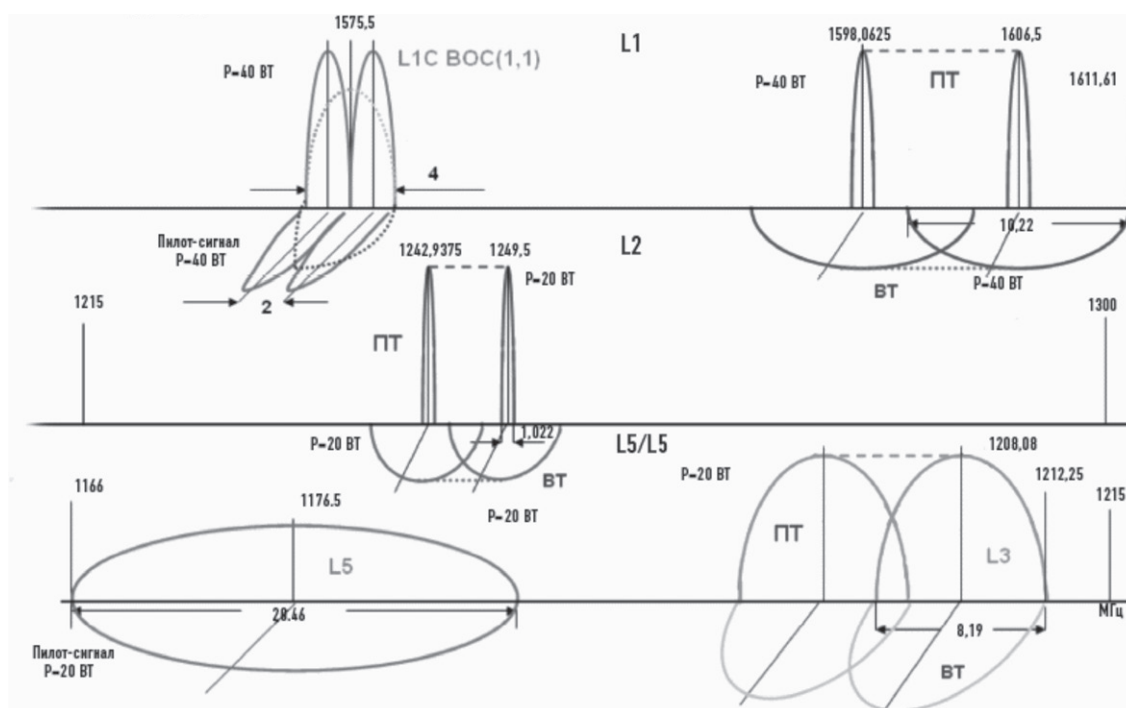


Рисунок 3 – Структура сигналов системы ГЛОНАСС

Программа модернизации

Модернизация системы ГЛОНАСС (в том числе всех ее элементов, от космического комплекса до потребительской аппаратуры) предусмотрена в новой редакции ФЦП «Глобальная навигационная система», утвержденной Правительством Российской Федерации в июле 2006 года. В отношении космического комплекса ГЛОНАСС предусмотрено проведение мероприятий, обеспечивающих полное развертывание орбитальной группировки, повышение точности навигационных определений и доступности навигационных услуг ГЛОНАСС за счет увеличения надежности и стабильности работы бортовых и наземных систем космического комплекса.

Основу законченной ОГ из 24 космических аппаратов будут составлять КА второго поколения «Глонасс-М» с семилетним сроком активной эксплуатации, генерирующие два вида гражданских сигналов. В дальнейшем планируются запуск и летные испытания космического аппарата «Глонасс-К» с улучшенными тактико-техническими характеристиками и 10-летним сроком активного существования, который сможет формировать новые гражданские сигналы, обеспечивающие взаимодополняемость с зарубежными аналогами. Точность навигационных определений для гражданских потребителей должна быть доведена до уровня системы GPS за счет повышения стабильности бортового генератора частоты и дальнейшей модернизации наземного комплекса управления.

Сегодня на орбите находятся КА двух поколений – «Глонасс» и «Глонасс-М», предоставляющие потребителям разные услуги. КА первого поколения излучают открытые гражданские сигналы в диапазоне L1 (1,6 ГГц) и закрытые

военные навигационные радиосигналы в диапазонах L1 и L2 (1,25 ГГц). КА серии «Глонасс-М» (выводимые на орбиту с 2003 года) предоставляют как гражданским, так и военным потребителям по два навигационных сигнала в тех же диапазонах (L1 и L2), что позволяет повышать точность навигационных определений за счет исключения влияния ионосферы на прохождение спутниковых сигналов.

В отличие от системы GPS, в которой применяется технология кодового разделения сигнала (все спутники излучают сигнал на одной несущей частоте), в рамках ГЛОНАСС используется технология частотного разделения (каждый спутник излучает навигационный сигнал на своей несущей частоте). Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому, стремясь к сбалансированному развитию системы ГЛОНАСС, ее разработчики введут на аппаратах новой серии «Глонасс-К» новые сигналы с частотным разделением каналов в диапазоне L3 (1,2 ГГц), а также сигналы с кодовым разделением каналов на частотах 1,575 ГГц (диапазон L1) и 1,176 МГц (диапазон L5). Эти сигналы состоят из двух компонентов несущей частоты, расположенных в фазовых квадратурах относительно друг друга. Каждый компонент несущей модулируется отдельной битовой последовательностью. На рисунке 3 показана структура системы навигационных сигналов ГЛОНАСС с КА серии «Глонасс-К».

Модернизация наземного комплекса управления предусматривает, прежде всего, развертывание сети беззапросных измерительных станций на пунктах Минобороны России и дальнейшее ее расширение за счет использования пунктов геодезической сети и пунктов государственной службы времени и частоты. Планируется развивать сеть из-

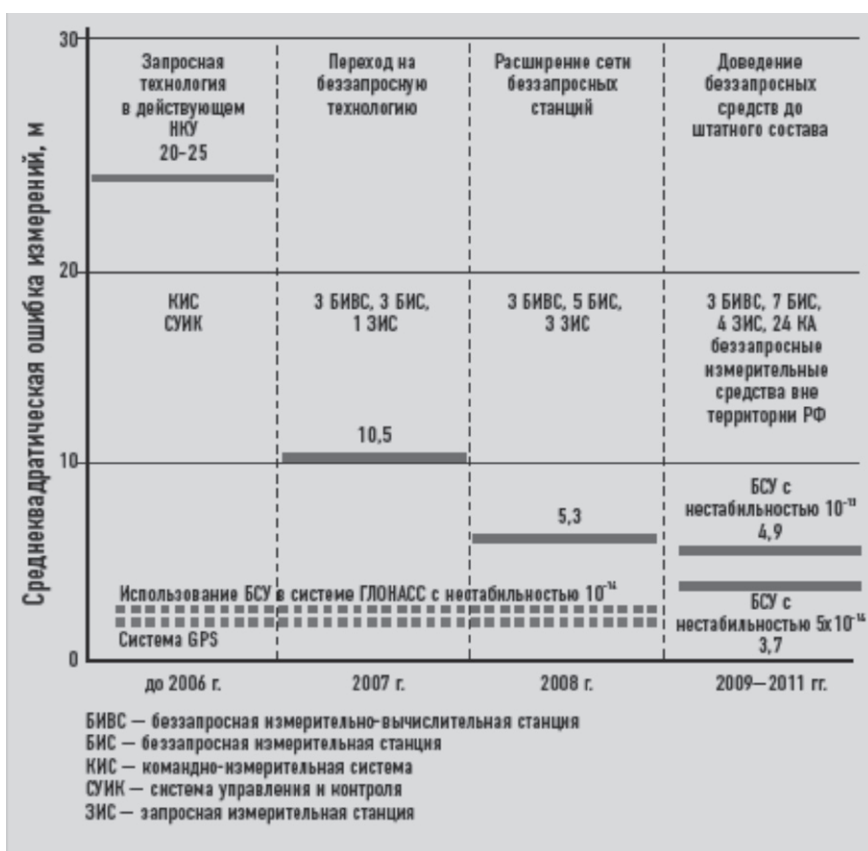


Рисунок 4 – Программа повышения точности навигации потребителей

мерительных средств и за пределами Российской Федерации в рамках международного сотрудничества. В комбинации с развертыванием системы дифференциальной коррекции и мониторинга система ГЛОНАСС сможет предоставить потребителям навигационные услуги, отвечающие перспективным требованиям точности, доступности и целостности. На рисунке 4 отображены этапы повышения точностных характеристик системы ГЛОНАСС.

Международное сотрудничество

В силу глобального характера навигационного обслуживания клиентов с помощью ГНСС международное сотрудничество в этой области является объективной необходимостью. В перспективе можно говорить о создании международной «системы систем», которая состоит из отдельных ГНСС, находящихся под управлением разных государств, но работающих совместно и взаимодополняющих друг друга. Основу «системы систем» имеют все шансы составить уже действующие системы GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия). Через несколько лет на этом международном рынке появится европейская система Galileo. КНР объявила о создании своей ГНСС COMPASS. Япония и Индия вынашивают планы строительства региональных навигационных спутниковых систем QZSS и IRNSS соответственно.

Двусторонние консультации выявили основные направления международного сотрудничества. В первую очередь,

речь идет об обеспечении совместимости навигационных систем и их взаимодополняемости.

Совместимость означает, что разные системы могут функционировать независимо друг от друга, не создавая каких-либо помех навигационным сигналам других независимых систем. Вопросы электромагнитной совместимости ГНСС решаются в Международном союзе электросвязи в ходе согласования частотных диапазонов и структуры сигналов.

Взаимодополняемость заключается в обеспечении возможности применять сигналы разных систем в навигационной потребительской аппаратуре при минимальных затратах на создание комбинированных устройств. Интеграция систем на уровне потребительской техники приведет к увеличению точности и надежности решения задач координатно-временного и навигационного обеспечения по сравнению с использованием какой-либо одной системы.

Взаимодополняемость ГНСС делится на три основные составляющие: взаимодополняемость

по навигационным сигналам, по используемым системам координат и по шкалам системного времени. В последнее время наблюдается общая тенденция сведения национальных систем координат к Международной земной системе координат, которая получена и постоянно уточняется с использованием различных технологий в рамках международных геодезических организаций. Аналогичная ситуация прослеживается и в отношении согласования системных шкал времени с единой Всемирной шкалой скоординированного времени.

Отдельные усилия направлены на определение новых единых гражданских сигналов, которые по возможности должны излучаться всеми навигационными системами. В качестве их основы предложено рассмотреть сигналы с кодовым разделением каналов L1C в диапазоне L1 GPS и L5 в диапазоне GPS. Нужные соглашения уже достигнуты между администрациями систем GPS и Galileo, GPS и QZSS, GPS и IRNSS. Проводятся консультации по этому вопросу между США и Россией в рамках созданной рабочей группы по обеспечению взаимодополняемости. Ожидается, что окончательные решения должны быть приняты уже в текущем году.

Важный вектор международного сотрудничества – формирование мирового рынка навигационных услуг, особенно в развивающихся странах, где массовое внедрение технологий спутниковой навигации может придать значительный импульс развитию национальных экономик.

ИСПЫТАНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А.В. Кутько, И.И. Толкачев,
ОАО «СКБ Камертон», г. Минск

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 04.07.2011 г. № 902 утверждена Концепция создания Единой системы навигационно-временного обеспечения (ЕС НВО) Республики Беларусь. ЕС НВО – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом подсистем (управления, формирования и контроля навигационных полей, передачи навигационной и временной информации, потребительских и обеспечивающих подсистем), образуемых силами и средствами государственных органов и организаций в целях обеспечения потребителей услуг в сфере навигационной деятельности навигационной информацией.

В настоящее время на территории Республики Беларусь используется широкий спектр средств навигации и навигационных систем, позволяющих определять параметры пространственно-временного состояния объектов и имеющих разные зоны и время обслуживания, уровни точности решения задач, сложности навигационной аппаратуры потребителей (НАП) и другие характеристики. Это глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) ГЛОНАСС (Российская Федерация) и GPS (США), функциональное дополнение к ГНСС – спутниковая система точного позиционирования, радиотехническая система дальней навигации РСДН-З/10 «Чайка», радиотехнические системы ближней навигации, маячные и радиомаячные средства навигации, система эталона времени, частот и параметров вращения Земли, средства навигации, использующие естественные поля и силы Земли, – инерциальные, магнитометрические, астрономические, гравиметрические и другие.

ЕС НВО состоит из подсистем управления, формирования и контроля навигационных полей, передачи навигационной и временной информации, потребительских и обеспечивающих подсистем.

Подсистема управления включает:

- государственный орган, уполномоченный Президентом Республики Беларусь на осуществление государственного регулирования навигационной деятельности – Государственный военно-промышленный комитет;
- руководящий орган ЕС НВО – сетевой оператор в сфере навигационной деятельности – ОАО «СКБ Камертон»;
- национальный технический комитет (ТК) по стандартизации в сфере навигационной деятельности – ТК БУ 31 «Навигация» (секретариат ведёт ОАО «СКБ Камертон»);
- структурные подразделения (должностных лиц) государственных органов, местных исполнительных и распорядительных органов и юридических лиц, отвечающих за осуществление навигационной деятельности.

При формировании государственного реестра навигационных ресурсов ЕС НВО одним из основных критериев для включения в реестр является независимая оценка соответствия НАП требованиям ТНПА на данный класс аппаратуры, включая подтверждение соответствия технических характеристик техническим условиям (техническим

спецификациям). Это позволит избежать регистрации и использования в ЕС НВО НАП низкого качества.

В рамках выполнения п.10 Плана реализации Концепции создания ЕС НВО Республики Беларусь на 2011–2015 годы в составе сетевого оператора ОАО «СКБ Камертон» создан испытательный центр НАП, проводится его первичная аккредитация в области «Навигационная аппаратура потребителей глобальных навигационных спутниковых систем – проверки на соответствие ее параметров по выполнению функций навигационно-временного обеспечения (параметров назначения), указанным в КД, включая координаты местоположения, скорость, ускорение, рывок, время местоопределения, синхронизацию секундной метки». Испытательный центр проводит все видов испытаний, включая сертификационные.

Проведение испытаний НАП базируется на проверке ее функционирования по сигналам реальных ГНСС при установке фазового центра приёмной антенны НАП на контрольном геодезическом пункте сетевого оператора ОАО «СКБ Камертон», координаты которого определены с погрешностью не более 0,1 м, а также по радионавигационным сигналам, формируемым имитатором спутниковых сигналов СН-3810. Стабильность выдачи НАП сигнала секундной метки контролируется с помощью стандартного частотомера.

Технические характеристики имитатора сигналов ГНСС:

1. Имитируемые ГНСС:
 - ГЛОНАСС (L1 – СТ, ВТ; L2 – СТ, ВТ);
 - GPS (L1 – C/A (включение, выключение S/A); L2 – C/A или CM, CL; L5 – I5, Q5);
 - GALILEO (E2-L1-E1 (без кода A) – OS, Sol; E5a – BPSK(10) OS, Sol; E5b – BPSK(10) OS, Sol);
 - SBAS (E1 – C/A).
2. Форма представления носителя НАП (ННАП):
 - материальная точка;
 - объемное тело.
3. Сценарии имитации с типовыми объектами ННАП:
 - фиксированная точка пространства;
 - пешеход;
 - автомобиль;
 - самолет;
 - вертолет;
 - космический объект.
4. Параметры динамики ННАП:
 - высота от -1 до 8000 км;
 - скорость от 0 до 14 000 м/с;
 - ускорение от 0 до 500 м/с²;
 - рывок от 0 до 500 м/с³.
5. Виды траекторий ННАП:
 - фиксированная точка пространства;
 - линейное движение;
 - движение с ускорением;
 - движение с ускорением и рывком;
 - круговое движение;

- движение по спирали;
 - взлет;
 - рывок;
 - качка.
6. Факторы искажения в точке приёма:
- тропосфера;
 - ионосфера;
 - геометрический фактор;
 - многолучевость: количество лучей от 2 до 32; динамический диапазон регулирования выходной мощности лучей (от номинального значения минус 160 дБВт) -20,0...+20,0 дБ;
 - диаграмма направленности антенны НАП.
7. Моделирование времени состояния орбитальных группировок ГНСС – любое после 2002 года.
8. Метрологические параметры:
- среднее квадратическое отклонение (СКО) формирования псевдодальности по коду псевдослучайной последовательности (ПСП) – 0,085 м;
 - СКО формирования псевдодальности по фазе несущей – 0,0009 м;
 - СКО формирования псевдоскорости – 0,004 м/с;
 - СКО эквивалентной дальности по двум каналам – 0,3 м;
 - СКО эквивалентной дальности по междиапазонной задержке – 2,1 м;
 - значение частоты L1 CHC GPS – 1575,42 МГц;
 - значение частоты L2 CHC GPS – 1227,60 МГц;
 - значение частоты CHC SBAS – 1575,42 МГц;
 - значение частоты L1 CHC ГЛОНАСС – $(1602+k \times 0,5625)$ МГц;
 - значение частоты L2 CHC ГЛОНАСС – $(1246+k \times 0,4375)$ МГц;
 - номинальное значение частоты опорного генератора – 10,0 МГц;
 - уровень превышения основного сигнала над паразитными составляющими – 40 дБ;
 - диапазон доплеровского сдвига несущей частоты от ее номинального значения – от минус 78 кГц до 78 кГц;
 - номинальное значение уровня выходного сигнала на выходах RF, RFI, RFII – минус 160 дБВт;
 - номинальное значение уровня выходного сигнала на выходе MON/CAL – минус 100 дБВт;

- шаг установки уровня мощности – 0,1 дБ;
- динамический диапазон регулирования выходного сигнала от номинального – (от минус 20 до 20) дБ;
- пределы допускаемого СКО случайной составляющей основной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала для каждого канала имитации в нормальных условиях применения – не более $\pm 0,5$ дБ.

В соответствии с выбранными методами испытаний разработана программа и методики испытаний, и организованы рабочие места, позволяющие проводить следующие виды испытаний:

- испытания НАП на неподвижном основании с использованием эфирного сигнала;
- испытания НАП на неподвижном основании или в движении с использованием имитатора сигналов ГНСС;
- испытания НАП на неподвижном основании или в движении в дифференциальном режиме с использованием имитатора сигналов ГНСС;
- определение погрешности синхронизации метки времени.

Сочетание указанных испытаний позволяет провести оценку соответствия требованиям технических нормативно-правовых актов всех параметров, включая динамические, для всех видов НАП, предназначенной для использования в ЕС НВО. В настоящее время в Республике Беларусь испытательные лаборатории (центры) с указанной областью аккредитации отсутствуют. И это первый испытательный центр в Республике Беларусь, позволяющий проводить указанные виды испытаний.

Сами испытания проводятся на основе договоров, заключаемых с органом по сертификации НАП, либо по прямым договорам с сетевым оператором в сфере навигационной деятельности ОАО «СКБ Камертон», который принимает заявку на проведение сертификационных испытаний на проведение любых видов испытаний в рамках области аккредитации испытательного центра, в том числе по программе и методикам заявителей испытаний. Отступления от стандартных методик и программ испытаний согласовываются сторонами на этапе заключения договора на проведение испытаний.

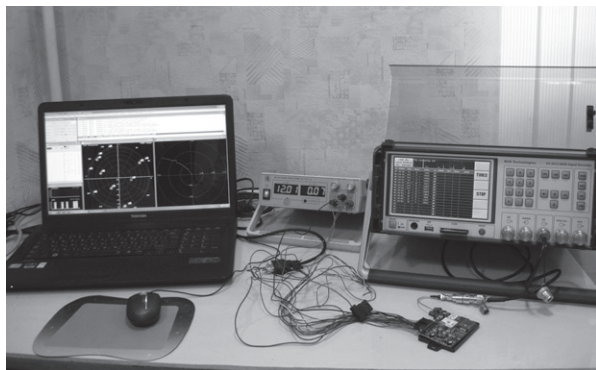


Рисунок 1 – Имитатор спутниковых сигналов CH-3810

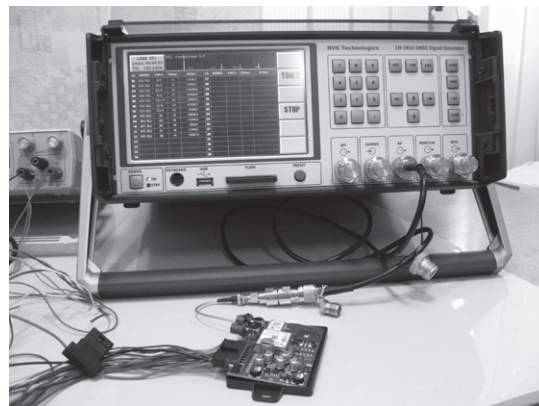


Рисунок 2 – Блок имитации спутниковых сигналов

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ

А.В. Роговец, г. Минск

Введение

Системы и методы оптического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в последние годы стали основными средствами контроля состояния объектов на земной поверхности и происходящих с ними изменений. Они используются во многих областях науки и хозяйственной деятельности для получения информации о состоянии окружающей среды и землепользовании, оценки последствий стихийных бедствий (лесных пожаров, землетрясений, наводнений), состояния растительных сообществ, сельскохозяйственных культур и др. Существуют как авиационные, так и космические системы ДЗЗ. Авиасъемка чаще применяется для мониторинга последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) благодаря возможности быстрой съемки заданных районов и оперативной передачи данных. Съемка с космических носителей обеспечивает возможность одновременно исследовать объекты на больших площадях. Синхронные многоуровневые измерения позволяют получить более детальную и достоверную информацию об исследуемых подстилающих поверхностях и применяются по этой причине в том числе для валидации методик и верификации данных.

Виды и характеристики данных оптического аэрокосмического дистанционного зондирования поверхности Земли

В общем случае дистанционное зондирование представляет собой исследование объектов любым способом без прямого контакта. В рамках данной статьи оптическое аэрокосмическое дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) рассматривается как получение информации об объектах земной поверхности пассивными оптико-электронными системами, установленными на авианосителях и космических аппаратах, путем регистрации электромагнитного излучения в видимом и ближнем ИК-диапазонах. Пассивные системы данного диапазона длин волн регистрируют естественное солнечное излучение, отраженное от подстилающих поверхностей Земли [1].

Особенность аэрокосмических методов ДЗЗ состоит в том, что между изучаемой поверхностью и регистрирующей системой всегда находится слой в целом непрозрачной атмосферы, поэтому вести исследования можно только в отдельных зонах спектра электромагнитных волн, называемых окнами прозрачности [2]. Непрозрачность атмосферы Земли в определенных диапазонах длин волн обусловлена поглощением и рассеянием излучения газообразными и аэрозольными компонентами атмосферы. Пропускание атмосферы на различных длинах волн показано на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, в диапазоне длин волн от 0,3 мкм до 1,3 мкм находится достаточно большое окно прозрачности атмосферы, в котором можно вести аэрокосмические наблюдения.

Основной единицей регистрируемой при оптическом ДЗЗ информации является снимок. Для классификации аэрокосмических снимков выделены следующие признаки:

- технология получения;
- пространственное разрешение и масштаб;
- территориальный охват;
- спектральный диапазон;
- спектральное разрешение;
- радиометрическое разрешение;
- временное разрешение.

В зависимости от технологии получения разделяют сканерные и фотографические снимки. В первом случае форма проекции участка измерения на поверхность Земли представляет собой линию, во втором – прямоугольник. Двумерный сканерный снимок местности формируется путем составления (сшивки) последовательно зарегистрированных линий. В настоящее время большинство действующих космических систем регистрируют сканерные снимки, которые оперативно передаются на Землю по радиоканалам. В качестве регистрирующего устройства при этом используются многоэлементные линейные ПЗС-приемники излучения. Большинство современных авиационных систем регистрируют фотографические снимки, так

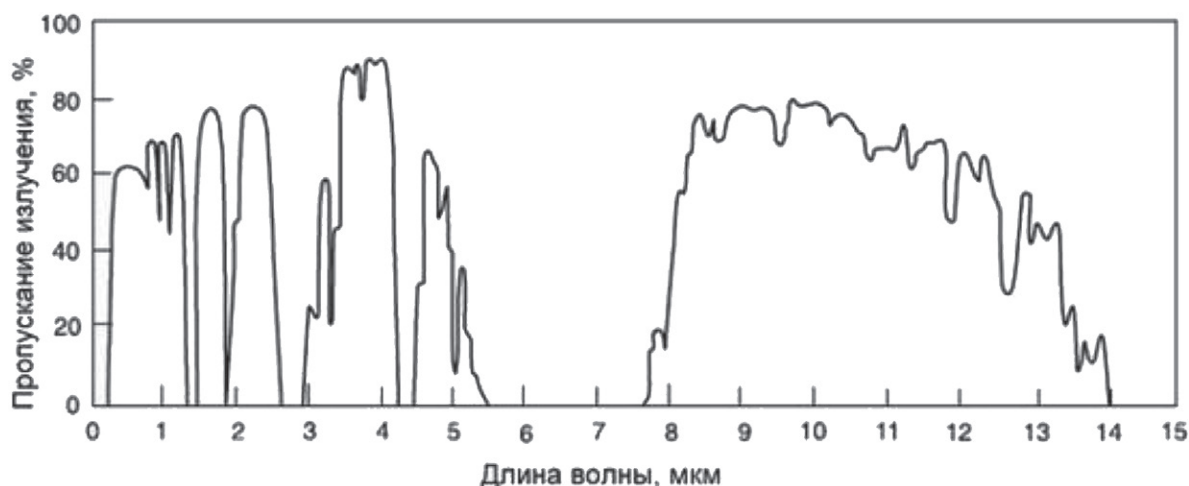


Рисунок 1 – Окна прозрачности атмосферы Земли

как авианоситель имеет менее стабильную траекторию полета, чем спутник, и при стыковке линий сканерного снимка возникают существенные трудности.

Пространственное разрешение характеризует минимальный размер объекта, различимого на снимке. Это один из самых важных параметров оптического прибора и получаемых им данных. Следует отличать размер единичного элемента снимка (пикселя) на земной поверхности и пространственное разрешение – снимки с одинаковым масштабом (размером пикселя на Земле) не всегда обладают одинаковым пространственным разрешением из-за различий в оптических характеристиках используемой аппаратуры. Общепринятой классификации аэрофотоснимков по пространственному разрешению не существует, ввиду малых по сравнению с космическими изображениями градаций разрешения. Чаще всего масштаб аэрофотоснимков в два раза больше съемочного или близок к нему, поэтому их принято классифицировать по масштабу:

- мелкомасштабные (1:100000 – 1:200000);
- среднемасштабные (1:50000 – 1:60000);
- крупномасштабные (1:10000 – 1:25000);
- сверхкрупномасштабные (крупнее 1:5000).

В отличие от аэрофотоснимков, космические снимки дешифрируются со значительным увеличением, поэтому более значимым параметром для оценки пространственных характеристик снимков является пространственное разрешение [3]. Классификация космических снимков по пространственному разрешению представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация космических снимков по пространственному разрешению

Разрешение	Наименование
Более 1000 м	Низкое
100–1000 м	Среднее
30–100 м	Относительно высокое
10–30 м	Высокое
1–10 м	Очень высокое
Менее 1 м	Сверхвысокое

Снимки низкого пространственного разрешения используются для исследования крупных объектов – океанов, геологических структур, выявления масштабных чрезвычайных ситуаций и оценки последствия от них. Снимки среднего и относительно высокого разрешения используются для общего мониторинга окружающей среды и обзорного картографирования. Для крупномасштабного картографирования и изучения отдельных искусственных и естественных объектов используются снимки высокого, очень высокого и сверхвысокого разрешения.

Территориальный охват снимка – это размер проекции участка измерения на поверхность Земли. Чаще всего измерения ведутся вдоль направления полета спутника или авианосителя, и последовательные фотографические или сканерные снимки представляют собой полосу, поэтому важным параметром для классификации данных оптического ДЗЗ является ширина охвата снимка (ширина полосы обзора).

Спектральный диапазон регистрируемых снимков определяется спектральным диапазоном чувствительности сенсоров используемых оптических приборов в разных диапазонах длин волн. С учетом окон прозрачности атмосферы Земли выделяют следующие спектральные диапазоны регистрации данных оптического аэрокосмического ДЗЗ:

- ультрафиолетовый диапазон (0,3–0,4 мкм);
- видимый диапазон (0,4–0,75 мкм);
- ближний и средний ИК-диапазон (0,75–2,5 мкм);
- тепловой ИК-диапазон (3–5 мкм, 8–14 мкм).

Требуемый спектральный диапазон обеспечивается одним или несколькими сенсорами, при этом сигнал может регистрироваться не только в одном непрерывном диапазоне длин волн, но и в отдельных узких или широких зонах, наиболее подходящих для решения поставленных задач.

Спектральное разрешение характеризует способность сенсоров оптического прибора различать близкие по длине волны сигналы и определяет ширину каждого спектрального канала снимка. В общем случае в многосенсорном приборе спектральное разрешение каналов различно. В зависимости от количества и ширины спектральных каналов выделяют следующие типы снимков:

- панхроматические (один широкий канал);
- многозональные (несколько каналов со средней спектральной шириной, порядка 0,04–0,2 мкм);
- гиперспектральные (большое число каналов с узкой спектральной шириной, не более 0,1 мкм).

Самыми информативными снимками являются гиперспектральные. Но стоимость гиперспектральной аппаратуры значительно превышает стоимость многозональных и панхроматических систем, работающих в том же спектральном диапазоне с одинаковым пространственным разрешением. Также на несколько порядков увеличивается объем получаемых цифровых данных.

Радиометрическое разрешение – это количество уровней яркости, на которое квантуется (делится) зарегистрированное электромагнитное излучение. Данная характеристика применяется только к цифровым или уже оцифрованным снимкам. Размерная единица радиометрического разрешения – бит (от англ. bit, сокращенное от binary digit – двоичная единица информации). В настоящее время наиболее распространены аэрокосмические снимки с радиометрическим разрешением от 8 до 12 бит (от 256 до 4096 уровней квантования).

Временное разрешение характеризует серию снимков, зарегистрированных с определенной периодичностью одним прибором. Разрешение оценивается интервалами времени между повторными съемками [2]. Данный параметр является постоянным для автоматических космических систем и зависит от движения спутника, на котором установлена аппаратура. Высоким временным разрешением обладают спутниковые данные, предназначенные для исследования динамики природных и антропогенных процессов. Для авиационных временное разрешение постоянно варьируется и зависит от поставленных задач.

Цифровые и оцифрованные снимки записываются на носитель для хранения и последующей обработки в двоичном формате. Для представления аэрокосмических снимков не существует единого формата. Снимки могут храниться как в известных графических форматах (TIFF, JPEG, BMP и т.д.), так и в специальных бинарных форматах, созданных разработчиками систем ДЗЗ. В общем случае файл снимка содержит

два структурных элемента – заголовок данных, в котором описывается служебная информация о снимке (дата съемки, время экспозиции, условия съемки и т.д.) и непосредственно данные. Данные могут записываться без сжатия данных либо со сжатием. В первом случае построчно записывается каждый пространственный элемент (пиксел) снимка. Во втором случае для уменьшения размера файла снимка на носителе точки изображения специальным образом группируются. Сжатие может осуществляться с потерей информации и без потерь. При сжатии с потерей информации ухудшается качество получаемых данных, но обеспечивается меньший объем файла снимка и быстрая передача данных на Землю [2]. Перед обработкой сжатых данных осуществляется их распаковка и далее полученные массивы пикселей снимков обрабатываются также, как и несжатые изображения.

Назначение, состав и особенности методов предварительной обработки снимков, получаемых со спутниковых и авиационных платформ

Перед тем, как использовать аэрокосмические снимки для решения прикладных тематических задач, следует провести специальную предварительную (первичную) обработку данных. Необходимость предварительной обработки связана с техническими особенностями съемочных систем и с большим объемом получаемых данных [4]. Таким образом, цель первичной обработки заключается в том, чтобы улучшить качество и достоверность аэрокосмических данных, устранить избыточность информации и предоставить конечному пользователю данные в том виде и формате, в котором они наиболее пригодны для дальнейшего использования в решении прикладных задач.

Предварительная обработка аэрокосмических данных в общем случае включает следующие этапы:

- пространственная и спектральная фильтрация данных с учетом решаемых задач;
- оцифровка аналоговых данных, полученных пленочными и аналоговыми системами;
- радиометрическая коррекция и калибровка данных;
- коррекция геометрических искажений снимков;
- устранение систематических помех (шумов);
- атмосферная коррекция снимков;
- географическая привязка снимков.

Все этапы предварительной обработки данных делятся на уровни обработки. Перечень и обозначение уровней обработки данных могут отличаться у различных компаний-операторов систем ДЗЗ. Наиболее часто встречаемая номенклатура уровней предварительной обработки данных представлена в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Номенклатура уровней предварительной обработки данных ДЗЗ

Уровень	Тип обработки
0	Первичные данные съемочного прибора
1A	Данные, прошедшие радиометрическую коррекцию и калибровку
1B	Радиометрически скорректированные и географически привязанные данные
2A	Радиометрически и геометрически скорректированные данные, представленные в картографической проекции

Последующие более высокие уровни общей обработки данных ДЗЗ требуют большого количества дополнительной информации и обычно относятся к тематической обработке данных [5].

Полный цикл предварительной обработки данных является трудоемкой и дорогостоящей процедурой, поэтому компании-операторы авиационных и космических систем применяют высокие уровни обработки только к небольшой части общего объема данных [4].

Опишем более подробно этапы предварительной обработки данных, относящиеся к вышеуказанным уровням.

Данные уровня 0 – это «сырые» данные с минимальной обработкой. Обработка данных нулевого уровня в основном устраняет искажения, связанные с передачей данных на Землю. Также на данном этапе может производиться оцифровка данных (в случае использования аналоговых систем ДЗЗ) и фильтрация (выбор требуемых спектральных каналов и сцен из всего объема регистрируемой информации).

Обработка данных уровня 1A состоит из этапов радиометрической коррекции и калибровки данных уровня 0. Радиометрическая коррекция устраняет пространственные искажения, связанные с особенностями съемочных систем ДЗЗ (черезполосица при съемке ПЗС-сканерами, дефектные пиксели, систематические и случайные шумы и т.д.) и геометрическими эффектами, связанными с формой Земли и параметрами движения авиационных или космических носителей [4].

Так как регистрируемый сигнал оптических систем ДЗЗ представляет собой набор чисел (цифровых кодов АЦП), то его необходимо преобразовать в абсолютные значения яркости приходящего с Земли излучения с учетом влияния атмосферы для последующей обработки и анализа. Радиометрическая калибровка состоит из нескольких уровней преобразования цифровых снимков. Калибровка первого уровня заключается в пересчете относительных единиц пикселей снимка в абсолютные единицы яркости с помощью калибровочных коэффициентов чувствительности приемника излучения, полученных при наземной (лабораторной) и (или) полетной калибровке прибора. Второй уровень радиометрической калибровки необходим для устранения влияния атмосферы, через которую проходит сигнал к приемнику, чтобы получить излучение у земной поверхности. В случае авиасъемки влияние атмосферы незначительно, в отличие от съемки с космических спутников. Процесс атмосферной коррекции является трудоемкой процедурой, для которой требуется большое количество дополнительных данных о состоянии атмосферы в момент съемки. Улучшить атмосферную коррекцию снимков помогают синхронные полевые измерения и данные с других космических и авиационных систем. Третий уровень радиометрической калибровки учитывает рельеф исследуемой местности, влияющий на отражение солнечного излучения. Для сравнения разновременных снимков иногда целесообразно не приводить данные к абсолютным значениям яркости излучения, а преобразовывать снимки к относительным значениям таким образом, чтобы одни и те же участки земной поверхности с постоянным во времени альбедо (например, такие искусственные сооружения, как крыши зданий, асфальтные дороги или специальные полотнища – миры) имели одинаковые значения на разных снимках [4]. Более подробно процесс радиометрической калибровки описан в следующем разделе.

На уровне 1В выполняется географическая привязка обрабатываемых данных. Для определения местоположения исследуемых объектов на снимке необходимо установить связь пространственных координат каждого пикселя изображения с пространственными координатами участков на земной поверхности. Улучшить географическую привязку снимков позволяет использование хорошо разрешаемых на изображении наземных контрольных точек с известными географическими координатами [1].

Обработка данных уровня 2А в рассматриваемой классификации заключается в преобразовании снимка к картографическому изображению в заданной проекции с наложенной координатной сеткой и направлением. Так как Земля имеет форму эллипсоида, то необходимо использовать математическое преобразование, трансформирующее трехмерную земную поверхность в плоскую поверхность карты. Картографическая проекция вызывает искажения длин линий, площадей и форм, поэтому при составлении карт указывается вид проекции, характеризующий точность полученной информации [3].

Методы и средства лабораторных и полетных спектрально-энергетических калибровок авиационной и космической съемочной аппаратуры

Калибровка прибора заключается в установлении зависимости между показаниями устройства и измеряемой величиной. Спектрально-энергетические калибровки съемочной аппаратуры для оптического ДЗЗ определяют спектральную чувствительность и спектральный диапазон приемников излучения.

Первый этап калибровки выполняется в лабораторных условиях перед началом эксплуатации системы. Рассчитанные коэффициенты используются в дальнейшем для радиометрической калибровки регистрируемых аэрокосмических данных.

Наземный комплекс для калибровки оптических систем ДЗЗ содержит как правило следующие основные компоненты:

- диффузный излучатель непрерывного спектра с известными спектральными характеристиками, способный воспроизводить различные уровни яркости для установления функции спектральной чувствительности оптической аппаратуры;
- монохроматический излучатель, воспроизводящий излучение в узких спектральных диапазонах для установления зависимости между каналами съемки оптической аппаратуры и регистрируемыми диапазонами длин волн.

Приемники излучения современных оптических систем ДЗЗ имеют близкую к линейной функцию зависимости чувствительности от уровня регистрируемого сигнала [4]:

$$DN = K \cdot L + S, \quad (1)$$

где DN (*digital number*) – цифровое значение в отдельном пикселе снимка, K – коэффициент калибровочного усиления, L – интегральная регистрируемая яркость в спектральном диапазоне приемника, S – коэффициент калибровочного смещения.

Задача энергетической калибровки заключается в том, чтобы определить коэффициенты калибровочного усиления и смещения для каждого элемента приемника излучения

и каждого значения времени экспозиции, если его можно варьировать при съемке.

В настоящее время в Беларуси существует единственный лабораторный комплекс для спектрально-энергетических калибровок оптических систем ДЗЗ – «Камелия-М», аккредитованный в Госстандарте Республики Беларусь как калибровочная лаборатория (аттестат аккредитации № BY/112 02.5.0.0012) [6]. Калибровочная лаборатория «Камелия-М» входит в состав отдела аэрокосмических исследований НИИПФ им. А.Н. Севченко БГУ.

В Российской Федерации головной организацией в области оптико-физических измерений является ФГУП «ВНИИОФИ», в которой функционирует специальный эталонный радиометрический комплекс для обеспечения прецизионной калибровки спутниковой аппаратуры наблюдения Земли в диапазоне длин волн 0,3–25 мкм [7]. Также во ВНИИОФИ создан государственный первичный специальный эталон единицы СПЭЯ и относительного спектрального распределения мощности излучения в диапазоне длин волн 0,3–25,0 мкм [8], которые используются для градуировки вторичных и рабочих эталонов калибровочных лабораторий, в том числе рабочего эталона комплекса «Камелия-М».

К числу мировых лидеров в области технологий оптических измерений и калибровок относятся такие компании как «Labsphere», «Optronic laboratories» и «SphereOptics», которые разрабатывают и производят линейку стандартных и специальных интегрирующих фотометрических сфер (диффузных излучателей) и компонентов для радиометрических калибровок и других приложений [9].

Из-за внешних факторов (вибраций, изменений температуры, излучения) после длительной эксплуатации характеристики аэрокосмических оптических систем могут измениться. Калибровка аэрокосмических приборов и валидация данных съемки необходимы для полноценного использования авиационных и космических снимков в решении практических задач. Сертификация продукции ДЗЗ невозможна без верификации и валидации данных.

И если авиационные системы возможно регулярно повторно калибровать в лабораторных условиях, то реализация процедуры и средств калибровки космических систем на борту спутника или космической станции является дорогой и трудоемкой задачей. Поэтому коррекция оптических параметров космических систем ДЗЗ проводится по анализу регистрируемых данных. В данном случае используются одновременные данные с других спутников (кросс-калибровка) и (или) специальные подспутниковые полигоны, на которых можно проводить синхронные наземные измерения.

Калибровка по полигону предъявляет ряд серьезных требований к выбору полигона и к обеспечению сопровождающих подспутниковых измерений:

- контроль пространственного и спектрального распределения альбедо поверхности;
- контроль спектральных и микрофизических характеристик атмосферы, в частности, оптической толщины аэрозольной атмосферы (АОТ), высотных профилей распределения оптических и микрофизических характеристик.

Информацию об аэрозольной атмосфере дают лидарные измерения и наземные измерения на станциях сети AERONET (прибор CIMEL). Информацию о поверхности дают радиометрические измерения.

Все подспутниковые полигоны можно разделить на три категории:

- контрольно-калибровочные полигоны для решения задач уточнения и контроля параметров систем ДЗЗ и их калибровки;
- тестовые полигоны для разработки, сертификации методик и решения тематических задач ДЗЗ;
- унисерсальные полигоны-станции, выполняющие функции контрольно-калибровочных и тестовых полигонов.

Благодаря высокой отражательной способности, относительно плоскому спектральному профилю (близкому к Ламбертовскому) и низкой аэрозольной нагрузке широко используются в качестве калибровочных полигонов естественные объекты – высоко расположенные над уровнем моря высохшие соленые озера, такие как Белые пески (США), Туз Гулу (Турция), Пьемонт (Италия), Берн (Швейцария), Оказак, Саитама (Япония) и др.

Подавляющее большинство специально оборудованных полигонов ДЗЗ располагается на суше, при этом обычно они функционируют на базе существующих заповедников, лесничеств и опытных хозяйств, ботанических садов и т.д., что обеспечивает экономию средств и квалифицированное обслуживание.

На полигоне-станции должны быть представлены эталонные объекты различной природы и назначения [10]:

- точечные объекты для субпиксельной привязки данных дистанционных измерений;
- объекты для валидации разрешающей способности орбитальных средств, геометрической коррекции и калибровки (миры, бетонные репера известной формы и размеров);
- сосредоточенные и распределенные активные и пассивные калибровочные средства и репера оптического диапазона (отражательные, цветные и поляризационные репера, основные типы почв, асфальтовые покрытия, водные репера);
- эталонные участки монокультур древостоев и сельскохозяйственной растительности.

Также должны быть организованы непрерывные фенологические и метеонаблюдения, мониторинг состава воздуха, измерение и анализ состава осадков, отбор и анализ почв и другие общие наблюдения.

Общее описание полигона включает в себя ГИС на следующей картографической основе: топографическая, геологическая карты, карты земле- и лесоустройства, рельефа, сельскохозяйственных угодий и др. Специальное описание полигона включает описание на основе авторских методик, адекватных задачам ДЗЗ, территории стационара и тестовых площадок в теле полигона различной природной этимологии [11].

В ряде стран, в частности, в Украине, созданы и действуют разветвленные сети реперных, калибровочно-реперных, эталонных, тематических и стационарных полигонов. В настоящее время закладываются основы создания международной системы полигонов на базе как давно существующих и успешно работающих, так и вновь создаваемых полигонов-стационаров России, Украины, Беларуси.

В создаваемую в странах СНГ систему полигонов входят:

- полигон-стационар Гаханы (Иркутская обл., Россия), описан как эталонный полигон программы «Алмаз» в 1989 году;
- Евпаторийский полигон создается на базе Национального центра управления и использования космических средств Украины.
- Скрипаевский полигон – стационар (Харьковская обл., Украина) создан и описан как подспутниковый в 1987 году на

базе учебного лесного хозяйства Харьковского сельскохозяйственного института;

- Чуноярский полигон (Красноярский край, Россия) – эксплуатируется как подспутниковый полигон организациями СО РАН;

– Шацкий подспутниковый полигон создан в 2007 году на базе Шацкого национального природного парка (ШНПП) – части трансграничного биосферного резервата «Западное Полесье», который включает также территорию Беларуси (Прибужское Полесье) и Польши (Полесский парк Народовый);

- полигон-стационар Западная Березина (Минская обл., Беларусь) организован в 2009 году на базе географического стационара Белорусского госуниверситета.

Таким образом, создаваемая система полигонов имеет разброс по широте более 10 градусов и по долготе – более 80 градусов, представляя ряд зональных и подзональных типов географической среды Северного полушария.

Методы тематической обработки аэрокосмических изображений

Основной задачей обработки аэрокосмических снимков является их дешифрирование – тематическая классификация, с помощью которой устанавливается соответствие между областями на изображении и объектами реального мира. Тематическая обработка аэрокосмических данных основана на том, что каждая подстилающая поверхность имеет уникальные отражательные характеристики.

Различают два типа классов – информационные и спектральные классы. Информационные классы – это объекты, которые необходимо распознать на снимке (виды растительности, водоемы, типы горных пород, искусственные сооружения и т.д.). Спектральные классы – это группы пикселей изображения, обладающие схожими яркостными параметрами в определенном спектральном диапазоне. В общем случае нельзя однозначно сопоставить информационные и спектральные классы. Одному информационному классу может соответствовать несколько спектральных классов, а некоторым спектральным классам может не соответствовать ни один информационный класс [12].

Существует два метода классификации – контролируемая и неконтролируемая. В случае контролируемой классификации оператором выбираются эталонные участки на снимке, соответствующие определенному информационному классу. Для составления набора эталонных областей используются дополнительные сведения об исследуемой местности, полученные с помощью наземных наблюдений. Группа эталонов одного информационного класса используется в качестве обучающей выборки для классификатора всего снимка или группы снимков. В результате обучения формируются эталоны классов, обладающие определенными яркостными характеристиками в заданном спектральном диапазоне. Классификация изображения осуществляется путем сравнения каждого пикселя с эталонами и отнесения пикселя к определенному классу. Таким образом, главной особенностью обучаемой классификации является определение информационных классов и установление соответствующих им спектральных классов.

Неконтролируемая классификация (классификация без обучения) заключается в разделении всех пикселей изображения на области (кластеры), обладающие схожими спектральными характеристиками, и сопоставлении най-

денных спектральных классов снимка с информационными классами реального мира [12].

Наиболее распространенные алгоритмы классификации с обучением – это метод параллелепипеда, метод минимального расстояния и метод максимального правдоподобия.

Метод параллелепипеда используется для классификации четко различающихся объектов. Этот способ эффективен, если общее число классов небольшое (3–5) и спектральные яркости объектов не перекрываются. По эталонным данным выделяются области в форме параллелепипедов n -мерного спектрального пространства, которые ограничивают значения яркости объектов каждого класса. Если значение пикселя изображения попадает в спектральную область параллелепипеда класса, то его относят к данному классу. В методе параллелепипеда к набору классов, соответствующему числу эталонов, добавляется т.н. «не класс», к которому относятся все пиксели изображения, которые невозможно отнести к другим классам.

Метод минимального расстояния используется для классификации объектов со схожими спектральными признаками. Данный метод можно использовать и как самостоятельный, и как дополнительный при разбиении смешанных классов на подклассы после более общей классификации, например, методом параллелепипеда. Метод применим в случае перекрывающихся диапазонов спектральных признаков и его удобно использовать для большого числа классов (20–30), например, в случае оценки плавно меняющихся непрерывных характеристик (повреждения лесов, загрязнения почв). Суть метода заключается в определении центров классов – средних значений яркости классов по всем спектральным зонам и отнесении каждого пикселя изображения к тому классу, расстояние до центра которого минимально. Под расстоянием в этом случае понимается Евклидово спектральное расстояние. Расстояние D_{kc} между центром класса c и k -ым пикселем, определяется следующей формулой [2]:

$$D_{kc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_{ki} - B_{ci})^2}, \quad (2)$$

где n – количество спектральных зон, B_{ki} – яркость пикселя в i -ой спектральной зоне, B_{ci} – среднее значение яркости класса c в i -ой спектральной зоне.

В данном методе пространство признаков разбивается на многоугольные области классов и неклассифицированных пикселей не остается. Метод минимального расстояния целесообразно использовать, если все эталонные пиксели компактно группируются возле центров классов, если же область значений яркости класса сильно вытянута, то пиксели могут быть ошибочно отнесены к другому классу, в этом случае целесообразно использовать метод максимального правдоподобия [2].

Метод максимального правдоподобия учитывает особенности взаимосвязи между спектральными зонами объекта и использует ковариации между значениями спектральной яркости эталонов. В случае двумерного пространства спектральных признаков области классов представляют собой ориентированные в направлении наибольшего разброса значений эллипсы с центром в точке со средними значениями класса. В классификации удовлетворяется условие максимальной вероятности отнесения пикселя к классу (максимальной правдоподобности) – чем ближе пиксель к центру класса, тем выше его вероятность принадлежности к данному классу. Поскольку данный способ

используется в случаях близких по яркости значений классов, то необходимо особо тщательным образом выбирать эталонные участки. Распределение значений яркости в пределах класса должно быть максимально близким к нормальному. Пиксель изображения относится к тому классу, расстояние до центра которого минимально. В данном случае используется расстояние Махаланобиса. Для k -го пикселя с вектором значений яркости по всем спектральным признакам B_k расстояние DM_{kc} до центра класса c вычисляется по следующей формуле:

$$DM_{kc} = (B_k - M_c)^T \cdot Cov_c^{-1} \cdot (B_k - M_c), \quad (3)$$

где M_c – вектор средних значений яркости класса c , Cov_c – матрица ковариации значений яркости класса c .

Если вычисленное расстояние Махаланобиса до центра класса минимально, но превышает заданный порог, то пиксель остается неклассифицированным. Метод максимального правдоподобия является самым точным из трех способов контролируемой классификации, но из-за сложности реализации и самым затратным по времени расчета и объему используемой памяти [2].

Одним из наиболее общих методов неконтролируемой классификации (кластеризации), на основе которого строятся частные методы для конкретных задач, является алгоритм К-средних (K-Means). Как и другие методы кластеризации, данный способ является итерационным, при этом количество кластеров K устанавливается оператором системы. На первом шаге алгоритма задаются начальные математические ожидания («аттракторы») для каждого K -кластера и каждый пиксель обучающего набора данных (все изображение или его часть) относится к тому кластеру, чье математическое ожидание наиболее близко к вектору значений яркости пикселя. На каждой итерации математическое ожидание кластера пересчитывается по значениям входящих в класс пикселей и проводится перераспределение пикселей. Итеративный процесс заканчивается тогда, когда изменения значений математических ожиданий всех кластеров в двух последовательных итерациях становятся не существенными. Достоинством метода является то, что окончательный набор кластеров не зависит от начального приближения, которое влияет только на количество итераций. Известной и часто используемой модификацией метода К-средних является алгоритм ISODATA, в котором производится автоматическое слияние кластеров, если их разделимость ниже порогового значения, и расщепление, если кластер становится очень большим [4].

Методы контролируемой и неконтролируемой классификации имеют свои достоинства и недостатки по сравнению друг с другом, поэтому самым эффективным способом является гибридная классификация, использующая оба вида классификации на различных этапах обработки.

Выводы

В настоящее время данные аэрокосмического оптического ДЗЗ широко используются в различных областях человеческой деятельности благодаря возможности быстрого и детального исследования больших территорий и получения информации о труднодоступных при наземном наблюдении объектах (районы пожаров, горные участки, водоемы). Всемирная орбитальная группировка космических аппаратов оптического ДЗЗ насчитывает порядка 50 спутников. Известно более 40 действующих авиационных съемочных систем, используемых для решения задач сельского хозяйства, оперативного мониторинга окру-

жающей среды, наблюдения за чрезвычайными ситуациями и оценки последствий от них.

Конкуренция среди разработчиков систем ДЗЗ постоянно повышает технологический уровень разрабатываемых комплексов и качество получаемых данных. Улучшаются такие параметры как пространственное разрешение снимков, ширина захвата съемки, спектральное разрешение и количество спектральных каналов оптических систем. Современные разработки систем оптического ДЗЗ направлены на создание мультиспектральных и гиперспектральных комплексов. Для повышения точности приборов создаются сложные системы наземной калибровки оптических систем. Актуальной является задача повышения метрологической точности лабораторных спектрально-энергетических калибровок путем усовершенствования как технических средств и эталонов, так и методик калибровочных измерений и последующей обработки данных.

Важное значение имеют методы предварительной и тематической обработки данных, без которых невозможно эффективно использовать аэрокосмические снимки. Ввиду разнообразия получаемых данных существует большое количество способов их улучшения и дешифрирования. Для каждого вида данных (съемочных систем) и типа решаемых задач необходимы соответствующие методы обработки данных. В то же время создается общая база методов и способы унификации процесса обработки и приведения данных к общеизвестным форматам для удобства использования. Разработка и эксплуатация приборов ДЗЗ в отделе аэрокосмических исследований НИИПФП БГУ (АСК-ЧС [13], ФСС[14]) потребовали создания собственных методов, алгоритмов и специального ПО обработки данных этих систем.

Для верификации и валидации космических данных широко используются методы полетной калибровки по подспутниковым полигонам. В данный момент создается единая система полигонов-стационаров стран СНГ, в которую войдет и белорусский подспутниковый полигон «Западная Березина», предназначенный в первую очередь для полетных калибровок готовящегося к запуску Белорусского космического аппарата (БКА), что потребовало создания соответствующего методического обеспечения многоуровневых измерений.

Литература:

1. Рис, У. Основы дистанционного зондирования / У. Рис. – 2-е изд. – Москва: Техносфера, 2006. – 336 с.
2. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.
3. Курлович, Д.М. ГИС-картографирование земель: Учебное пособие и ГИС-практикум для студентов специальности 1-31 02 01 география / Д.М. Курлович. – Минск: БГУ, 2011. – 246 с.
4. Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт. – Москва: Техносфера, 2010. – 560 с.
5. Федоткин, Д.И. Технологии предварительной обработки данных ДЗЗ: опыт ИТЦ «СканЭкс» в создании программного обеспечения и организации обработки данных в составе приемных комплексов [Электронный ресурс] / Д.И. Федоткин // Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации. – 2006. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/35154.html>. – Дата доступа: 25.02.2012.
6. Спектрально-энергетические калибровки опто-электронных систем и комплексов дистанционного зондирования / Ю.В. Беляев [и др.] // Приборостроение-2010: Материалы 3-й Международной научно-технической конференции, БНТУ, Минск, 10–12 ноября 2010 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гос. Комитет по стандартизации Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Бел.нац. техн. ун-т, Бел. гос. ин-т метрологии, Ин-т прикладной физики НАН Беларуси. – Минск, БНТУ, 2010. – С. 204–205.
7. Работы ВНИИОФИ в области метрологического обеспечения радиометрической калибровки и полетного контроля стабильности оптической аппаратуры наблюдения Земли / А.С. Панфилов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: тезисы V Юбилейной открытой Всероссийской конф., Москва, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2007г. [Электронный ресурс] / ИКИ РАН РФ; редкол.: О.Ю. Лаврова [и др.]. – Москва: ИКИ РАН, 2007. – Режим доступа: <http://d902.iki.rssi.ru/theses-cgi/thesis.pl?id=884>. – Дата доступа: 25.02.2012.
8. Качество радиометрических данных оптической аппаратуры наблюдения Земли и построение российской системы обеспечения единства радиометрических измерений этой аппаратурой / А.С. Панфилов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: тез. Девятой открытой Всероссийской конференции, Москва, 14–18 ноября 2011 г. [Электронный ресурс] / Москва: ИКИ РАН. – Режим доступа: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=30&thesis=2689. – Дата доступа: 26.12.2011.
9. Методические аспекты спектрально-энергетических калибровок оптической аппаратуры / Ю.В. Беляев [и др.] // Информационные технологии, электронные приборы и системы (ITEDS'2010): Материалы Международной научно-практической конференции, 6–7 апреля 2010 г., Минск / Белорусский государственный университет. – Минск: Национальная библиотека Беларуси, 2010 – С. 227–232.
10. Подспутниковые полигоны обеспечения надежности результатов ДЗЗ [Электронный ресурс] / Л.М. Атрошенко [и др.] // ДНВЦ «Природа». – Харьков, 2009. – Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1208>. – Дата доступа: 04.03.2012.
11. Принципы организации и обслуживания международной системы подспутниковых полигонов / Л.М. Атрошенко [и др.] // Четвертый Белорусский космический конгресс: материалы конгресса, Минск, 27–29 окт. 2009 г.: в 2 т. / ОИПИ НАН Беларуси; редкол.: А.В. Тузиков [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 12–19.
12. Гош, С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / С.К. Гош, А.М. Чандра. – Москва: Техносфера, 2008. – 312 с.
13. Авиационная система мониторинга зон чрезвычайных ситуаций АСК-ЧС / Б.И. Беляев [и др.] // Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли: материалы науч.-практич. конф., Адлер, РФ, 15–20 сентября 2008 г. / МНТОРЭС им. А.С. Попова – Москва, 2008. – С. 197–198.
14. Фотоспектральная система для исследования подстилающих поверхностей с борта МКС / Б.И. Беляев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: тезисы VII Всероссийской открытой конф., Москва, ИКИ РАН, 16–20 ноября 2009 г. [Электронный ресурс] / ИКИ РАН РФ; редкол.: О.Ю. Лаврова [и др.]. – 2009. – Режим доступа: <http://d902.iki.rssi.ru/theses-cgi/thesis.pl?id=1844>. – Дата доступа: 10.12.2009.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ПО ДАННЫМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ЛОКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ Nd:YAG-ЛАЗЕРА

УДК 551. 508

С.А. Лысенко, М.М. Кутейко,
БГУ, г. Минск

Аннотация

Разработана методика оперативного дистанционного мониторинга аэрозольных загрязнений атмосферы, позволяющая определять интегральные микрофизические параметры аэрозоля с минимальным использованием априорной информации. Проведена апробация методики на массиве экспериментальных данных AERONET.

Введение

Существующие лазерно-локационные системы позволяют с высокой точностью регистрировать сигналы обратного рассеяния с десятков километров в ночное время и с единиц километров в дневное время. Однако ввиду многопараметрической зависимости регистрируемых сигналов известные методы интерпретации результатов измерений требуют использования априорной информации или допущений об исследуемой среде, что не позволяет достоверно и с высокой точностью определять оптические и микрофизические характеристики аэрозольных компонентов атмосферы [1, 2]. В связи с этим, не решенные методологические задачи по обработке результатов измерений до последнего времени не позволяют провести метрологическую аттестацию лазерно-локационных систем.

Ниже проведен анализ информативности данных зондирования многокомпонентных аэрозолей на длинах волн Nd:YAG-лазера относительно их интегральных микрофизических параметров. Рассматриваются следующие интегральные параметры: счетные N_i (см^{-3}) и объемные C_{Vi} ($\text{мм}^3/\text{м}^3$) концентрации, характерные размеры $r_{32} = \langle r^3 \rangle / \langle r^2 \rangle$ (мкм) частиц аэрозольных фракций. Для чис-

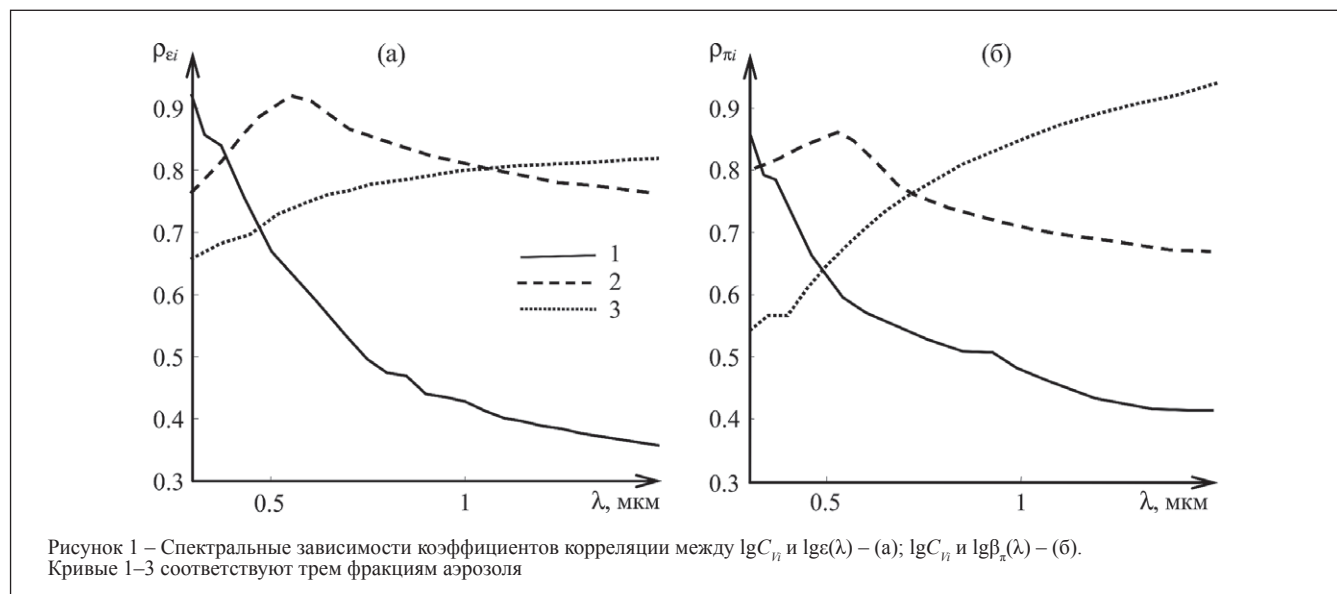
ленного моделирования вариаций оптических аэрозольных характеристик выбрана статистическая микрофизическая модель аэрозоля.

Анализ информативности оптических аэрозольных характеристик на длинах волн Nd:YAG-лазера

Для того, чтобы качественно проанализировать возможность восстановления микрофизики аэрозоля по значениям его оптических характеристик на длинах волн Nd:YAG-лазера важно проанализировать спектральные зависимости коэффициентов парной корреляции между $\varepsilon(\lambda)$, $\beta_\pi(\lambda)$ и интегральными микрофизическими параметрами (ИМП).

На рисунке 1 приведены спектральные зависимости коэффициентов корреляции $\rho_{ei}(\lambda)$: (а) – между $\lg \varepsilon(\lambda)$ и $\lg C_{Vi}$ и $\rho_{\pi i}(\lambda)$; (б) – между $\lg \beta_\pi(\lambda)$ и $\lg C_{Vi}$ ($i = 1, 2, 3$), полученные для ансамбля микрофизических параметров аэрозоля, состоящего из $n = 1000$ реализаций.

Видно, что оптические характеристики аэрозоля в видимой области обусловлены преимущественно субмикронной фракцией аэрозоля, в то время как в ближней УФ и ИК областях спектра сильно возрастает влияние соответственно мелкодисперсной и грубодисперсной фракций. Обращает на себя внимание и более низкие значения $\rho_{\pi i}(\lambda)$ по сравнению с $\rho_{ei}(\lambda)$ (за исключением ближней ИК области, где наблюдается достаточно высокая корреляция между β_π и C_{V3}), что обусловлено более сложной зависимостью $\beta_{\pi a}$ от микрофизических параметров аэрозоля и в первую очередь от $m_i(\lambda)$.



На основе сгенерированного ансамбля реализаций микрофизических параметров аэрозоля и расчетов его оптических характеристик Y_j (коэффициентов ослабления (км^{-1}), обратного рассеяния ($\text{км}^{-1}\text{ср}^{-1}$)) оценены погрешности восстановления ИМП – X_i (счетные N_i (см^{-3}), объемные C_{Vi} ($\text{мм}^3/\text{м}^3$) концентрации фракций, эффективные размеры «мелких», «крупных» и всех вместе частиц аэрозоля – r_p , r_c и r_t (мкм)), соответственно, по формулам множественных линейных регрессий:

$$\ln X_i = a_{i0} + \sum_{j=1}^m a_{ij} \ln Y_j, \quad (1)$$

где m – число измеряемых оптических характеристик; коэффициенты a_{ij} соответствуют минимуму функционала

$$S = \sum_{k=1}^n \left[\ln X_{ki} - a_{i0} - \sum_{j=1}^m a_{ij} \ln Y_{kj} \right]^2,$$

где n – число случайных реализаций модели. В (1) используются логарифмы величин X_i и Y_j , т.к. в этом случае мы имеем дело с числами одного порядка, а абсолютная ошибка логарифма дает оценку относительной ошибки самой величины.

Формула (1) была использована в численных экспериментах по замкнутой схеме для восстановления интегральных микрофизических параметров для 1000 реализаций параметров модели. Для каждой реализации по регрессионной формуле (1) для заданного набора измеряемых оптических характеристик Y , с учетом добавления в их расчетные значения случайных погрешностей измерения (в пределах 10 %), рассчитывались значения ИМП которые сравнивались с их заданными значениями. После перебора всех реализаций вычислялись средние погрешности восстановления ИМП.

О точности определения объемных концентраций C_{Vi} частиц аэрозольных фракций по значениям $Y_j = \varepsilon(\lambda_j)$ ($\lambda_1 = 0,355$; $\lambda_2 = 0,532$ и $\lambda_3 = 1,064$ мкм) можно судить по представленным на рисунке 2 а–в гистограммам погрешностей определения C_{Vi} при различных комбинациях параметров аэрозоля. Видно, что значения $\varepsilon(\lambda_j)$ более информативны относительно объемных концентраций мелко- и среднелдисперсной фракций аэрозоля (ввиду меньших значений средних погрешностей $\langle \delta C_{V1} \rangle$ и $\langle \delta C_{V2} \rangle$ по сравнению с $\langle \delta C_{V3} \rangle$), что находится в соответствии со спектральными зависимостями коэффициентов парной корреляции $\rho_{\varepsilon_i}(\lambda)$.

На рисунке 2 г–е представлены гистограммы погрешностей определения C_{Vi} по значениям $Y_j = \beta_{\pi}(\lambda_j)$. Видно, что значения $\beta_{\pi}(\lambda_j)$, наиболее информативны относительно C_{V3} , что также согласуется с зависимостями $\rho_{\beta_{\pi}}(\lambda)$. В этом отношении данные о $\varepsilon_a(\lambda_j)$ и $\beta_{\pi}(\lambda_j)$ являются взаимодополняющими при определении фракционных концентраций аэрозоля.

Что касается других ИМП аэрозолей, то при рассматриваемых диапазонах изменения последних и при отсутствии априорной информации (и в первую очередь о $m_i(\lambda)$) их определение с приемлемой точностью по значениям только $\varepsilon(\lambda_j)$ или $\beta_{\pi}(\lambda_j)$ не представляется возможным. Так, например, средняя погрешность определения счетной концентрации N по значениям $\varepsilon(\lambda_j)$ составляет 70 %.

Уравнения регрессии для восстановления ИМП по данным совместных измерений коэффициентов ослабления и обратного рассеяния

Рассмотрим возможность определения ИМП многокомпонентных аэрозолей по данным совместных измерений $\varepsilon(\lambda_j)$ и $\beta_{\pi}(\lambda_j)$. При использовании регрессионного подхода к решению обратной задачи необходимо учитывать, что

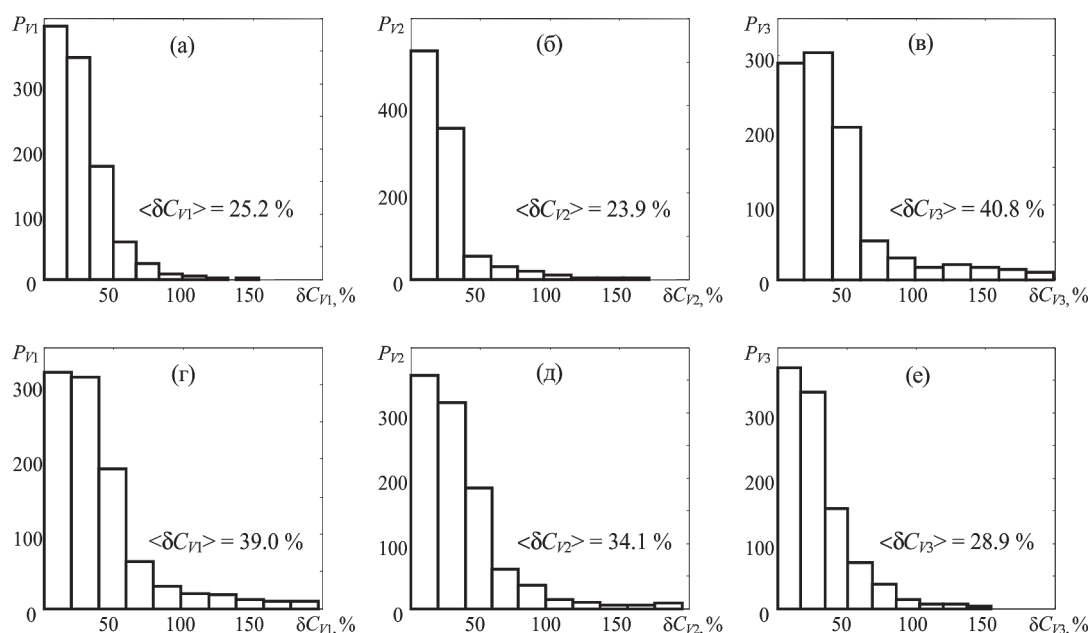


Рисунок 2 – Гистограммы погрешностей восстановления объемных концентраций трех аэрозольных фракций с использованием уравнений (1) при $Y_j = \varepsilon(\lambda_j)$ (а, б, в) и $Y_j = \beta_{\pi}(\lambda_j)$ (г, д, е), соответствующих различным комбинациям микрофизических параметров аэрозоля

устойчивость уравнения (1) к погрешностям измерения Y тем больше, чем менее коррелированы друг с другом спектральные значения измеряемых оптических характеристик. В работе [3] было показано, что $\beta_\pi(\lambda_2)$ можно определить по значениям $\beta_\pi(\lambda_1)$ и $\beta_\pi(\lambda_3)$ с погрешностью не превышающей, в большинстве атмосферных ситуаций, единиц процентов. Следовательно, при погрешностях оптических измерений $\sim 10\%$ включение $\beta_\pi(\lambda_2)$ наряду с $\beta_\pi(\lambda_1)$ и $\beta_\pi(\lambda_3)$ в регрессионные уравнения для ИМП аэрозолей не повышает информативности данных уравнения относительно искомых параметров, но делает их более чувствительными к погрешностям измерения $\beta_\pi(\lambda_j)$. То же самое касается и спектральных измерений $\varepsilon(\lambda_j)$.

С учетом сказанного запишем в удобном для практического использования виде регрессионные уравнения для ИМП аэрозолей набора из 4-х оптических характеристик – $\varepsilon(\lambda_1)$, $\varepsilon(\lambda_2)$, $\beta_\pi(\lambda_1)$, $\beta_\pi(\lambda_3)$:

$$\ln X_i = a_{i0} + a_{i1} \ln \varepsilon(\lambda_1) + a_{i2} \ln \varepsilon(\lambda_2) + a_{i3} \ln \beta_\pi(\lambda_1) + a_{i4} \ln \beta_\pi(\lambda_3), \quad (2)$$

где $\lambda_1 = 0,355$; $\lambda_2 = 0,532$ и $\lambda_3 = 1,064$ мкм. Конкретные значения коэффициентов a_{ij} для каждого из рассматриваемых ИМП приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты уравнения множественной регрессии (2)

Интегральный параметр X	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
C_{v1}	9,8791	1,5933	–0,6706	–0,4037	0,2095
C_{v2}	–4,0959	2,4264	–1,1824	–0,3696	0,1051
C_{v3}	2,8910	–3,4433	5,2631	–1,0967	0,0991
N_1	–3,0222	–2,3319	3,5246	–0,9160	0,4251
N_2	0,9689	–0,5884	0,8231	–0,3283	0,3579
N_3	–0,5900	–1,3244	1,5834	–0,80375	1,0691
r_f	–1,6132	–1,2602	1,3883	–0,1689	0,0468
r_c	1,6628	–0,2737	0,2830	–0,15307	0,2214
r_t	–0,1597	–1,8184	1,6481	–0,2449	0,3247

Поскольку значения $\varepsilon(\lambda_1)$, $\varepsilon(\lambda_2)$, $\beta_\pi(\lambda_3)$, как видно из рисунка 1, достаточно тесно коррелируют с объемным содержанием соответственно мелко-, средне- и грубодисперсной фракций аэрозолей, то набор вышеуказанных оптических характеристик является наиболее оптимальным как в плане информативности относительно концентраций всех трех аэрозольных фракций, так и устойчивости определяемых из (2) ИМП к погрешностям измерения оптических характеристик.

На рисунке 3 представлены гистограммы погрешностей определения N_p , C_{vi} , r_p , r_c и r_t из уравнений (2).

Как видно из сравнения рисунков 2 и 3, совместные измерения коэффициентов ослабления и обратного рассеяния приводят к повышению точности восстановления CV_i (примерно

в 2 раза), по сравнению со случаем их отдельного измерения. То же самое касается и других ИМП. При этом наибольшие ошибки соответствуют восстановлению счетной концентрации мелкодисперсной аэрозольной фракции, что связано с проявлением эффекта оптического «экранирования» малых частиц большими, наличие которого является характерной особенностью для любого метода оптического зондирования реальных сред [4].

Таким образом, как видно из рисунка 3, полученные нами регрессионные уравнения (2), позволяют определять все рассматриваемые ИМП. Средние погрешности, в виду широких диапазонов возможных значений параметров (для C_{vi} они составляют 3 порядка и более), являются вполне приемлемыми для удовлетворения потребностей как экологических, так и климатических задач. При этом, важное значение имеет то, что регрессионные уравнения (2) носят универсальный характер, т.е. позволяют без использования априорной информации определять параметры как городских, так и фоновых аэрозолей (показывается ниже). Очевидно, что при меньших диапазонах изменений, микрофизические характеристики (соответствующих региональным особенностям аэрозоля) или при наличии априорной информации (при проведении сопутствующих микрофизических измерений) параметры аэрозоля можно определять с более высокой точностью.

Для подтверждения достоверности регрессионных уравнений, полученных на основе статистической модели, использовался массив оптических и микрофизических характеристик аэрозоля, накопленный на двух станциях AERONET: г. Минск (городской аэрозоль) и г. Бельск (аэрозоль, в виду малой антропогенной нагрузки региона, близок по своим физико-химическим свойствам к фоновому). Поскольку оптические характеристики, получаемые на станциях AERONET на основе измерений угловой зависимости яркости неба в солнечном альмукантарате и главной плоскости, являются интегральными по всему слою атмосферы, то имеет смысл проводить сравнение лишь для независимых от полной концентрации частиц аэрозоля параметров и работать с безразмерными комбинациями оптических характеристик (например, с их отношениями на разных длинах волн). Сравнение производилось по следующим микрофизическим параметрам: относительное содержание «мелких» частиц в объеме аэрозоля – $V_f/V_t = (C_{v1} + C_{v2}) / \sum_{i=1}^3 C_{vi}$ и эффективный размер частиц r_t . Регрессионные уравнения для этих параметров, полученные с использованием статистической модели аэрозоля, имеют вид:

$$\begin{aligned} \ln(V_f/V_t) = & -1,1341 + 0,7344 \ln\left(\frac{\varepsilon(\lambda_1)}{\varepsilon(\lambda_2)}\right) + \\ & + 0,3172 \ln\left(\frac{\beta_\pi(\lambda_1)}{\beta_\pi(\lambda_3)}\right), \\ \ln r_t = & -0,1853 - 1,9053 \ln\left(\frac{\varepsilon(\lambda_1)}{\varepsilon(\lambda_2)}\right) - \\ & - 0,3678 \ln\left(\frac{\beta_\pi(\lambda_1)}{\beta_\pi(\lambda_3)}\right). \end{aligned} \quad (3)$$

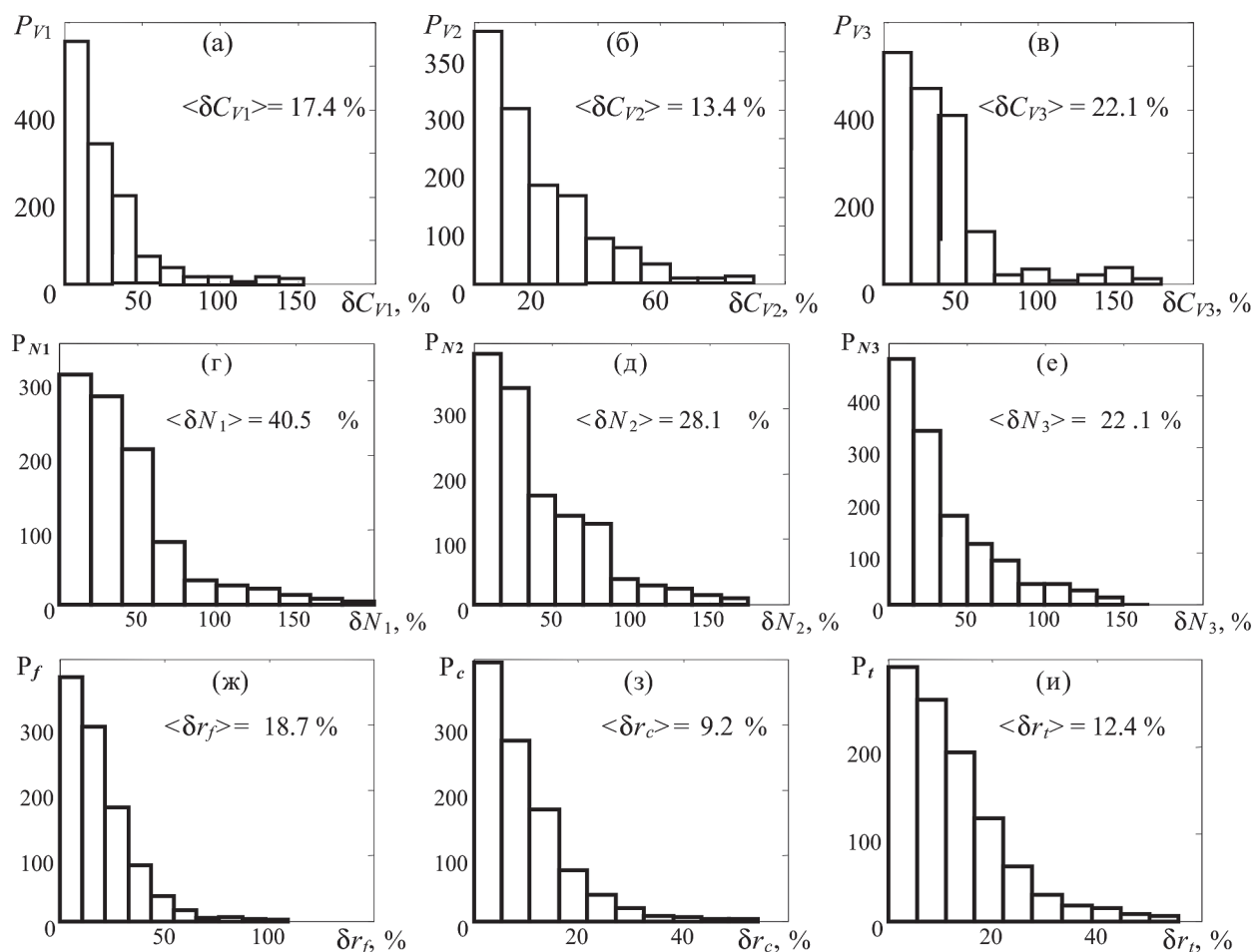


Рисунок 3 – Гистограммы погрешностей восстановления: объемных (а, б, в), счетных (г, д, е) концентраций частиц 1-й (а, г), 2-й (б, д) и 3-й (в, е) фракций аэрозоля; эффективных размеров «мелких» (ж), «крупных» (з) и всех частиц аэрозоля (и), соответствующих различным комбинациям его параметров

На рисунке 4 представлены результаты восстановления V_f/V_t и r_t с использованием уравнений (3) для оптических характеристик, взятых из AERONET.

Из рисунков видно хорошее соответствие значений рассматриваемых параметров, получаемых с использованием (3), с данными AERONET, что и свидетель-

ствует об общности и универсальности полученных уравнений (2) и (3). Средние относительные отклонения значений параметров составляют, соответственно, 16,2 и 12,3 % для V_f/V_t и r_t , что близко по значению со средними ошибками их определения, приведенными на рисунке 3.

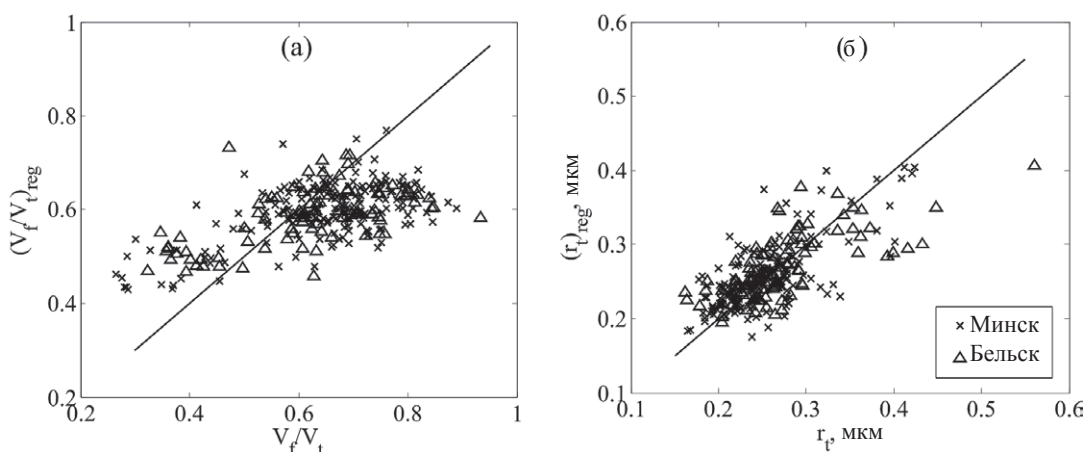


Рисунок 4 – Результаты восстановления V_f/V_t (а) и r_t (б) с использованием уравнений (3) для оптических характеристик, взятых из AERONET

Заключение

Таким образом, предлагаемый в работе регрессионный подход к интерпретации результатов лазерного зондирования атмосферы позволяет без использования априорной информации определять параметры как городских, так и фоновых аэрозолей. В настоящее время актуальность разработки методик, которые позволят осуществить метрологическую аттестацию лидарных систем, возрастает в связи с создаваемыми глобальными сетями (мировой, европейской, СНГ, РБ) мониторинга загрязнений окружающей среды и необходимостью стандартизации измерений [5].

Литература:

1. Креков, Г.М. Интерпретация сигналов оптического зондирования атмосферы / Г.М. Креков, С.И. Кавкьянов, М.М. Крекова. – Новосибирск: Наука, 1987. – 184 с.
2. Кугейко, М.М. Теория и методы оптико-физической диагностики неоднородных рассеивающих сред / М.М. Кугейко, Д.М. Оношко. – Минск: БГУ, 2003. – 186 с.
3. Кугейко, М.М. Методика восстановления профилей коэффициентов обратного рассеяния атмосферы из результатов трехволновых лидарных и нефелометриче-

ских измерений / М.М. Кугейко, С.А. Лысенко // Оптика и спектр. – 2008. – Т. 105, № 3. – С. 496–502.

4. Зуев, В.Е. Обратные задачи оптики атмосферы / В.Е. Зуев, И.Э. Наац. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1990. – 286 с.

5. Чайковский, А.П. Лидарная сеть CIS-LiNet для мониторинга аэрозоля и озона: методология и аппаратура / А.П. Чайковский, А.П. Иванов, Ю.С. Балин, А.В. Ельников, Г.Ф. Тулинов, И.И. Плюснин, О.А. Букин, Б.Б. Чен // Опт. атм. и океана. – 2005. – Т. 18, № 12. – С. 1066–1072.

Abstract

A technique of on-line remote monitoring of aerosol pollution of the atmosphere have been developed, allowing to define the integral microphysical parameters of aerosol with minimal use of a priori information. The technique have been tested on an array of experimental data of AERONET.

A method have been developed to on-line monitoring of microphysical parameters of the atmosphere with a minimum amount of a priori information.

Поступила в редакцию 26.06.13 г.

ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В РАЗДЕЛЕ «РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ»

1. Научная статья – законченное и логически цельное произведение по раскрываемой теме – должна соответствовать одному из следующих научных направлений: информационные технологии и системы, оптоэлектроника, микро- и нанoeлектроника, приборостроение.

2. Объем научной статьи не должен превышать 0,35 авторского листа (14 тысяч печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие), что соответствует 8 страницам текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 страницы в случае печати через 1,5 интервала).

3. Статьи в редакцию представляются в двух экземплярах на бумаге формата А4 (220х15, г. Минск, пр. Пушкина, 29Б), а также в электронном виде (e-mail: sadov@bsu.by). К статье прилагаются сопроводительное письмо организации за подписью руководителя и акт экспертизы. Статья должна быть подписана всеми авторами.

Статьи принимаются в формате doc, rtf, pdf, набранные в текстовом редакторе word, включая символы латинского и греческого алфавитов вместе с индексами. Каждая иллюстрация (фотографии, рисунки, графики, таблицы и др.) должна быть представлена отдельным файлом и названа таким образом, чтобы была понятна последовательность ее размещения. Фотографии принимаются в форматах tif или jpg (300 dpi). Рисунки, графики, диаграммы принимаются в форматах tif, cdr, eps или jpg (300 dpi, текст в кривых). Таблицы принимаются в форматах doc, rtf или Excel.

4. Научные статьи должны включать следующие элементы: аннотацию; фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название; введение; основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии); заключение; список цитированных источников;

индекс УДК;

аннотацию на английском языке.

5. Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие индексировать данную статью.

6. Аннотация (100–150 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками).

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Список цитированных источников располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]).

В соответствии с рекомендациями ВАК Республики Беларусь от 29.12.2007г. №29/13/15 научные статьи аспирантов последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия требованиям, предъявляемым к рецензируемым научным публикациям.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СПРАВОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 004.82:528.9

С.А. Самодумкин,
БГУИР, г. Минск

Аннотация

Рассмотрены принципы и подходы к проектированию интеллектуальных геоинформационных систем справочного назначения. В основу предлагаемого подхода положено понятие семантической модели интеллектуальной геоинформационной системы и кодирование информации с использованием семантического SC-кода. Предложенные в работе принципы иллюстрируются фрагментами интеллектуальной справочной системы по Республике Беларусь.

Введение

В настоящее время геоинформационные системы являются инструментом обработки пространственной информации [1, 6]. Общей характерной чертой для такого класса систем является решение информационно-поисковых задач с привязкой объектов на некоторую территорию местности. Однако многообразие типов объектов местности, большое количество различных топологических отношений и множество встречаемых на практике задач, для которых не всегда существуют алгоритмические решения, требуют обратиться к вопросу интеллектуализации геоинформационных систем.

Классическая архитектура геоинформационной системы в качестве информационных компонентов включает пространственную и атрибутивную базы данных [1]. Таким образом, все объекты местности имеют пространственную привязку к территории местности, а также задаются характеристики объектов. На практике же для решения прикладных задач требуется установление отношений между объектами местности, и в данном случае, используя инструментальные геоинформационные системы, возможно только установление топологических отношений. Установление других типов отношений, в том числе предметных отношений, весьма затруднительно и может быть решено в частном виде путем создания программ на встраиваемых в инструментальные геоинформационные системы языках программирования [6]. Причем для установления какого-либо вида семантической связи требуется разработка алгоритма и его программирование.

В основе предложенного в работе подхода лежит создание семантической модели (sc-модели) [2] геоинформационной системы, которая включает в себя базу знаний, машину обработки знаний и интеллектуальный пользовательский интерфейс со средствами визуального взаимодействия с объектами карты. Особенностью такой модели является представление знаний предметной области в виде семантической сети, а проектирование прикладных интеллектуальных систем осуществляется по технологии ОСТИС [3, 7]. Для решения указанных выше про-

блем требуется пересмотр подходов к разработке систем, в основе которых лежит семантическая структуризация информации, для сети Internet и которые применяются в настоящее время.

Способ описания

различных классов объектов местности

Для каждого объекта местности выделены основные, присущие только ему, семантические характеристики. Особо отметим, что метрические характеристики таким свойством не обладают. Семантические свойства классов объектов местности устанавливаются в соответствии с разработанным и действующим классификатором топографической информации, отображаемой на топографических картах и планах городов ОКРБ 012-2007 [9].

Согласно данному классификатору каждый класс объектов местности имеет уникальное однозначное обозначение. Иерархия классификатора имеет восемь ступеней классификации и состоит из кода класса, кода подкласса, кода группы, кода подгруппы, кода отряда, кода подотряда, кода вида, кода подвида. Таким образом, благодаря способу кодирования уже заданы родовидовые связи, отражающие соотношения различных классов объектов местности, а также установлены характеристики конкретного класса объектов местности. В связи с тем, что задаются основные свойства и отношения не конкретных физических объектов, а их классов, то такая информация является по отношению к конкретным объектам местности метainформацией, а совокупность данной метainформации представляет собой онтологию объектов местности, которая в свою очередь является частью базы знаний интеллектуальной геоинформационной системы.

Онтология объектов местности включает описание следующих классов объектов местности: водные

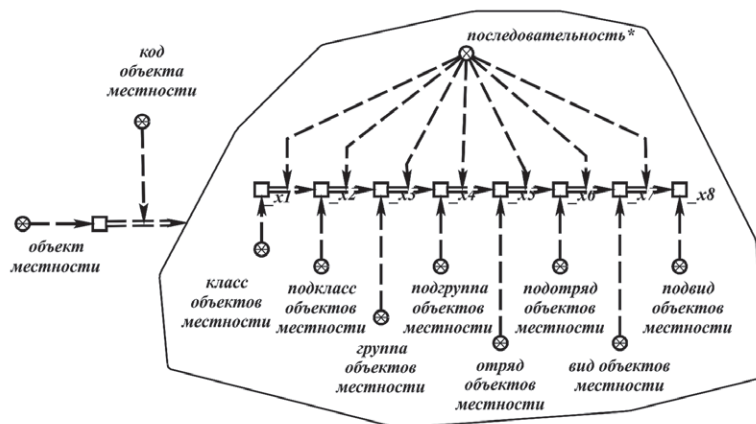
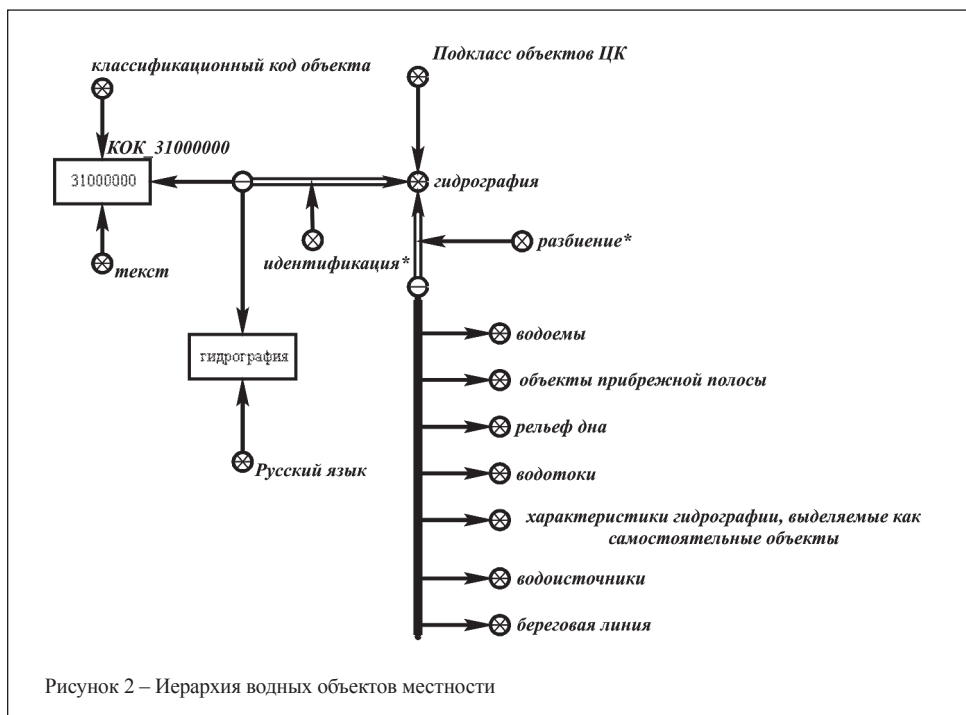


Рисунок 1 – Уровни иерархии классов объектов местности



Кроме статей, описывающих классы объектов местности, в онтологию объектов местности входят статьи с описанием признаков, характеризующих объекты местности. Отметим, что для каждого класса объектов местности выделен свой, характерный только ему, набор признаков (например, для всех объектов местности типа «реки» могут быть заданы отношения «собственное значение*», «ширина по шкале*», «признак судоходства*», «качественные особенности воды*»). Таким образом, рассмотренная онтология объектов местности и способ ее формального задания позволяют описать все основные классы объектов местности и установить для этих классов набор признаков, характерных для рассматриваемого класса объектов местности, что в свою

объекты и гидротехнические сооружения; населенные пункты; промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты; дорожная сеть и дорожные сооружения; растительный покров и грунты. Онтология объектов местности представляет собой дерево классификации в соответствии с иерархией, приведенной на рисунке 1. Для каждого класса объектов местности установлены родовидовые связи. В качестве примера на рисунке 2 приведена иерархия водных объектов.

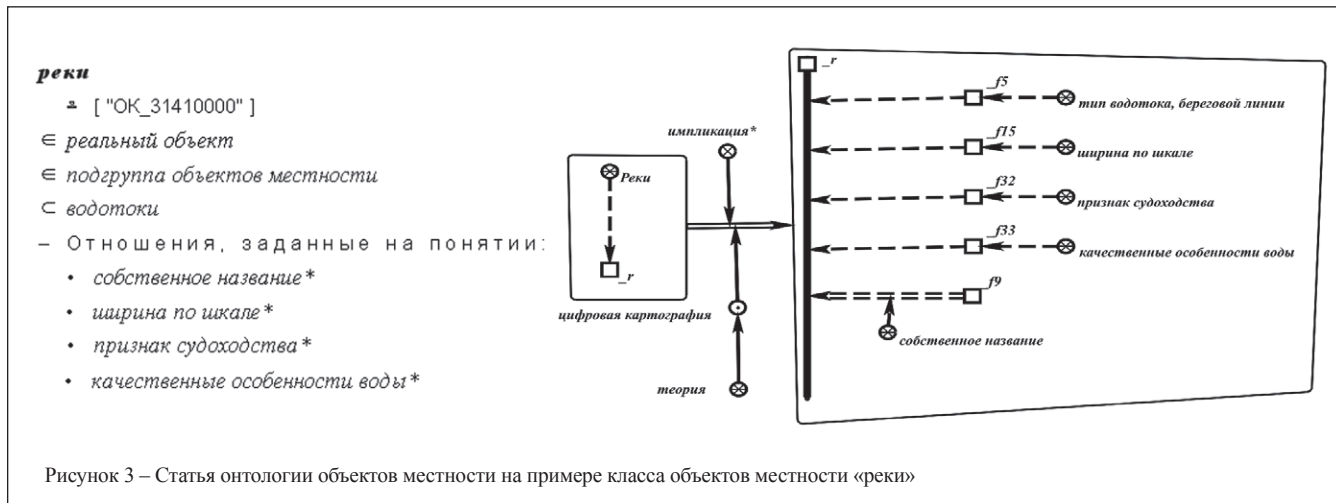
Рассмотрим получение онтологии объектов местности и ее представление в sc-модели. На первом этапе создается статья, кодированная с использованием SCn-кода (псевдо-естественного языка кодирования семантических сетей) [5]. На втором этапе sc.n-статья транслируется во внутреннее представление, т.е. в семантическую сеть специального вида. На рисунке 3 в качестве примера проиллюстрировано получение статьи онтологии объектов местности на примере одного из классов объектов местности «реки».

очередь позволяет в дальнейшем создать базу знаний объектов местности с уже установленными родовидовыми отношениями, а также семантическими атрибутами [8].

**База знаний
интеллектуальных
геоинформационных систем**

Описанная в предыдущем разделе онтология объектов местности представляет собой фрагмент базы знаний для рассматриваемого класса систем, который оформлен в виде повторно используемого компонента и используется при разработке прикладных геоинформационных систем.

Следующая часть базы знаний – это представление предметных знаний в рамках проектируемой прикладной системы, что представляет собой набор статей, описывающих конкретные объекты местности. Такой раздел базы знаний будем называть «предметными» знаниями, т.е. раздел, где представляются знания предметной области.



В основу формирования «предметной» базы знаний положен принцип эволюционного проектирования. Это означает, что данный раздел формируется поэтапно, как показано на рисунке 4. Первый этап формирования «предметной» базы знаний – это анализ данных, представленных в виде электронной карты и трансляция в базу знаний объектов местности на заданную территорию. На этом этапе определяется, во-первых, к какому классу принадлежит исследуемый объект местности и, далее в зависимости от типа объекта, формируется статья, соответствующая конкретному физическому объекту местности.

Первый этап формирования «предметной» базы знаний – это анализ электронной карты и трансляция в базу знаний объектов местности на заданную территорию. На этом этапе определяется, во-первых, к какому классу принадлежит исследуемый объект местности и, далее, в зависимости от типа объекта, формируется статья, соответствующая конкретному физическому объекту местности. Таким образом, создается множество статей, описывающих конкретные объекты местности для каждого класса объектов местности. Следует отметить, что на данном этапе формирования базы знаний могут быть установлены дополнительные отношения, в частности, отношения принадлежности и топологические отношения.

Второй этап формирования «предметной» базы знаний – это интеграция с внешними базами знаний. На этом этапе, помимо географических знаний, могут добавляться знания смежных предметных областей, тем самым становится возможным задание межпредметных связей. Наглядным примером служит интеграция с биологическими классификаторами, которые в реализации представляют собой онтологию объектов флоры и фауны. Такая интеграция расширяет функциональные и интеллектуальные возможности прикладной геоинформационной системы. Отметим, что на данном этапе снимается омонимия в названиях географических объектов, принадлежащих классам населенных пунктов за счет использования

классификатора СОАТО (система обозначений объектов административно-территориального деления и населенных пунктов).

Машина обработки знаний интеллектуальных геоинформационных систем

Одним из достоинств интеллектуальных систем, разработанных по технологии ОСТИС, является решение предметных задач, когда нет четкой спецификации и алгоритма ее решения. Это достигается с помощью формирования продукций, которые записываются и хранятся так же в базе знаний. Технология проектирования машин обработки знаний и модели решения задач в соответствии с указанной технологией рассмотрена в работе [4].

В качестве примера рассмотрим решение следующей задачи: «Определить, существует ли водный путь между городами Минск и Речица. При наличии такого водного пути результат отобразить на карте».

В качестве исходных данных являются следующие утверждения базы знаний:

Через город Минск протекает река Свислочь.

Через город Речица протекает река Днепр.

Река Свислочь является притоком реки Березина.

Река Березина является притоком реки Днепр.

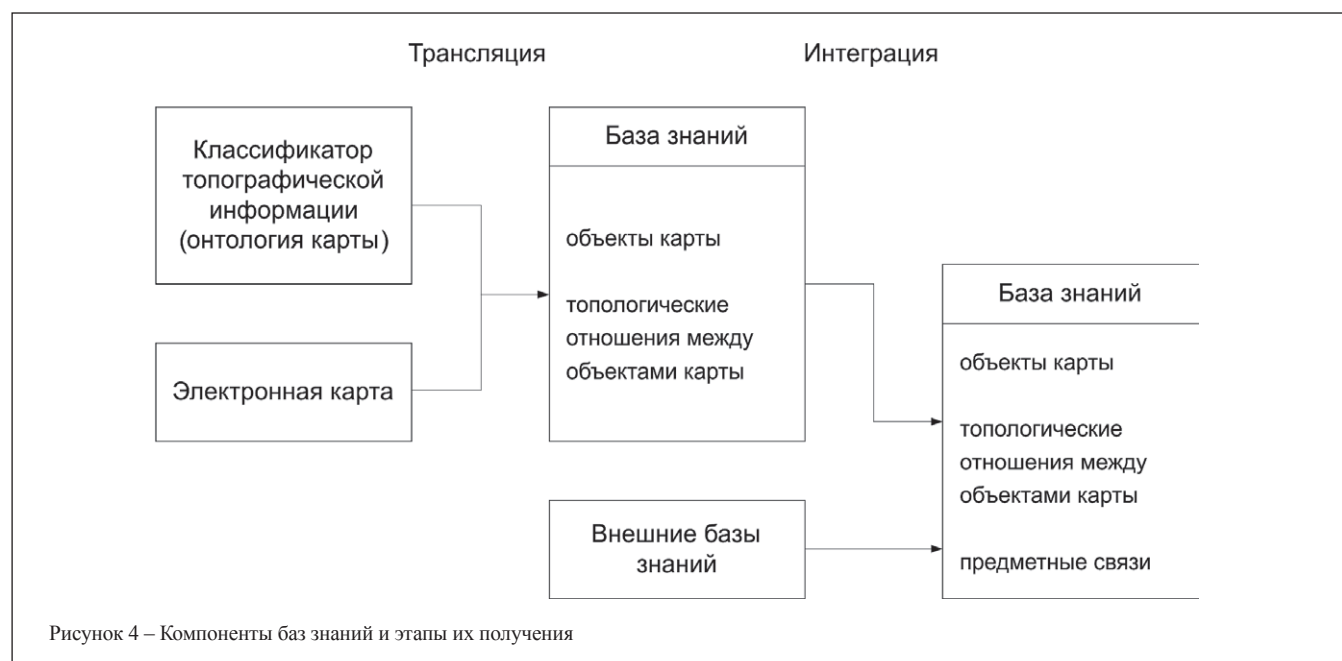
В процессе решения на первой итерации на основе анализа топологических отношений «примыкание» будет установлено:

– река Свислочь впадает в реку Березина (т.е. река Свислочь примыкает к реке Березина);

– река Березина впадает в реку Днепр (т.е. река Березина примыкает к реке Днепр) и будет сделано заключение о том, что по реке Свислочь можно попасть в реку Днепр.

На второй итерации сопоставляется топологическая принадлежность города Минска и реки Свислочь, а также города Речица и реки Днепр. В итоге будет найден путь, который отображается на карте местности.

Необходимо отметить, что в процессе решения задач генерируются дополнительные знания, необходимые



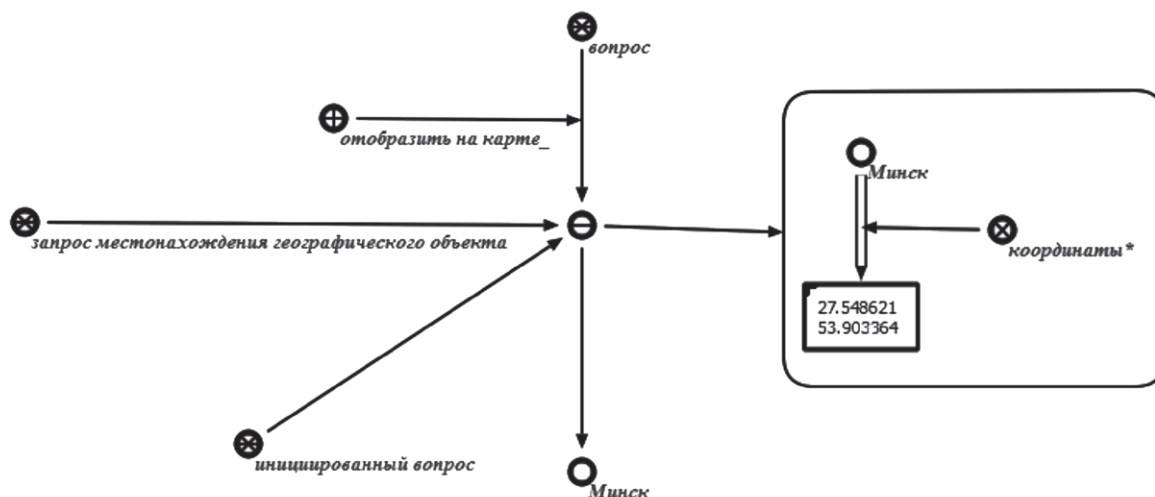


Рисунок 5 – Представление ответа пользователя в виде семантической конструкции

в процессе вывода, которые могут быть сохранены и в дальнейшем использоваться при решении других задач или участвовать в выводе при ответе на поисковые запросы.

Интерфейс пользователя интеллектуальных геоинформационных систем

Результатом удовлетворения информационной потребности пользователя в справочной системе является ответ – сформированная sc-конструкция в памяти. В конструкции ответа помимо информации о свойствах геообъектов присутствует картографическая информация. Основная задача, решаемая подсистемой визуализации картографической информации, – подключение просмотрщиков и редакторов, которые позволяют визуализировать знания (в частном случае ответов) в удобной для восприятия форме в зависимости от хранимой картографической информации.

На рисунке 5 приведена конструкция ответа на запрос пользователя о местонахождении города Минска. В левой части рисунка задается непосредственно инициируемый вопрос, а в правой части – к sc-конструкции в качестве ответа присоединяется картографическая информация об объекте местности, имеющаяся в базе знаний системы.

Следующим этапом является визуализация ответа на карте, интерпретируемой как просмотрщик карт в специализированном sc-окне. С этой целью системой инициируется вызов транслятора, соответствующего формату картографической информации. Например, для картографических данных в системе координат WGS-84 возможно транслирование в формат данных YMapsML (xml-формат для представления геоданных, разработанный компанией Яндекс). В этом случае для визуализации объектов местности используется картографический сервис <http://maps.yandex.ru>. Последовательность преобразований представлена на рисунке 6.

Шаг 1. Разбор sc-конструкции ответа. На данном шаге выделяется связка отношения координаты*.

Шаг 2. Определение типа локализации объекта. В результате данного шага определяется один из трех типов локализации: точечный объект, линейный объект, площадной объект в зависимости от количества пар координат в связке отношения координаты*.

Шаг 3. Выделение названия географического объекта с целью последующего геокодирования и определение к какому классу объектов местности принадлежит искомый объект.

Шаг 4. Формирование описания отображаемого географического объекта как объекта карты в виде xml-разметки на языке представления геоданных YMapsML. Для рассматриваемого примера будем иметь:

```
<ymaps:GeoObject>
  <gml:name>
    Минск
  </gml:name>
  <gml:description>
    город
  </gml:description>
  <gml:Point>
    <gml:pos>
      27.548621 53.903364
    </gml:pos>
  </gml:Point>
</ymaps:GeoObject>
```

Шаг 5. Формирование уникального имени xml-документа и его отправка на сервер ymapserver.appspot.com под этим именем. Имя сформированного документа сохраняется в содержимом узла sc-окна, которое находится во множестве sc-окон для вывода картографических данных с форматом YMapsML.

Шаг 6. Загрузка с сервера при помощи JavaScriptAPI службы «Яндекс.Карты» сформированного на шаге 4 xml-документа и отрисовка карты.

Заключение

Приведенный в работе подход к проектированию интеллектуальных геоинформационных систем в соответствии с технологиями OSTIS позволяет создавать прикладные интеллектуальные системы указанного класса. Причем сроки проектирования сокращаются за счет повторного использования следующих компонентов: онтологии объектов местности, базы знаний объектов местности, машины обработки знаний и картографического интерфейса. В общем случае проектиров-

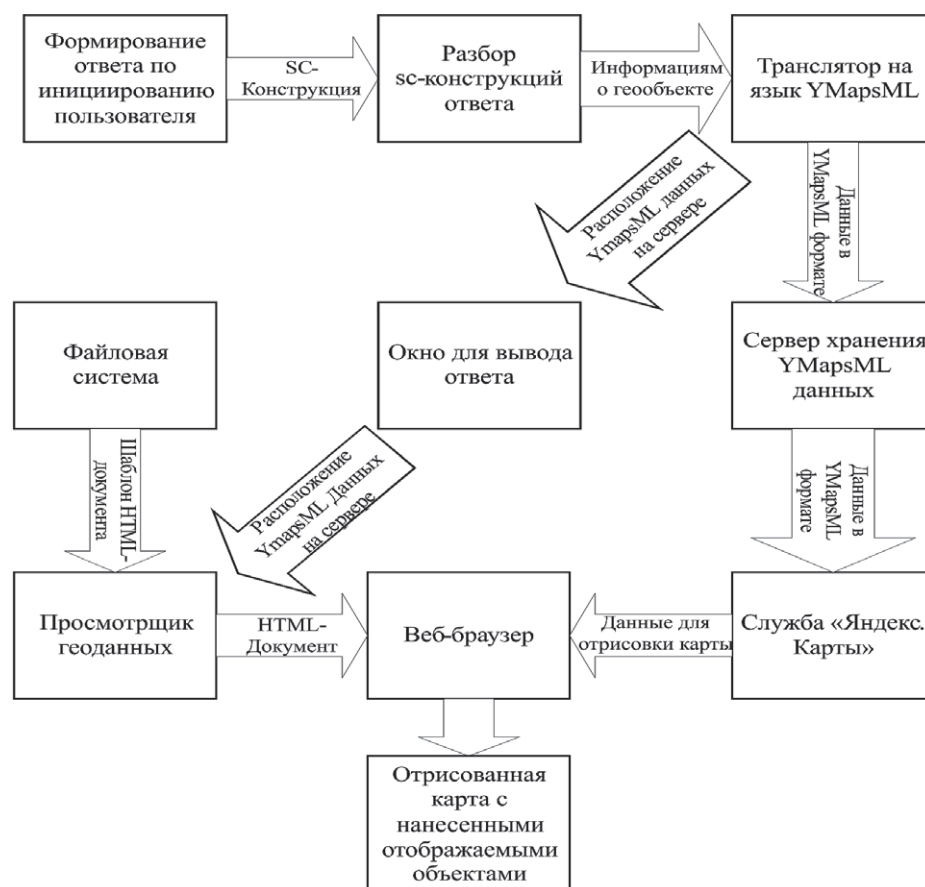


Рисунок 6 – Последовательность преобразования ответа пользователя в представление на карте

цирку прикладной геоинформационной системы необходимо в соответствии с онтологией объектов местности сформировать базу объектов местности на заданную территорию и записать утверждения предметной области в виде продукции.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ-РФФИ Ф10Р-148.

Литература:

1. Абламейко, С.В. Географические информационные системы. Создание цифровых карт / С.В. Абламейко, Г.П. Апарин, А.Н. Крючков. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000.
2. Голенков, В.В. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В.В. Голенков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2001.
3. Голенков, В.В. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // Материалы II международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск, 2012.
4. Заливако, С.С. Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач / С.С. Заливако, Д.В. Шункевич // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск, 2012. – С. 297–314.

5. Ивашенко, В.П. Семантические модели и средства интеграции и отладки баз знаний / В.П. Ивашенко // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск, 2012. – С. 193–204.

6. Крючков, А.Н. Интеллектуальные технологии в геоинформационных системах / А.Н. Крючков, С.А. Самодумкин, М.Д. Степанова, Н.А. Гулякина; под науч. ред. В.В. Голенкова. – Минск: БГУИР, 2006.

7. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.ostis.net>. – Дата доступа: 27.11.2010.

8. Проектирование интеллектуальных геоинформационных систем справочного назначения / С.А. Самодумкин // Информационные технологии и системы 2011 (ИТС 2011): материалы международной научной конференции (Минск, 26 октября 2011 г.). – Минск: БГУИР, 2011.

9. Цифровые карты местности. Топографическая информация, отображаемая на топографических картах и планах городов / ОКРБ 012-2007.

Abstract

Principles and approaches to designing of intellectual geoinformation systems are considered. In a basis of the offered approach the concept of semantic model of intellectual geoinformation system and coding of the information with use of a semantic SC-code is necessary.

Поступила в редакцию 02.04.2013 г.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ПАНХРОМАТИЧЕСКИХ И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

УДК 004.932.2

О.Н. Новак,
БГУ, г. Минск

Аннотация

В статье приведены результаты исследования алгоритмов реализации метода преобразования цветового пространства с целью определения причины искажения цветовой палитры синтезированного изображения. Осуществляется сравнительный анализ полученных синтезированных изображений путем вычисления коэффициентов корреляции с исходными мультиспектральными снимками.

Введение

В настоящее время космические снимки широко используются в разных областях человеческой деятельности: сельском хозяйстве, геологических и гидрологических исследованиях, лесоводстве, охране окружающей среды, мониторинге стихийных бедствий, планировке территорий, военных целях и т.д.

Современные искусственные спутники Земли поставляют одновременно панхроматические снимки с высоким пространственным разрешением и мультиспектральные снимки с низким разрешением. Это связано со сложностью изготовления оптической системы, одновременно обладающей высокими пространственным и спектральным разрешениями.

Для многих областей, особенно для приложений геоинформационных систем, требуется, чтобы снимки обладали одновременно высоким пространственным и высоким спектральным разрешениями. Это связано с необходимостью идентификации объектов, которая основана на нахождении визуальных различий между объектами. Это различие в цветовом тоне, форме, размере, текстуре, тени, структуре. Цветовой тон – это фундаментальный признак, по которому различают объекты. При помощи него на снимке становятся различимы объекты с различной формой, размером, текстурой.

Недостаточное разрешение мультиспектральных снимков затрудняет их анализ и обработку. В связи с этим актуальной является задача увеличения разрешения мультиспектральных снимков. Одно из направлений увеличения разрешения мультиспектрального снимка состоит в синтезе панхроматического и мультиспектрального снимков. При увеличении разрешения мультиспектральных снимков необходимо максимально сохранить цветовую палитру исходных снимков.

Существующие на сегодняшний день методы синтеза панхроматических и мультиспектральных космических снимков с разным пространственным разрешением позволяют получать изображения с разрешением близким к разрешению панхроматического снимка. Однако эти методы искажают цветовую палитру синтезированного изображения. Поэтому основными задачами данной работы являются:

– проведение сравнительного анализа методов синтеза панхроматических и мультиспектральных космических снимков;

– исследование алгоритмов реализации метода преобразования цветового пространства для определения причины искажения цветовой палитры синтезированного изображения.

1 Методы синтеза панхроматических и мультиспектральных космических снимков

Среди всего многообразия методов синтеза изображений наибольшее распространение получили [1]:

- метод преобразования цветового пространства;
- метод главных компонент;
- арифметический метод Brovey Transform;
- преобразование Грамма-Шмидта;
- вейвлет-преобразование.

Наименьшее искажение цветовой палитры синтезированного изображения наблюдается при синтезе космических снимков методами преобразования цветового пространства и арифметическим методом Brovey Transform [1, 2]. Рассмотрим эти методы синтеза панхроматических и мультиспектральных космических снимков.

1.1 Метод преобразования цветового пространства

Суть метода заключается в следующем:

– с помощью передискретизации увеличивают размер исходного мультиспектрального снимка с низким пространственным разрешением до размера панхроматического снимка;

– полученное изображение преобразуется из модели RGB в другую цветовую модель, в которой яркостная информация отделена от цветовой;

– далее производится обратное преобразование изображения в модель RGB, но вместо матрицы значений яркости каждого пикселя мультиспектрального снимка используется матрица значений яркости соответствующих пикселей панхроматического снимка, получая таким образом мультиспектральное изображение с пространственным разрешением близким к разрешению панхроматического снимка.

Синтез мультиспектральных и панхроматических снимков методом преобразования цветового пространства может проводиться тремя алгоритмами.

1. Алгоритм HSI (H – цветовой тон, S – насыщенность, I – интенсивность). При преобразовании цветов из модели RGB в модель HSI цветовой тон H для каждого пикселя, заданного в RGB формате изображения, определяется по формуле [3]:

$$H = \begin{cases} \theta & \text{при } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{при } B > G, \end{cases} \quad (1)$$

где

$$\theta = \arccos \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}}. \quad (2)$$

Насыщенность S задается выражением:

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B), \quad (3)$$

а интенсивность I определяется по формуле:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B). \quad (4)$$

Приведенные выражения справедливы в предположении, что значения цветности R, G, B нормированы так, чтобы они лежали в диапазоне $[0, 1]$ и угол θ отсчитывался от красной оси пространства HSI .

При обратном преобразовании цветов из модели HSI в модель RGB по заданным значениям H в интервале $[0, 360]$ находятся соответствующие значения R, G и B в интервале $[0, 1]$, при этом, в зависимости от значения H используются различные формулы. В области изменения цветового тона существуют три различных сектора величиной 120° , которые разделены направлениями на первичные основные цвета.

RG сектор ($0^\circ \leq H < 120^\circ$). Если значения H находятся в этом секторе, то RGB координаты определяются по формулам:

$$B = I(1 - S), \quad (5)$$

$$R = I(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)}), \quad (6)$$

$$G = 3I - (R + B). \quad (7)$$

GB сектор ($120^\circ \leq H < 240^\circ$):

$$R = I(1 - S), \quad (8)$$

$$G = I(1 + \frac{S \cos H^*}{\cos(60^\circ - H^*)}), \text{ при } H^* = H - 120, \quad (9)$$

$$B = 3I - (R + G). \quad (10)$$

BR сектор ($240^\circ \leq H \leq 360^\circ$):

$$G = I(1 - S), \quad (11)$$

$$B = I(1 + \frac{S \cos H^*}{\cos(60^\circ - H^*)}), \text{ при } H^* = H - 240, \quad (12)$$

$$R = 3I - (G + B). \quad (13)$$

2. Алгоритм HSV (H – цветовой тон, S – насыщенность, V – значение яркости). При преобразовании цветов из модели RGB в модель HSV считаем, что H принадлежит интервалу $[0, 360]$, а S, V, R, G, B – интервалу $[0, 1]$.

Пусть MAX – максимальное значение из R, G и B , а MIN – минимальное из них. Тогда значение цветового тона H для каждого пикселя, заданного в RGB формате изображения, определяется по формуле [4]:

$$H = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = MIN \\ 60 \times \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0, \text{ если } MAX = R \text{ и } G \geq B \\ 60 \times \frac{G - B}{MAX - MIN} + 360, \text{ если } MAX = R \text{ и } G < B \\ 60 \times \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120, \text{ если } MAX = G \\ 60 \times \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240, \text{ если } MAX = B. \end{cases} \quad (14)$$

Насыщенность S дается выражением:

$$S = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, \text{ если } MAX \neq 0. \end{cases} \quad (15)$$

Яркость V определяется по формуле:

$$V = MAX. \quad (16)$$

Преобразование цветов из модели HSV в модель RGB осуществляется по следующим формулам:

$$H_i = \text{floor}\left(\frac{H}{360}\right) \bmod 6, \quad (17)$$

$$f = \frac{H}{60} - \text{floor}\left(\frac{H}{60}\right), \quad (18)$$

где $\text{floor}(x)$ – целая часть числа x , а $\bmod b$ – остаток от деления a на b .

$$p = V(1 - S), \quad (19)$$

$$q = V(1 - fS), \quad (20)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S). \quad (21)$$

После расчета H_i и чисел f, p, q и t находим значения цветности R, G и B в диапазоне $[0, 1]$:

$$\text{Если } H_i = 0, \text{ то } R = V, G = t, B = p, \quad (22)$$

$$\text{Если } H_i = 1, \text{ то } R = q, G = V, B = p, \quad (23)$$

$$\text{Если } H_i = 2, \text{ то } R = p, G = V, B = t, \quad (24)$$

$$\text{Если } H_i = 3, \text{ то } R = p, G = q, B = V, \quad (25)$$

$$\text{Если } H_i = 4, \text{ то } R = t, G = p, B = V, \quad (26)$$

$$\text{Если } H_i = 5, \text{ то } R = V, G = p, B = q. \quad (27)$$

3. Алгоритм $CIELAB$ (L^* – значение интенсивности, a^* – красный минус зеленый, b^* – зеленый минус синий). В основе алгоритма $CIELAB$ лежит понятие о цветовой модели $CIELAB$. Ее особенность состоит в том, что она не зависит от устройства вывода изображения. Значения цветности в модели $CIELAB$ задаются следующими выражениями [3]:

$$L^* = 116 \cdot h\left(\frac{Y}{Y_w}\right) - 16, \quad (28)$$

$$a^* = 500 \left[h\left(\frac{X}{X_w}\right) - h\left(\frac{Y}{Y_w}\right) \right], \quad (29)$$

$$b^* = 200 \left[h\left(\frac{Y}{Y_w}\right) - h\left(\frac{Z}{Z_w}\right) \right], \quad (30)$$

где

$$h(q) = \begin{cases} \sqrt[3]{q}, \text{ если } q > 0,008856 \\ 7,787q + \frac{16}{116}, \text{ если } q \leq 0,008856. \end{cases} \quad (31)$$

Величины X, Y, Z представляют собой координаты цвета в системе XYZ , а величины X_w, Y_w, Z_w координаты опорного белого цвета: $X_w = Y_w = Z_w = 0,333$.

Преобразование цветов из модели RGB в модель XYZ осуществляется по следующим формулам [5]:

$$X = 0,431 \cdot R + 0,342 \cdot G + 0,178 \cdot B, \quad (32)$$

$$Y = 0,222 \cdot R + 0,707 \cdot G + 0,071 \cdot B, \quad (33)$$

$$Z = 0,020 \cdot R + 0,130 \cdot G + 0,939 \cdot B. \quad (34)$$

Преобразование цветов из модели CIELAB в модель XYZ при $\delta=6/29$ осуществляется по следующим формулам [6]:

$$f_y = (L^* + 16)/116, \quad (35)$$

$$f_x = f_y + a^*/500, \quad (36)$$

$$f_z = f_y - b^*/200, \quad (37)$$

$$X = \begin{cases} X_w f_x^3, & \text{если } f_x > \delta \\ (f_x - 16/116)3\delta^2 X_w, & \text{если } f_x \leq \delta, \end{cases} \quad (38)$$

$$Y = \begin{cases} Y_w f_y^3, & \text{если } f_y > \delta \\ (f_y - 16/116)3\delta^2 Y_w, & \text{если } f_y \leq \delta, \end{cases} \quad (39)$$

$$Z = \begin{cases} Z_w f_z^3, & \text{если } f_z > \delta \\ (f_z - 16/116)3\delta^2 Z_w, & \text{если } f_z \leq \delta. \end{cases} \quad (40)$$

Преобразование цветов из модели XYZ в модель RGB осуществляется по следующим формулам [5]:

$$R = 3,063 \cdot X - 1,393 \cdot Y - 0,476 \cdot Z, \quad (41)$$

$$G = -0,969 \cdot X + 1,876 \cdot Y + 0,042 \cdot Z, \quad (42)$$

$$B = 0,068 \cdot X - 0,229 \cdot Y + 1,069 \cdot Z. \quad (43)$$

1.2 Арифметический метод Brovey Transform

Основная процедура метода Brovey Transform заключается в том, что сначала значения цветности R , G и B каждого пикселя исходного мультиспектрального снимка, увеличенного до размеров панхроматического с помощью передискретизации, умножают на значение яркости соответствующего пикселя панхроматического снимка с высокой разрешающей способностью, а затем каждое полученное произведение делится на сумму значений компонент мультиспектрального снимка. Формула для вычисления значений цветности пикселей синтезированного изображения для каждого спектрального канала имеет следующий вид [1]:

$$R^* = \frac{R}{R+G+B} P, \quad (44)$$

$$G^* = \frac{G}{R+G+B} P, \quad (45)$$

$$B^* = \frac{B}{R+G+B} P, \quad (46)$$

где R^* , G^* , B^* – значения цветности пикселя синтезированного изображения для каждого спектрального канала, R , G , B – значения цветности пикселя исходного мультиспектрального снимка для каждого спектрального канала, P – значение яркости пикселя панхроматического снимка.

В работе [2] предложен усовершенствованный алгоритм Brovey Transform, в котором введены весовые коэффициенты K_r , K_g , K_b для соответствующих каналов R , G и B . Это повышает яркость синтезированного изображения. Преобразованные значения цветности R' , G' , B' вычисляются по следующим формулам:

$$R' = \frac{R \times Pan}{K_r R + K_g G + K_b B}, \quad (47)$$

$$G' = \frac{G \times Pan}{K_r R + K_g G + K_b B}, \quad (48)$$

$$B' = \frac{B \times Pan}{K_r R + K_g G + K_b B}, \quad (49)$$

где R' , G' , B' – значения цветности каждого пикселя синтезированного изображения, R , G , B – значения цветности каждого пикселя исходного мультиспектрального снимка, Pan – значение яркости каждого пикселя панхроматического снимка, K_r , K_g , K_b – коэффициенты для соответствующих цветовых каналов. Значения коэффициентов варьируются от 0 до 1, причем сумма коэффициентов равна 1. Варьированием этих коэффициентов можно получать различные цветовые решения синтезированных изображений. Экспериментально было установлено, что для наименьших цветовых искажений синтезированного изображения необходимо, чтобы $K_r = K_g = K_b = 0,33$.

2 Экспериментальные исследования алгоритмов увеличения разрешения мультиспектральных изображений

В данной работе проанализированы пять алгоритмов синтеза изображений, полученных с разных спутников высокого разрешения: Formosat-2, GeoEye-1, Ikonos, OrbView-3 и QuickBird-2. Синтез проводился двумя методами: преобразование цветового пространства (алгоритмы HSI, HSV и CIELAB) и арифметический метод (Brovey Transform и усовершенствованный Brovey Transform). Алгоритмы реализованы в среде MATLAB 7.10.0. Кратко опишем характеристики каждого спутника [7].

Formosat-2 ведет съемку двумя камерами: в панхроматическом режиме с разрешением 2 м и многозональном режиме (синий, красный, зеленый и ближний инфракрасный каналы) с разрешением 8 м. Результаты синтеза представлены на рисунке 1.

Geoeeye-1 производит съемку с 0,41-метровым разрешением в панхроматическом и с 1,65 в мультиспектральном режимах. Результаты синтеза представлены на рисунке 2.

Ikonos передает информацию в панхроматическом режиме с разрешением от 0,8 м и в мультиспектральном (4 канала: синий, зеленый, красный и ближний ИК) с разрешением от 3,2 м. Изображения с панхроматического и мультиспектрального сенсора могут быть синтезированы в цветное изображение с пространственным разрешением в 1 метр. Результаты синтеза представлены на рисунке 3.

Спутник QuickBird-2 предназначен для съемки поверхности Земли с разрешением 0,6 м в панхроматическом режиме и 2,5 м в мультиспектральном режиме. Результаты синтеза представлены на рисунке 4.

OrbView-3 [8] – один из первых мировых коммерческих спутников, который обеспечивает получение снимков высокого разрешения. Полезная нагрузка представляет собой сканирующую камеру, способную с расчетной орбиты делать снимки с разрешением 1 метр в панхроматическом режиме и 4 метра в мультиспектральном. Результаты синтеза представлены на рисунках 5 и 6.

Анализ результатов выполнялся визуально и аналитически. Визуально все синтезированные изображения имеют более высокую, по сравнению с исходным мультиспектральным снимком, четкость, но в них изменяется цветовая гамма.

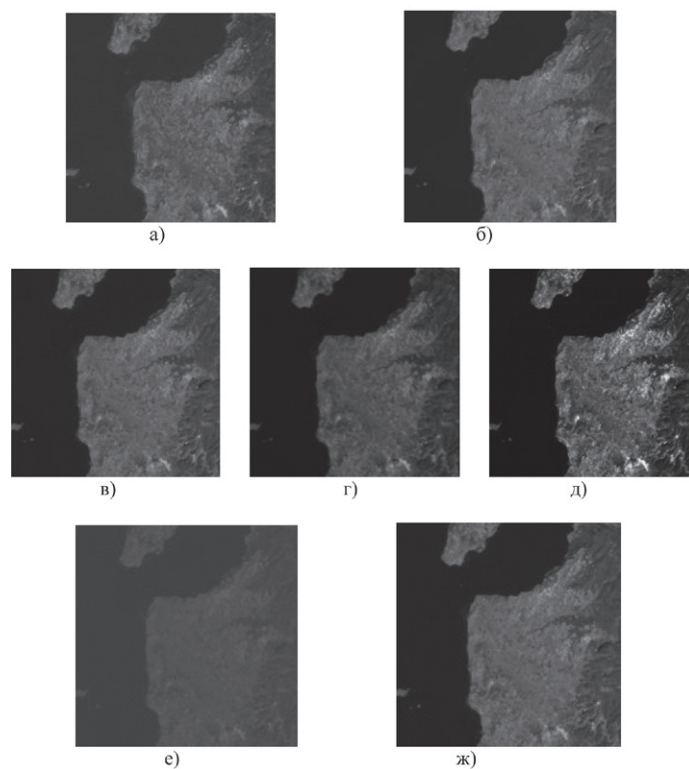


Рисунок 1 – Синтез снимков спутника Formosat-2 (прибрежная зона):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIELAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r=K_g=K_b=0,33$

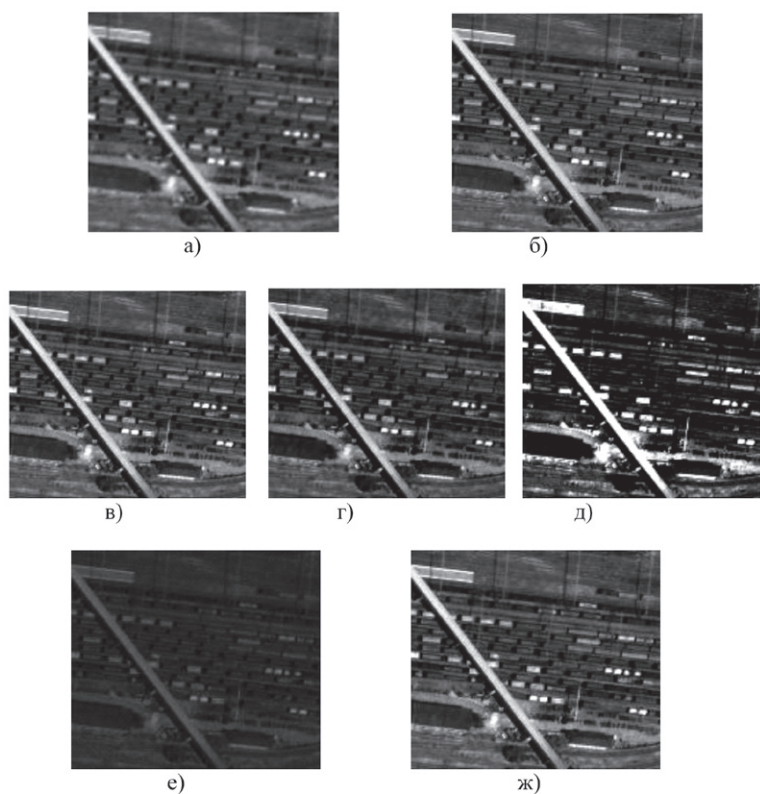


Рисунок 2 – Синтез снимков спутника GeoEye-1 (промышленная зона):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIELAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r=K_g=K_b=0,33$

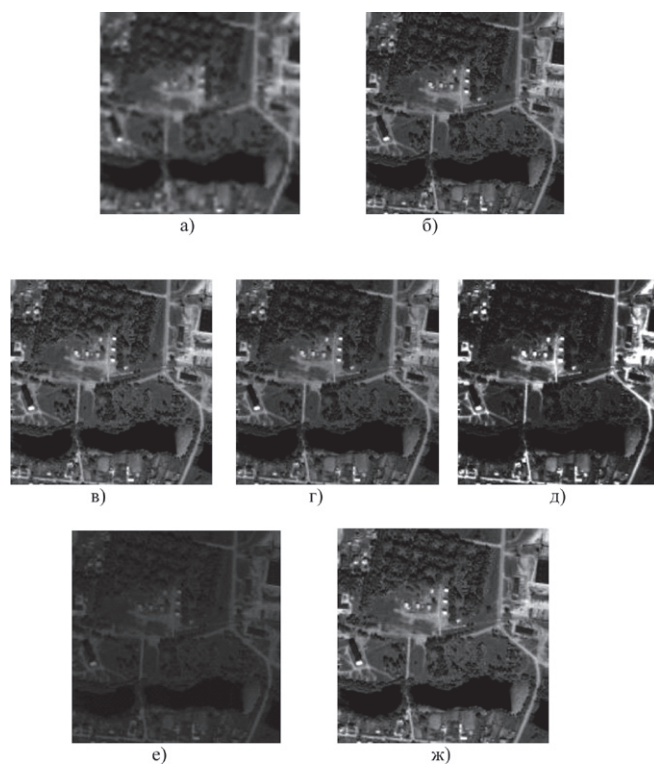


Рисунок 3 – Синтез снимков спутника Ikonos (лесная зона):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIE LAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r=K_g=K_b=0,33$

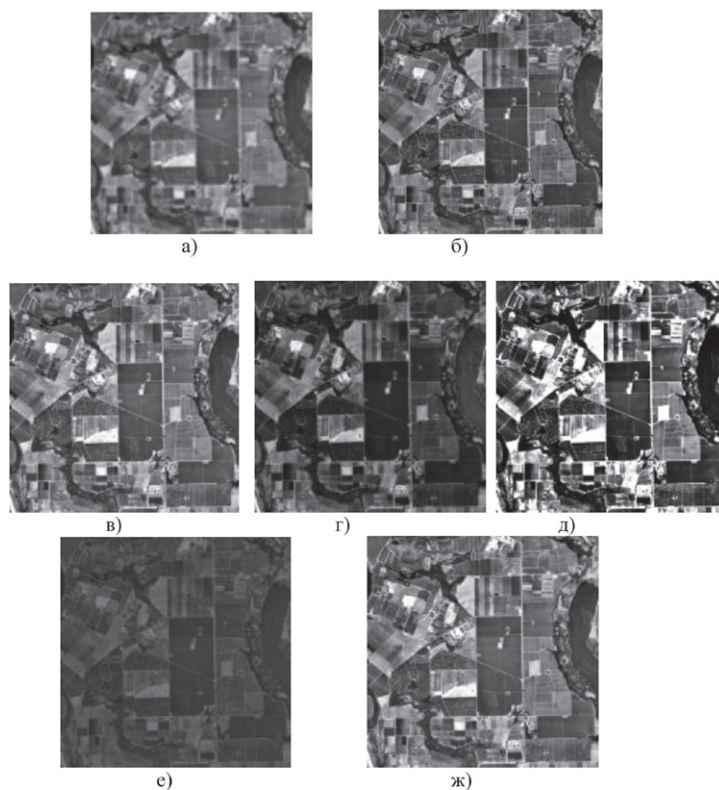


Рисунок 4 – Синтез снимков спутника OrbView-3 (сельское хозяйство):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIE LAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r=K_g=K_b=0,33$

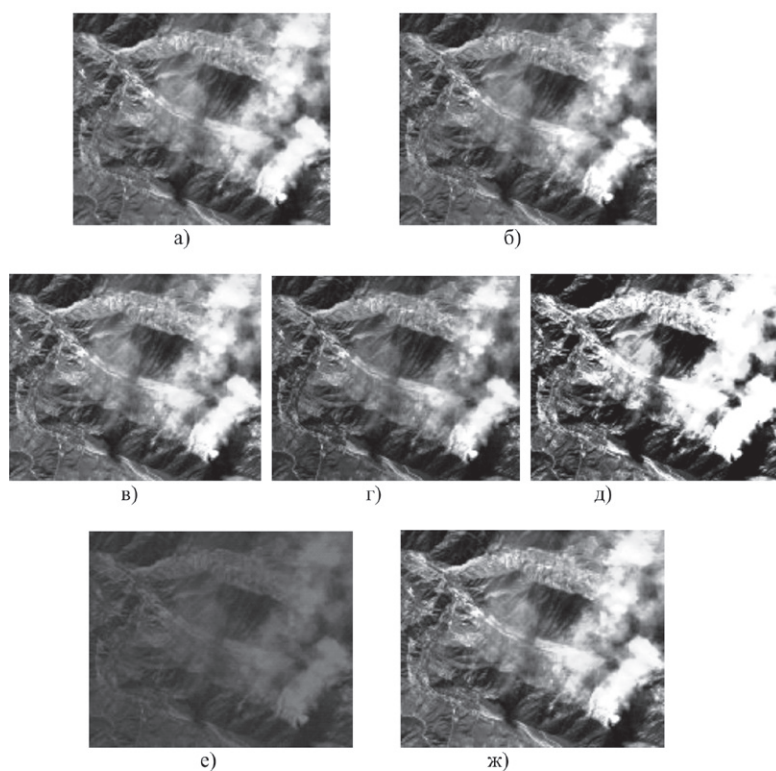


Рисунок 5 – Синтез снимков спутника QuickBird (снимок 1 – пожары):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIE LAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r = K_g = K_b = 0,33$

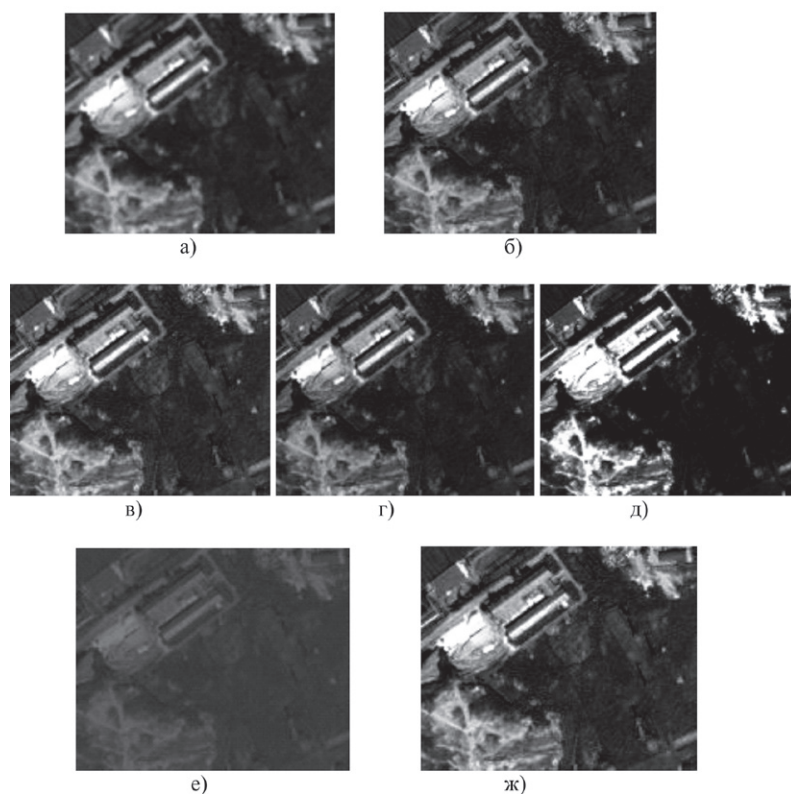


Рисунок 6 – Синтез снимков спутника QuickBird (снимок 2 – ЛЭП):

а) исходный мультиспектральный снимок, б) исходный панхроматический снимок, в) синтезированное изображение алгоритмом HSI, г) HSV, д) CIE LAB, е) Brovey Transform, ж) усовершенствованным Brovey Transform с коэффициентами $K_r = K_g = K_b = 0,33$

Рассмотрим, как изменяются значения R , G , B при синтезе методом преобразования цветового пространства.

Пусть R , G и B – значения цветности каждого пикселя исходного мультиспектрального снимка, а синтезированного изображения – R_1 , G_1 , B_1 . Значения яркости пикселей панхроматического изображения обозначим P .

Алгоритм HSI. Значения R , G , B исходного мультиспектрального снимка, выраженные через H , S и I для сектора RG представлены в формулах (5)–(7). Рассматриваем только один сектор, т.к. для других расчеты будут аналогичны. Для того, чтобы получить синтезированное изображение из мультиспектрального и панхроматического, необходимо в вышеуказанных формулах вместо значений I яркости пикселей исходного мультиспектрального снимка подставить значение P . Получим:

$$B_1 = P(1 - S),$$

$$R_1 = P \left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right),$$

$$G_1 = 3P - (R_1 + B_1).$$

Найдем отношения R_1/R , G_1/G и B_1/B :

$$\frac{R_1}{R} = \frac{P \left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right)}{I \left(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right)} = \frac{P}{I}, \quad R_1 = R \frac{P}{I};$$

$$\frac{B_1}{B} = \frac{P(1 - S)}{I(1 - S)} = \frac{P}{I}, \quad B_1 = B \frac{P}{I};$$

$$\frac{G_1}{G} = \frac{3P - (R_1 + B_1)}{3I - (R + B)} = \frac{3P - R \frac{P}{I} - B \frac{P}{I}}{3I - R - B} = \frac{P}{I}, \quad G_1 = G \frac{P}{I}.$$

Из полученных соотношений видно: для выполнения равенств $R_1=R$, $G_1=G$, $B_1=B$, что означает полное отсутствие цветовых искажений на синтезированном изображении, необходимо, чтобы P равнялось I . Но в таком случае не будет увеличения пространственного разрешения синтезированного изображения.

Алгоритм HSV. Значения R , G , B исходного мультиспектрального снимка, выраженные через H , S и V представлены в формулах (17)–(27). Рассмотрим только один случай для $H_i=0$, т.к. для других случаев расчеты будут аналогичные. Для того, чтобы получить синтезированное изображение из мультиспектрального и панхроматического, необходимо в вышеуказанных формулах вместо значений V яркости пикселей исходного мультиспектрального снимка подставить значение P . Получим:

если $H_i = 0$, то $R_1 = P$, $G_1 = P(1 - (1 - f)S)$, $B_1 = P(1 - S)$.

Найдем отношения R_1/R , G_1/G и B_1/B :

$$\frac{R_1}{R} = \frac{P}{V}, \quad R_1 = R \frac{P}{V};$$

$$\frac{G_1}{G} = \frac{P(1 - (1 - f)S)}{V(1 - (1 - f)S)} = \frac{P}{V}, \quad G_1 = G \frac{P}{V};$$

$$\frac{B_1}{B} = \frac{P(1 - S)}{V(1 - S)} = \frac{P}{V}, \quad B_1 = B \frac{P}{V}.$$

Выводы такие же, как для алгоритма HSI.

Алгоритм CIELAB. Значения R , G , B исходного мультиспектрального снимка, выраженные через X , Y , Z представлены в формулах (41)–(43). А значения X , Y , Z , выраженные через L^* , a , b в формулах (35)–(40). Для того, чтобы получить синтезированное изображение из мультиспектрального и панхроматического, необходимо в формуле (35) вместо значений L^* яркости пикселей исходного мультиспектрального снимка подставить значение $100 \cdot P$ (это связано с тем, что диапазон изменения величины $L^* - [0, 100]$, а величины $P - [0, 1]$). Получим:

$$f_{y1} = (100 \cdot P + 16) / 116,$$

$$f_{x1} = f_{y1} + a^* / 500,$$

$$f_{z1} = f_{y1} - b^* / 200,$$

$$X1 = f(fx1),$$

$$Y1 = f(fy1),$$

$$Z1 = f(fz1),$$

$$R_1 = 3,063 \cdot X_1 - 1,393 \cdot Y_1 - 0,476 \cdot Z_1,$$

$$G_1 = -0,969 \cdot X_1 + 1,876 \cdot Y_1 + 0,042 \cdot Z_1,$$

$$B_1 = 0,068 \cdot X_1 - 0,229 \cdot Y_1 + 1,069 \cdot Z_1.$$

Здесь также прослеживается зависимость R_1 , G_1 , B_1 от P . Более точно выразить эти зависимости не представляется возможным из-за неоднозначного определения значений X_1 , Y_1 , Z_1 в формулах (38)–(40). Для выполнения равенств $R_1=R$, $G_1=G$, $B_1=B$ необходимо, чтобы P равнялось $L^*/100$. Но в таком случае не будет увеличения пространственного разрешения синтезированного изображения.

Таким образом, не удастся с помощью метода преобразования цветового пространства получать синтезированные изображения без искажений цветовой палитры с пространственным разрешением, близким к разрешению панхроматического снимка.

Для аналитического сравнения алгоритмов синтеза использовался коэффициент корреляции исходного мультиспектрального снимка, увеличенного до размеров панхроматического, и синтезированного изображения [9]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})(y_{ij} - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (y_{ij} - \bar{Y})^2}}, \quad (50)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}, \quad (51)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N y_{ij}, \quad (52)$$

где x_{ij} – значения R , G или B каждого пикселя исходного мультиспектрального снимка, размером $M \times N$, y_{ij} – значения R , G или B каждого пикселя синтезированного изображения, размером $M \times N$.

Коэффициент корреляции рассчитывался для каждого канала R , G и B отдельно, а затем вычислялось среднее арифметическое этих значений.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до 1. Отрицательный коэффициент корреляции показывает, что данные взаимосвязанно расходятся при воз-

Таблица 1 – Значение коэффициентов корреляции исходных мультиспектральных снимков и соответствующих синтезированных изображений для различных алгоритмов

Исходный снимок	Алгоритмы				
	HSI	HSV	CIELAB	Brovoy Transform	Усовершенствованный Brovay Transform с коэф. 0,33
Formosat-2	0,79	0,85	0,74	0,79	0,79
GeoEye-1	0,89	0,90	0,87	0,89	0,89
Ikonos	0,85	0,86	0,80	0,84	0,84
OrbView-3	0,86	0,80	0,77	0,86	0,87
QuickBird-2, снимок 1	0,94	0,93	0,88	0,94	0,94
QuickBird-2, снимок 2	0,94	0,94	0,91	0,94	0,94

растании значений одних из них значения других убывают, положительный – что данные взаимосвязанно растут, ноль и близкие значения говорят о том, что данные не связаны друг с другом. Коэффициент корреляции равный единице означает, что данные идентичны друг другу.

Заключение

Визуальный анализ и сравнение значений коэффициентов корреляции показали, что наименьшие цветовые искажения имели изображения, синтезированные алгоритмами HSI, HSV и усовершенствованным методом Brovey Transform с коэффициентами 0,33.

Наибольшие значения коэффициента корреляции имели синтезированные изображения, для которых исходные мультиспектральные и панхроматические снимки были получены со спутников, осуществляющих съемку с более высоким пространственным разрешением. Это спутники Geoeye-1 и QuickBird-2.

Исследование алгоритмов метода преобразования цветового пространства показало, что не удастся получить синтезированные изображения без искажений цветовой палитры с пространственным разрешением, близким к разрешению панхроматического снимка.

Литература:

1. Коберниченко, В.Г. Методы синтеза изображений на основе данных дистанционного зондирования Земли различного разрешения / В.Г. Коберниченко, В.А. Тренихин // Успехи современной радиоэлектроники. – Зарубежная радиоэлектроника. – №4. – 2007. – С. 22–31.
2. Макаров, А.О. Быстрые алгоритмы увеличения разрешения мультиспектральных изображений / А.О. Макаров, В.В. Старовойтов. // научный журнал «Информатика». – №2. – апрель-июнь 2006. – С. 27–37.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. HSV (цветовая модель) // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/HSV>.
5. RGB // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RGB>.
6. LAB // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/LAB>.
7. Спутники с оптической аппаратурой съемки // СканЭкс инженерно-технологический центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scanex.ru/ru/data/index.html>.
8. Космический аппарат «OrbView-3» // Геоинновационное агентство Иннотер [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <http://www.innoter.com/satellites/Orbview-3>.

9. Корреляция // Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/correlation.html>.

Abstract

Research of algorithms of a method of transformation of color space for definition of the reason of distortion of a color palette of the synthesized image is carried out in the article. The comparative analysis of the received synthesized images by calculation of factors of correlation with initial multispectral pictures is carried out.

Поступила в редакцию 07.05.2012 г.



ОАО «Минский часовой завод»

**Качество и компетентность
в мире печатных плат**

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск,
пр. Независимости, 95,
т./ф. +375 (17) 280-49-55
моб. +375 (29) 750-45-50
bogdashich@mail.ru

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрyтия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, NI-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

Качество

- Сертификат соответствия BV/112 05.01.0030030

Срок изготовления от 2 дней до двух недель

КИТАЙ ИСПОЛЬЗУЕТ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗРАБОТКЕ ИСКУССТВЕННОГО СЕРДЦА



Овца с вживленным искусственным сердцем, созданным китайскими учеными с использованием передовых космических технологий, на сегодняшний день нормально прожила уже 62 дня.

Разработка искусственного сердца была совместно проведена учеными из Китайского исследовательского института ракетной техники и медиками из больницы сердечно-сосудистых заболеваний «TEDA International Cardiovascular Hospital» в городе Тяньцзинь / Северный Китай.

Как сообщил директор указанной больницы Лю Сяочэн, овца по кличке Тяньцзю прибывает в здоровом состоянии после вживления ей насоса для нагнетания крови, проведенного 14 марта этого года.

По словам Лю Сяочэна, с использованием аэрокосмических технологий, а именно: технологий магнитной подвески и гидродинамических подшипников, ученые разработали и создали имплантируемый искусственный желудочек сердца / ventricular assist device, VAD/ третьего поколения. VAD – это вспомогательное устройство, которое используется для под-

держки сердечной функции и кровотока у человека со слабым сердцем.

Разработанное устройство – первое в своем роде изобретение, оснащенное батареей и контроллером, что позволяет прооперированной овце свободно передвигаться.

Ученые рассчитывают, что если новое устройство будет запущено в клиническое применение для человека, а также в коммерческое производство, то оно подарит новую жизнь 16 млн пациентов с сердечной недостаточностью в Китае.

Китай начал проводить исследования и разработки вспомогательного устройства VAD с начала 80-х годов прошлого века, однако, клиническое использование таких коммерциализированных устройств отечественного производства до сих пор не осуществлялось.

russian.news.cn



СТЕЛЛА МОНТИС

**МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**
ФОТОРЕЗИСТ, ЗАЩИТНЫЕ МАСКИ И Т.Д.

**МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПАЙКИ И МОНТАЖА**
ПАЯЛЬНАЯ ПАСТА, ПРИПОЙ, ФЛЮС-ГЕЛЬ

**ЗАЩИТНЫЕ ЛАКИ CRAMOLIN:
ТЕРМО, ВЛАГО и ЭМИ**

**КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ И АКСЕССУАРЫ**

**АНТИСТАТИЧЕСКАЯ МЕБЕЛЬ
И ОБОРУДОВАНИЕ**

ФОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

**KEMMER
PRAZISION**

SunChemical

AKTAKOM

ALFACHIMICI

KOLON

**INDIUM
CORPORATION**

FACE

AGFA

Kodak

TRESTON

CRAMOLIN®

ТЕЛ./ФАКС +375 17 2458431, 2458252; GSM: +375 29 6458431
WEB: WWW.STELLAMONTIS.COM E-mail: info@stellamontis.com



ЭКНИС
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ
КОМПАНИЯ

**Автоматизация технологических
процессов и комплексное решение
проблем ресурсосбережения**

ABB drives alliance
Sales and Support

ООО «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ «ЭКНИС» ВЫПОЛНЯЕТ:

- Техническое консультирование.
- Выбор технического решения.
- Разработку проектной документации.
- Комплексную поставку согласованного оборудования.
- Шеф-монтажные и пуско-наладочные работы.
- Сервисное техническое консультирование.
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание.



**Плавный пуск, частотное регулирование, экономия энергии,
автоматическое управление, многодвигательные установки,
оптимизация технологических процессов**

ООО «Электротехническая компания «ЭКНИС» г. Минск УНП 190575885

Тел.: +375 (17) 288-15-22, +375 (29) 689-18-90, www.ecnis.biz, e-mail: office@ecnis.biz

СПУТНИКОВАЯ ТЕЛЕМАТИКА НА СЛУЖБЕ У КОРПОРАТИВНЫХ АВТОПАРКОВ

Светлана Сысоева
Dr.Gold@sysoeva.com

В статье представлен обзор лидирующих телематических решений для корпоративных автопарков на основе технологий GPS. Современные технологии спутникового слежения позволяют дистанционно осуществлять полный контроль транспорта в онлайн- и офлайн-режимах, повышать безопасность автопарков и грузов, эффективно экономить топливо, оптимизировать маршруты и бизнес-процессы, совершенствовать водительские навыки, дистанционно диагностировать техническое состояние автомобиля. Спектр функций GPS-телематики ранжирован от онлайн-мониторинга местоположения и статуса каждого из транспортных средств до сбора статистики ключевых метрик в масштабах всего автопарка, от автоматических ежемесячных email-отчетов до немедленных SMS-предупреждений. Все это позволяет снижать расходы на содержание и повышать эффективность и доходность парка. К тому же цена самих спутниковых телематических систем в настоящее время снизилась, причем это относится не только к GPS, но и к ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS-аналогам из России.

Введение

Высокие технологии становятся частью нашей повседневной жизни. Инновации объединяют современные автомобили и сотовые телефоны, оборудование для офиса и бизнеса. Высокотехнологичное устройство, которым является современный сотовый телефон, объединяет в своем корпусе многие функции и технологии, в том числе для беспроводной коммуникации – мобильный и Wi-Fi доступ в Интернет, Bluetooth, GPS-навигаторы. Мобильные устройства имеют возможность объединяться в сети различных масштабов посредством каналов GSM/GPRS. Ту же самую способность могут иметь машины со встроенными модулями для коммуникации посредством беспроводного канала: на этом основывается телематика M2M (Machine-to-Machine).

Connected Car – так называется концепция, согласно которой автомобиль получает возможность связи со всем внешним миром посредством тех же самых мобильных беспроводных технологий. Важнейшая составляющая этой концепции – телематические системы со стандартным набором функций. Традиционно подключение автомобиля к телематической системе означает доступность услуг автоматических чрезвычайных вызовов, дорожной помощи, помощи при угоне – отслеживания и возвращения автомобиля, а также удаленной диагностики. Это достигается посредством размещения в автомобиле GPS-приемника, GSM/GPRS-модема, направляющего данные из автомобиля на сервер, и специального ПО вместе с процессорными блоками различных уровней иерархии. Пример – телематическая система GM OnStar, функционирующая на основе GPS-технологии не один десяток лет. Примеры других телематических решений – BMW ConnectedDrive, Ford Sync AppLink, Toyota Entune и IntelliLink General Motors.

Дальнейшее развитие телематических систем привело к использованию функций навигации, развлечений и ком-

форта. Западные автопроизводители выпускают машины с GPS-навигаторами в комплектации. К автомобильным навигационным системам посредством каналов Bluetooth легко подключаются смартфоны.

Телематические технологии повышают безопасность, облегчают жизнь водителя автомобиля и делают ее информационно насыщенной.

Услуги такси по вызову – также часть повседневной жизни современного человека. Сегодня многие фирмы такси оснащают свои автомобили телематическим оборудованием. Для автомобилей, занятых в бизнесе, актуальны те же самые возможности телематики для повышения безопасности, снижения аварийности и расходов на восстановление работоспособности техники, защиты от угона. Но набор возможностей телематики для бизнеса, который может дать спутниковый контроль (GPS, ГЛОНАСС, Galileo), еще более обширный.

Полный пакет телематических решений включает не только систему связи с водителями, но и онлайн-мониторинг местоположения и статуса транспортного средства (ТС), навигацию и оптимизацию маршрутов, технологии экономии топлива, контроль вождения, дистанционную диагностику параметров работы автомобильных систем для выявления неисправностей и планирования очередного технического обслуживания (ТО).

В компании водители такси получают заказы от диспетчера и следуют к месту посадки клиента, а затем по заказанному маршруту. По такому же принципу работают и другие компании, использующие транспорт в работе, например, службы доставки. Цель коммерческой компании – увеличение объемов выполняемых заявок на обслуживание и сокращение расходов на содержание автопарка. Конкуренция на рынке не позволяет повышать цены, но вынуждает непрерывно повышать качественный уровень клиентского обслуживания, характеристики которого включают состояние машин и оперативность выполнения заказов.

Диспетчеризация с использованием любого беспроводного канала связи (сотовой связи или раций) – актуальное средство коммуникации и эффективный способ повышения производительности автопарка. Диспетчер такси помогает фирме повысить не только количество, но и качество обслуживания новых заказов – более оперативно реагировать, привлекая к выполнению заказа того водителя, который находится ближе к месту назначения. Клиент такси, например, может слышать, как диспетчер озвучивает заявку, опрашивает и назначает водителя на заказ.

Но функций у телематической системы, скрытых от клиента такси и доступных диспетчеру, намного больше. GPS-навигатор в составе автомобильного терминала непрерывно собирает данные со спутников, сведения о выполнении заказа передаются по GSM/GPRS-каналу на сервер с веб-доступом для диспетчера.

Диспетчер такси, например, на экране своего компьютера может в реальном времени видеть местоположение ав-

томобили и его статус (занят/свободен, наличие/отсутствие пассажиров, вкл./выкл. таксометр) и самостоятельно назначать порядок обслуживания заказов. Или выбор делает программа, а диспетчер подтверждает назначение заказа. Диспетчер может просматривать данные об идентификации водителя или историю вызовов клиента, информировать водителя об оптимальном маршруте для выполнения заказа. Специальное ПО следит за выполнением заказа, принимает данные с GSM-терминала и информирует диспетчера об этапах выполнения заказа до окончания, оно может автоматически рассчитать стоимость заказа, а заодно и потребление бензина, заработную плату водителей. GSM-канал можно использовать для подключения POS-терминала и оплаты стоимости поездки банковской картой.

Цель автора этой статьи – рассказать, как используются телематические технологии для управления автопарками в бизнесе, основанном на транспортных перевозках. Примеры включают коммерческий транспорт (компании, занимающиеся перевозками пассажиров и грузов, доставкой; строительный, нефтегазовый, сельскохозяйственный транспорт), муниципальный транспорт – коммунальные, аварийные службы, МЧС, МВД, скорую помощь. На рынке телематических услуг представлены также решения для малого бизнеса и физических лиц.

Существует рыночная ниша, в которой позиционированы компании, предоставляющие телематические услуги для мониторинга корпоративного транспорта, разрабатывающие соответствующее, обычно сервисное ПО (Software as a Service, SaaS – ПО как услуга) и поставляющие телематическое оборудование. В статье рассказывается о лидирующих телематических решениях для корпоративного автотранспорта на основе технологий GPS, которые предлагают популярные на Западе компании, позиционированные в этом сегменте.

Современный флит-менеджмент получает передовые технологии контроля транспорта

Роль флит-менеджеров в эффективном управлении транспортом трудно переоценить. NAFA даже запустила программу под названием Beyond Fleet («За пределами автопарка»), которая разработана для промоутинга этой профессии (www.beyondfleet.com).

Управление транспортом начинается с информации. Только когда у флит-менеджера имеется необходимая информация, он способен принимать правильные и незамедлительные решения. От этой способности флит-менеджера зависит цена и безопасность эксплуатации автопарка, снижение цены самого управления.

Рассмотрим современные технологии и способы контроля управления транспортом, доступные флит-менеджерам, более подробно.

Современные системы мониторинга включают тахографы, бортовые самописцы, видеорегистраторы, навигаторы, спутниковые и радиопоисковые системы мониторинга. Продвинутое модели дают возможность онлайн-управления и даже мобильного доступа к данным посредством смартфонов, которые ввиду своей функциональности также должны быть причислены к устройствам для ведения бизнеса.

Тахограф

Тахограф – устройство контроля скорости, пройденного пути, режима труда и отдыха водителя. Аналоговый тахо-

граф – это графическое устройство контроля показаний тахометра в каждый момент времени. В настоящее время аналоговые тахографы уже не применяются широко, уступив место цифровым, которые записывают информацию в энергонезависимую память и на смарт-карту.

Евросоюз постановил, что с мая 2006 года в Европе должны применяться цифровые тахографы (постановление 561/2006, опубликованное в марте 2006 г.). С этого времени цифровые тахографы должны устанавливаться на транспортные средства (ТС) весом свыше 3,5 т и ТС с пассажирскими сиденьями более девяти. С 1 января 2012 года все новые автомобили на рынке коммерческих перевозок (кроме легковых автомобилей) должны оснащаться тахографами.

Автомобильный блок тахографа получает необходимые данные из системы, собранные посредством датчиков: данные спидометра/одометра (скорости/пробега), режима труда и отдыха водителя. Модели, дополненные расходомером, позволяют вести одновременно контроль расхода топлива. В странах, которые перешли на контроль рабочего времени водителя при помощи тахографов, наблюдается снижение аварийности на 25–30 %, называются такие же значения экономии топлива.

Главные производители тахографов и телематических продуктов к ним – Stoneridge Electronics (www.stoneridgeelectronics.info), VDO (торговая марка Continental, прежде – Siemens) Digital Tachograph (www.vdo.com) (рисунок 1 а) и Actia (www.actia.se).

Компания Tachosys (www.tachosys.com) предлагает устройства, которые позволяют тахографам интегрироваться с ГЛОНАСС/GPS-приемниками и модемами GPRS/GSM (рисунок 1 б). Встречаются модели тахографов различных производителей, интегрирующие эти средства в одном корпусе.



Рисунок 1 – Спектр передовых технологий для управления корпоративным автопарком.

Цифровые тахографы и дополнительные устройства:

а) цифровой тахограф VDO DTCO 1381 Rel. 1.4;

б) digipostV Tachosys – блок для дистанционной загрузки данных автомобильного блока и водительской карты с GPRS-каналом для коммуникации, функциями GPS-трекинга и мониторинга потребления топлива

Бортовой самописец

Бортовой самописец (Electronic Onboard Recorder, OBR или EOBR) – прибор для контроля и диагностики технического состояния OBDII узлов, агрегатов и электросистемы автомобиля. Он фиксирует такие диагностические показатели, как:

- температура охлаждающей жидкости;
- количество оборотов двигателя;
- количество топлива;
- скорость движения автомобиля;
- состояние системы кондиционирования воздуха и др.

Бортовые самописцы также ведут запись переговоров пассажиров и неоценимы при расследовании ДТП.

Бортовые самописцы все чаще используются не только в качестве автономных приборов, но и в составе системы спутникового мониторинга. В этом случае устройство выполняет сбор, хранение и передачу информации о маршруте транспортного средства по данным GPS). Бортовой самописец, оснащенный GPS-приемником и дополненный GSM-модемом, может также передавать эти данные флит-менеджеру в реальном времени.

Современные бортовые компьютеры (onboard computer, OBC) включают GPS-приемник, расширенные функции беспроводной передачи данных и диагностическую функциональность. Подобные устройства выпускают компании Cadec (www.cadec.com), Qualcomm (www.qualcomm.co) и People Net (www.peoplenetonline.com) (рисунок 2).

Видеорегистраторы

Видеорегистраторы – устройства в кабине автомобиля для цифровой съемки, представляющие собой цифровую видеокамеру, но предназначенную и адаптированную для эксплуатации в составе автомобиля. Бренды видеорегистраторов объединяют DOD, VisionDrive, Phantom (рисунок 3), Huvitech и др.



Рисунок 2 – Примеры современных бортовых самописцев (EOBR) и бортовых компьютеров (OBC):
а) Qualcomm EOBR 101;
б) бортовой компьютер с функциями OBR People Net BLU.2

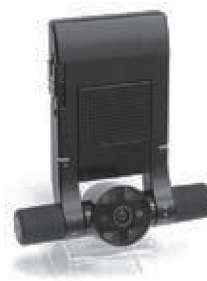


Рисунок 3 – Автомобильный видеорегистратор Phantom VR-120 с GPS

Устройства различаются по разрешению, скорости и качеству записи, наличию или отсутствию микрофонов, количеству видеокамер, способности беспроводной коммуникации GPS/GSM. Ряд моделей отличается поддержкой записи HD-видео и встроенными дисплеями. Например, продвинутые видеорегистраторы имеют не только большее разрешение записи, позволяющее увидеть на ней номер автомобиля, но и более чувствительную камеру для качественной записи в условиях низкой освещенности. Они могут также включать вторую камеру, направленную в салон или назад; известны модели с подключением до четырех выносных камер, что обеспечивает полную защиту автомобиля со всех сторон.

Продвинутые модели топ-уровня характеризуются наличием встроенного GPS-модуля и трехосевого акселерометра. GPS-модуль укажет географические координаты и точное время происшествия, а акселерометр зафиксирует ускорение, направление и силу удара в корпус. Современные устройства комплектуются также модулем GSM, благодаря которому регистратор способен по тревоге присылать отснятые кадры на электронную почту. Флит-менеджер или диспетчер, используя специальное ПО, может видеть ту же картину, что и водитель автомобиля, или, если объектив видеорегистратора «смотрит» в салон автомобиля, наблюдать за пассажирами в салоне. Недостаток у технологии только один – принципиальная невозможность получения данных о работе агрегатов автомобиля, данных технической диагностики.

Рассмотренные контрольные приборы представляют собой разновидности «черных ящиков» автомобиля, контроль показаний которых флит-менеджер мог производить ранее только постфактум. Но для всех названных средств контроля уже обозначилась тенденция интеграции с GPS-приемниками и GSM/GPRS-модемами.

Автомобильные GPS-навигаторы

Автомобильные GPS-навигаторы, например компании Garmin (www.garmin.ru) (рисунок 4), помогают в навигации и являются полезными советчиками по маршруту в обход дорожных пробок. Полезность GPS-приемников в кабине проявляется в возможности принимать сигналы со спутников и вычислять текущее местоположение автомобиля (с точностью до нескольких метров). Спутниковый трафик бесплатен, что положило начало широкому использованию GPS-технологии для навигации. Доступны навигаторы, работающие с ГЛОНАСС и включающие встроенные карты России.



Рисунок 4 – Автомобильные GPS-навигаторы Garmin nuvi 2495 ГЛОНАСС

Навигатор Garmin nuvi 2495 ГЛОНАСС благодаря использованию совмещенного чипа GPS-ГЛОНАСС обладает повышенной надежностью и точностью определения местоположения.

ГЛОНАСС-навигатор nuvi 2495 не только подсказывает водителю, где нужно повернуть, но и реагирует на произносимые голосом команды. Благодаря инновационной технологии распознавания речи можно управлять устройством с помощью голоса, не отрывая рук от руля. Навигатор nuvi 2495 ГЛОНАСС активируется посредством специально настраиваемой команды, после чего система способна распознать вербальную команду. Например, «Найти адрес» вместе с указанием адреса для начала навигации.

Модель nuvi 2495 ГЛОНАСС оснащена встроенным микрофоном и динамиком, включает в себя беспроводную технологию Bluetooth для возможности вызовов в режиме без рук, чтобы разговаривать в режиме Hands-free, фокусируя все свое внимание на дороге. nuvi 2585LTR – это автомобильный навигатор с видеорегистратором, мультимедийными функциями и сервисом «Яндекс.Пробки».

GPS-навигация – только начало спутниковой телематики: для обратной связи с машиной необходим GSM или другой канал связи.

Спутниковая сигнализация

Спутниковая сигнализация, или противоугонная система со спутниковой сигнализацией, оснащенная GPS-приемником, позволяет быстро сообщить оператору об угоне и установить точное местоположение охраняемого автомобиля. GSM-сигнал от противоугонной системы передается на пульт оператору, после чего информация о попытке угона и текущих координатах автомобиля передается в полицию и владельцу. В случае угона оператор может даже дистанционно заблокировать двигатель.

Однако есть одна проблема: сигнал со спутника может быть недоступен в железобетонных зданиях, подземных сооружениях, искажаться под кронами лиственных деревьев или в узких каньонах урбанизированных новостроек.

Системы радиослежения

Альтернатива GPS – системы радиослежения, способные обнаруживать автомобиль, например, на подземных стоянках.

Принцип действия систем радиослежения основывается на радиопеленгации автомобиля с помощью сети базовых (стационарных или мобильных) станций. Радиопоисковая система включает установленный в автомобиле радиомаяк – источник сигнала и процессорный блок, а в некоторых случаях и приемопередатчик GSM. Сигнал радиомаяка ловится базовыми станциями (вышками или антеннами), и местоположение объекта определяется по дальности и направлению на радиомаяк. Радиопоисковые системы могут быть размещены в местах машины, недоступных угонщику (в отличие от GPS, которые должны «видеть» спутник), и устойчивы перед так называемыми «глушилками» – приборами для глушения сигналов GPS и GSM, так как для глушения необходимо знать частоту пеленга.

Оператор, предоставляющий услуги радиопоисковых систем, может передавать данные через сеть базовых станций оператора сотовой связи (как в случае со спутниковой системой связи) или использовать свои собственные базовые станции (предпочтительно). Информация может поступать в диспетчерский пункт компании и/или на мобильный телефон владельца или флит-менеджера.

Хотя точность местоположения достигает 1 м, радиопоисковые системы не способны отображать местоположение на карте и имеют дальность действия, ограниченную мощностью передатчика, а также не имеют возможности собирать и передавать столь большие объемы данных, как спутниковые системы. В отличие от спутниковых систем телематики, выполняющих массу телематических функций, основное назначение радиопоисковых систем – защита от угона. Оптимальный вариант в этом случае – системы слежения, объединяющие спутниковые и радиопоисковые системы.

Информация о транспортном средстве ценна и значима только при ее точной привязке к местоположению. Это стало доступно, в первую очередь, благодаря развитию технологии спутникового (GPS) слежения.

Автомобильный контрольный терминал, объединенный с GPS-приемником и GSM-модемом, представляет собой оборудование, необходимое для осуществления спутниковой телематики транспорта, основанное на его автоматизированной локации (Automated vehicle location, AVL).

Бортовой блок Mobileye (www.mobileye.com) с функциями GPS/GSM/GPRS, разработанный для Transworld (www.transworldcompressor.com), включает собственный компьютер, память и имеет «интеллектуальность» для захвата GPS-сигнала местоположения, чтения штрих-кодов, RFID, ID сотового устройства и показаний многих датчиков – температуры, давления, скорости и т.д. (рисунок 5).



Рисунок 5 – Автомобильный GPS/GSM/GPRS-терминал от Mobileye

Местоположение, скорость и направление движения подобный прибор вычисляет самостоятельно по сигналам, полученным со спутников. Точность локации местоположения GPS и ГЛОНАСС одинакова и составляет 5 м. Собранные данные передаются в серверный центр мониторинга с помощью каналов связи GSM (TDMA), GPRS, CDMA. При этом компании могут использовать не только сети мобильных операторов, но и, например, свои собственные и услуги космической связи (Russian Satellite Communications Company, RSCC).

Устанавливаемое на автомобили оборудование помимо терминала включает набор различных датчиков, передающих данные на контрольный прибор. В случае потери или временной недоступности сигнала GPS на помощь может прийти инерциальная навигация, компас, способный указывать направление в отсутствие навигационного сигнала, инерциальные датчики или датчик давления – высотомер.

В зависимости от потребностей бизнеса можно хранить данные о наличии пассажиров в салоне или температуры и давления в грузовом отсеке.

Флот-менеджеры получили полный спектр возможностей для дистанционного управления автопарками именно благодаря доступности специализированных телематических решений на основе спутникового трекинга, объединенного с технологией передачи данных посредством мобильных сетей. Возможности флот-менеджеров повышаются в связи с тем, что цена технологии сейчас значительно снизилась. Поддержку управления из офиса (back-office) обеспечивает комбинирование бортовых и офисных мобильных технологий (рисунок 6).

Компьютеры, мобильные телефоны, планшеты – это офисное и внеофисное оборудование для управления корпоративным автопарком и осуществления частных бизнес-процессов посредством специально разработанного ПО, основанного на GPS-локации и мониторинге в реальном времени, обычно SaaS-типа (рисунок 7).

Помимо офисных применений, смартфоны широко используются как бортовое аппаратное обеспечение спутниковой телематикой вместе с GPS-навигаторами и GPS-трекерами (рисунок 8).

Смартфон довольно часто выступает как устройство, предоставляющее GPRS-канал для передачи данных от спутникового навигатора на сервер. Специализированные автомобильные навигаторы имеют



Рисунок 6 – Оборудование для полного системного решения управления автопарком от People Net

большой экран, широкий набор функций карт и обеспечивают более качественный прием GPS-сигнала, поэтому они обычно используются в паре со смартфоном, хотя смартфоны со встроенным GPS-приемником позволяют обходиться даже без навигаторов и посредством специального ПО могут передавать данные о своем местоположении в кабине



Рисунок 7 – Управление из офиса (Back-office) посредством ПО SaaS:

а) online-доступ к данным парка из офиса (источник: Networkfleet); б, в) online-доступ к любым данным парка с опорой на данные GPS-трекинга (источники: PeopleNet (б) и GPS Insight (в))



Рисунок 8 – Бортовое аппаратное решение от Networkfleet: GPS-трекер с диагностическими функциями, смартфон, GPS-навигатор

автомобиля. Технологии спутниковой и сотовой связи, на которых построена телематика, стали частью повседневной жизни владельцев сотовых телефонов с GPS-приемником, выполняющих для них функции GPS-навигаторов. Различные коммуникативные возможности позволяют смартфонам производить обмен навигационными и другими (например, диагностическими) данными с устройствами в кабине автомобиля и далеко за его пределами, что широко используется и в транспортном бизнесе.

В Mobileye разработали систему помощи водителю (ADAS), подключаемую к смартфону в кабине для выдачи предупреждений. Водители могут использовать интернет-способности смартфонов при расчетах с клиентами посредством POS-терминалов для оплаты пластиковыми картами. Специалисты компании GreenRoad разработали мобильное приложение для автомобилистов, предназначенное для контроля водительских навыков и повышения безопасности вождения (рисунок 9 а).

Смартфоны в кабине автомобиля также можно использовать для связи с диспетчером или флит-менеджером в режиме Hands Free с Bluetooth-гарнитурой. Но привычка водителей использовать сотовые телефоны для разговоров и SMS-коммуникации может иметь негативные последствия для безопасности автопарков, занятых в бизнесе. Риск аварии при использовании водителем сотового телефона в четыре раза выше. В этой связи отметим, что разработаны приложения, помогающие сдерживать использование сотовых телефонов в процессе вождения:

- Sprint Drive First;
- FleetSafer Mobile;
- DriveSafe.ly;
- iZUP;
- Textecution;
- Cellcontrol.

Как правило, они активируются в начале движения и блокируют возможность вызовов или коммуникации посредством SMS-сообщений. С этими приложениями использование смартфонов в транспортном бизнесе может быть совершенно безопасным.

Разработчики смартфонов и ПО для автопарков снабжают смартфоны специальными приложениями и функциями для повышения эффективности работы транспорта, например, чтения штрих-кодов или совершенствования навыков водителей и мобильного доступа к данным автопарка для флит-менеджеров (рисунок 9 б).

Недавний отчет Green Road (www.greenroad.com) показал, что 19 % флит-менеджеров уже используют для управления парками мобильные приложения и смартфоны. Этот опрос проводился в феврале 2012 года, ответы были получены от 178 участников автопарков различных типов и размеров.

37 % опрошенных респондентов ожидают увеличения использования приложений для управления транспортом. Для управления парками 31 % опрошенных уже использует web-сервисы. 57 % автопарков развертывают web-решения для управления.

Современный флит-менеджмент имеет в своем распоряжении огромный спектр современных технологий и решений для управления транспортом в режиме реального времени. Управлять еще более эффективно позволит понимание ключевых аспектов системы онлайн-менеджмента парка.



Рисунок 9 – Мобильные телефоны для доступа водителей и менеджеров:
а) приложение для водителей от GreenRoad для совершенствования водительских навыков;
б) мобильный доступ к данным парка для флит-менеджера

Ключевые аспекты управления корпоративным автопарком

Известны не только реальные пути повышения эффективности, производительности и прибыли: разработаны реальные технологии, позволяющие экономить эффективно.

Основные пути для сокращения расходов на содержание автопарка включают:

- оптимизацию «цены» (TCO) парка – это оптимизация состава, расходов на приобретение и содержание транспорта;
- повышение безопасности;
- контроль потребления топлива;
- контроль поведения водителей;
- оптимизацию маршрутов;
- оптимизацию технического обслуживания.

Уменьшение цены

(совокупной стоимости владения TCO) парка

Во всем мире отмечается тенденция к уменьшению цены автопарка – снижению размеров парка и модификации состава транспорта. Например, если парк больше и «тяжелее», чем это требуется для выполнения работы, топ- или флот-менеджмент разрабатывает инициативы замены транспортных единиц, снижения разрешенной максимальной массы, рабочих объемов двигателей, потребления топлива и т.п. Это дает экономию не только фиксированной цены приобретения транспортных единиц, но и эксплуатационных расходов, которые складываются из потребления топлива, стоимости ТО и ремонтов, замен шин, амортизации, косвенных/накладных расходов.

И это только часть совокупной стоимости владения, включающей также налоги, страховые взносы, цену управления и другие расходы.

Способы снижения цены зависят от способа и условий комплектования автопарка.

Экономия на страховых премиях возможна, если автомобили, состоящие на балансе компании, эксплуатируются вместе с бортовой телематикой, так как страховые компании, например, в США, охотно предоставляют скидки от 15 % покупателям автомобилей, оснащенных телематическим оборудованием.

Широко распространена практика контроля эксплуатационных расходов, согласно которой виды деятельности, являющиеся для автопарка вспомогательными (ТО, ремонт, обслуживание тахографов), вместо содержания своих служб выносятся на аутсорсинг.

Лизинг – практика формирования автопарка, согласно которой он может быть разово укомплектован в точном соответствии с потребностями клиента и гибко перекомпонован в любой момент. Например, лизинговая компания может предложить дорогие топливно-эффективные, гибридные или экологичные автомобили. В зависимости от условий договора можно считать, что на аутсорсинг лизинговой компании отданы все заботы о приобретении и содержании техники, включая регистрацию или страховку. Особенности лизинговых договоров таковы, что если машина выбыла из строя, лизинговая компания предоставляет «подменный» автомобиль. Единовременные расходы клиента по организации автопарка минимальны, платежи по договору лизинга фиксированы, а их обеспечение – под контролем. Флот-менеджер получает возможность полностью сконцентрироваться только на ведении бизнеса. Кроме того, заключение договора лизинга предоставляет клиенту существенные налоговые льготы.

Безопасность – следующий ключ к сокращению цены автопарка

Безопасность вождения играет первостепенную роль для автопарков, так как аварии способны опустошать кошелек компании на гораздо большие суммы, чем это способны сделать многие невыявленные бреши, формирующие утечку денежных средств на топливо буквально по каплям.

Последствия нарушения ПДД для компании могут быть различными – от штрафа за их нарушение до больших затрат на ремонт или восстановление техники, причинения вреда здоровью водителя и оплаты больничного листа, ущерба материальным ценностям с выплатами компенсаций.

По данным NHTSA, в США авария на рабочем месте обходится работодателю более чем в 24 500 долл. США за аварию, 150 000 долл. США за травму и 3,6 млн долл. США за смерть.

Работодатели несут не только материальный ущерб, но и юридическую ответственность за действия других лиц.

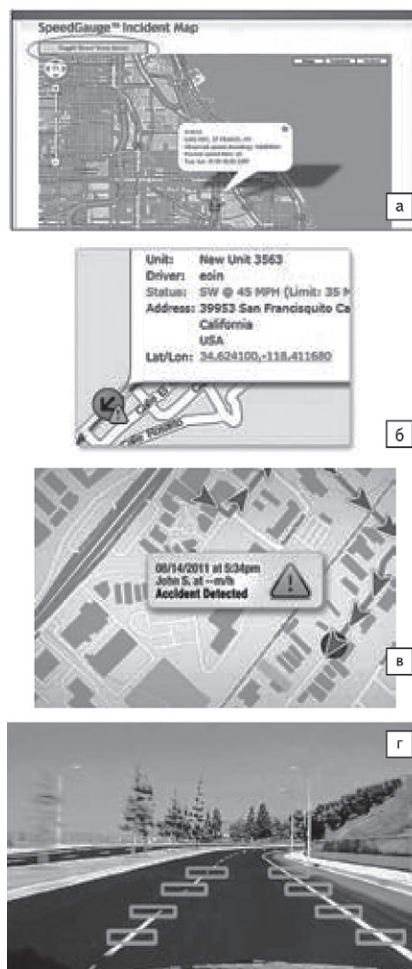


Рисунок 10 – Безопасность – важнейший ключ эффективного управления автопарком:

- а) дистанционный мониторинг в реальном времени в системе People Net (контроль скорости транспорта от SpeedGauge);
- б) превышение скорости, выявленное посредством ПО Telogis;
- в) обнаружение аварии в телематическом ПО GeoTab;
- г) уведомление об уходе с полосы в системе People Net от партнеров Bendix, Mobileye и Takata SafeTrak



Рисунок 11 – Технологии экономии потребления топлива. Контроль пребывания на холостом ходу:

а) спутниковый мониторинг статуса и активности ТС от GPS Insight – с фиксированием времени пребывания на холостом ходу;
 б) StopIdle — устройство от Auto Vision, Inc. для выключения двигателя, работающего на холостом ходу

Повышение дорожной безопасности, качества вождения – важнейший фактор сокращения расходов на содержание автопарка, поэтому разработчики телематических решений для автопарков интегрируют их с функциями дистанционного контроля дорожных условий, активности/статусов водителей и ситуаций на дороге, которые могут сказаться на безопасности (рисунок 10). Например, результатом интегрирования в систему People Net уведомления об уходе с полосы от партнеров Bendix, Mobileye и Takata SafeTraK (рисунок 10 г) стало 75 %-ное снижение аварий в результате подобных инцидентов.

Но для корпоративного транспорта то же самое значение имеет не только дорожная безопасность, именуемая Safety, но и защита автомобилей от угона, а грузов – от хищения. Если в случае угона личного транспорта остаточная стоимость машины составляет практически всю сумму убытка, то для корпоративного транспорта это дополнительно означает расторжение договорных обязательств с клиентом, последующую выплату компенсаций, потерю заказов, рабочих дней, а также деловой и страховой репутации.

Как и в случае с личным транспортом, на помощь корпоративному транспорту приходит телематика. Телематические системы создают проблемы угонщикам. Помимо установления местоположения и слежения в реальном времени, телематические системы способны активно вмешаться в управление ТС. Например, система OnStar GM под названием Stolen Vehicle Slowdown с 2009 года позволяет (в большинстве случаев) дистанционно замедлять скорость угнанного автомобиля, что помогает полиции обнаруживать автомобиль и избегать преследования угонщика на высокой скорости.

Телематические системы также позволяют снижать расходы на содержание автопарков, экономить топливо, осуществлять мониторинг простоев на холостом ходу и скоростного

режима, прокладывать и динамически оптимизировать маршруты, предотвращать несанкционированное использование коммерческого транспорта в личных целях и даже дистанционно диагностировать состояние автомобиля.

Следующий ключ к повышению эффективности – экономия топлива

Имеются пять основных путей повышения эффективности автопарка, позволяющие экономить топливо. Поскольку цена топлива в последние годы повысилась, актуализировалась и проблема его экономичного расходования. Если с применением комплекса специальных мер для владельца личного автомобиля экономия достигает 5 %, то владельцы автопарков отмечают достижение экономии до 10–15 % и даже до 20 %.

Для крупных компаний это означает десятки тысяч долларов ежемесячно и сотни тысяч долларов в год. Такую экономию дает технология GPS, применяемая для слежения за автомобилями.

Например, для сбережения топлива посредством GPS/GSM-телематике и веб-управления имеются следующие возможности:

- предупреждения и отчеты о пребывании на холостом ходу и нарушениях скоростного режима;
- отчеты о топливных транзакциях и неавторизованном приобретении топлива;
- отчеты о потреблении топлива, мониторинг MPG;
- диспетчеризация и маршрутизация для выбора кратчайшего и эффективного маршрута;
- диагностические средства для поддержания двигателей в оптимальном состоянии;
- дистанционная диагностика шин;
- другие средства.

Пять ключевых путей повышения эффективности, в осуществлении которых может помочь технология GPS для управления флотом, включают:

- минимизацию длительности работы двигателя на холостом ходу;
- мониторинг и нормализацию скоростного режима;
- оптимизацию маршрута;
- поддержание точных записей;
- активное техническое обслуживание.

Хорошо известно, что работа двигателя на холостом ходу сокращает срок службы автомобиля. Один час работы на холостом ходу ежедневно за год по износу двигателя эквивалентен 100 тыс. км пробега в нормальных условиях. При простое с работающим на холостом ходу двигателем тратится впустую топливо – и не только одновременно, так как раннее старение двигателя и автомобиля отрицательно сказывается на дальнейших характеристиках экономии и эффективности сгорания топлива.

Причины пребывания двигателя на холостом ходу разнообразны – это могут быть стояние в пробках или использование водителями двигателя для обогрева. С применением технологии GPS собственники автопарков, флит-менеджеры или диспетчеры получают возможность спутникового мониторинга каждой машины и могут дистанционно принимать соответствующие меры. Технологии спутникового мониторинга способны фиксировать, когда водитель включает и выключает двигатель, когда и с какой скоростью автомобиль перемещается. Поэтому они позволяют вести точный учет пребываний на холостом ходу и пересылать предупреждения (рисунок 11 а).

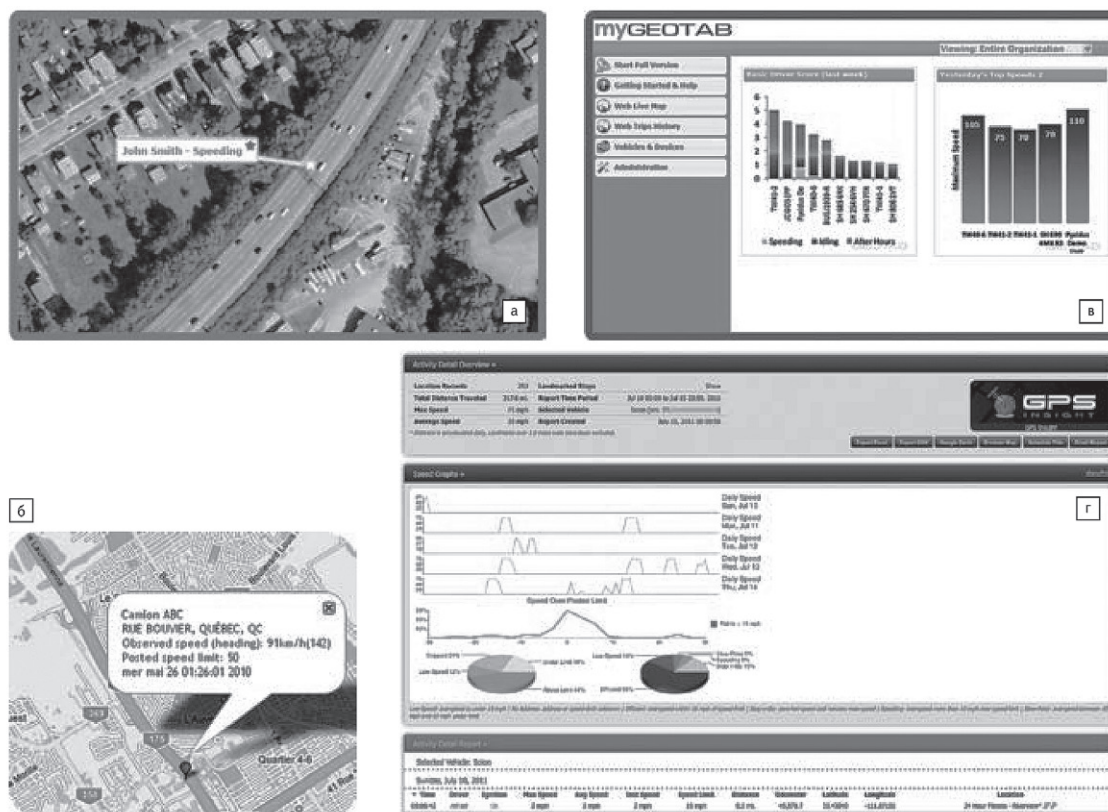


Рисунок 12 – Технологии экономии потребления топлива – контроль скорости:
 а, б) дистанционное обнаружение превышения скорости транспорта в системе:
 а) Geotab; б) SpeedGauge); в, г) контроль статистики событий в телематическом ПО: в) MyGeotab; г) GPS Insight

С помощью GPS-технологий диспетчеры своевременно получают информацию о пробках и направляют/перенаправляют автомобили по оптимальным маршрутам. Автопарки до 25 автомобилей могут сберечь порядка 2000 л в год, сокращая работу на холостом ходу на 15 мин. в день. Снижение времени работы двигателя на холостом ходу представляет собой не только путь для снижения расходов на топливо, повышения срока службы автомобиля, но и снижения эмиссии. Помимо выигрыша для компании, GPS-технология еще и «озеленяет» планету.

На Западе уже существуют законодательные проекты по снижению времени работы на холостом ходу ввиду вредного влияния выхлопов. Требование совместимости с подобными проектами также актуализирует для автопарков потребность иметь надежные средства для мониторинга и коррекции поведения водителей.

StopIdle (рисунок 11 б) – устройство компании Auto Vision (www.autovisionwireless.com) для автоматического выключения двигателя, работающего на холостом ходу. Модуль может перезапустить двигатель, если батарейное напряжение менее установленного значения или температура ниже установленного предела.

Спутниковые системы позволяют также дистанционно осуществлять мониторинг скоростного режима.

Поскольку задания для водителей в организациях любого масштаба часто формулируются таким образом, чтобы они выполнялись как можно оперативнее, превышение

скорости – неизменная проблема транспортной компании. Превышение скорости опасно для дорожного движения, и оно увеличивает потребление топлива. GPS-технология позволяет идентифицировать превышение скорости (рисунок 12) и направить флит-менеджера и водителю автоматическое уведомление или предупреждение для принятия соответствующих мер. EPA (агентство по охране окружающей среды федерального правительства США) оценивает, что превышение скорости может повысить потребление топлива на 20 % (на скорости выше 90 км/ч расход топлива повышается на 10 % на каждые 10 км/ч).

Потребление топлива увеличивается также при резком ускорении и резком замедлении.

Инсталлирование GPS-трекеров сейчас позволяет даже программно контролировать и совершенствовать водительские навыки.

Доступность информации о процессе вождения машины, поступающей флит-менеджеру, дисциплинирует водителей и способствует выработке профессиональных навыков экономичного и безопасного вождения. Помимо экономии топлива до 20 %, безопасное вождение уменьшает риск аварий и положительно сказывается на репутации компании, увеличивая число ее клиентов.

Благодаря интеграции технологий GPS и сотовой связи для управления автопарком стали доступны не только всеобъемлющие возможности обзора картины активности транспорта на картах, но и возможности прокладки опти-

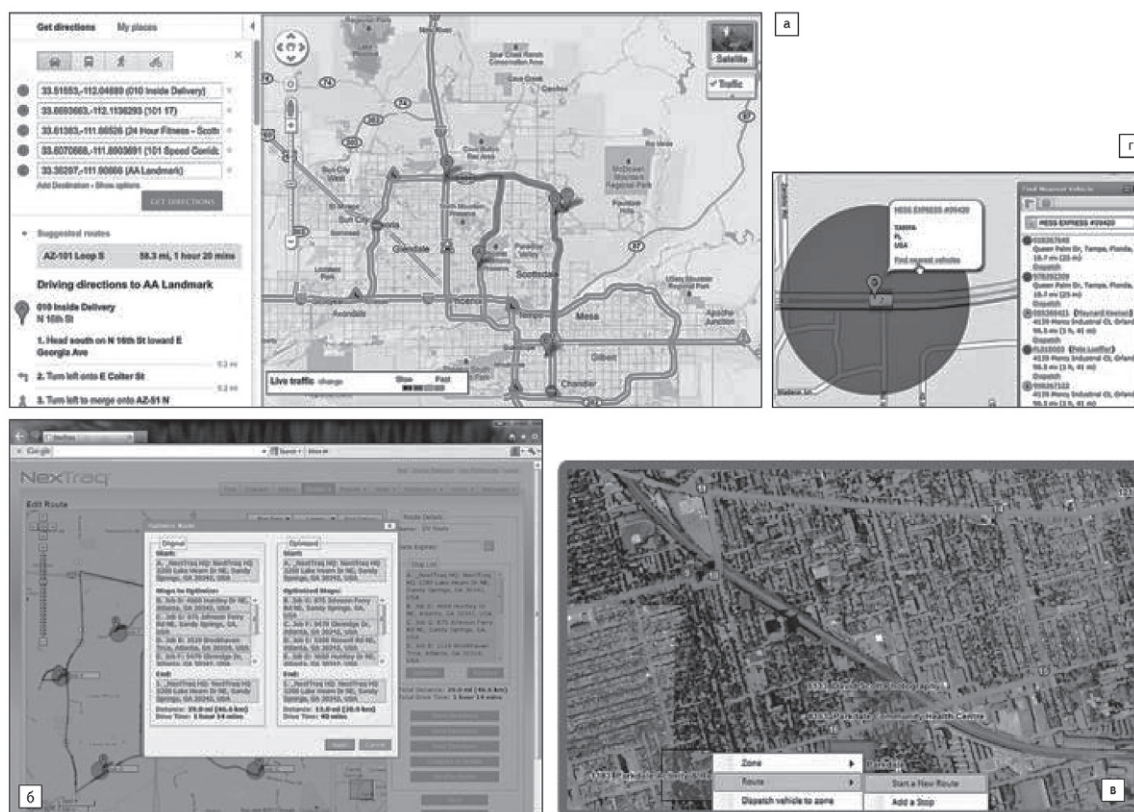


Рисунок 13 – Технологии экономии потребления топлива – телематическая маршрутизация:

а) динамическая маршрутизация в ПО GPS Insight; б) оптимизация маршрута в системе NexTraq на основе ClearPath routing; в) маршрутизация в ПО Geotab; г) оперативная диспетчеризация – интегрированная функция ПО Telogis

мальных маршрутов с известными данными о трафике и скоростными ограничениями (рисунок 13).

GPS-технология слежения за устройствами поддерживает маршрутизацию и работает как автономное приложение или посредством интеграции со сторонними приложениями, осуществляющими маршрутизацию через API.

Оптимизация маршрута в наибольшей степени интересна сервисным компаниям или тем, кто занимается доставкой заказов.

Автомобили таких компаний курсируют по заданиям, для выполнения которых необходимо совершать много остановок каждый день. Технология GPS способна оптимизировать время выполнения заданий, увеличить объем выполняемых заказов и снизить потребление топлива за счет экономии длины пути и остановок на светофорах. Простой уровень диспетчеризации предполагает, что посредством GPS водителю сообщаются пункты назначения и маршрут, и он следует к ближайшему, а затем к следующему пункту и т.д. Но если остановки и места назначения в течение рабочего дня подвержены частым изменениям, то на следующем уровне функциональности флот-менеджмента происходит динамическая оптимизация маршрутов. Автоматизированный спутниковый контроль транспорта помогает водителям осуществлять навигацию, избегать участков дорог с интенсивным движением и пробками, а также снижать время работы на холостом ходу, одновременно сохраняя топливо.

С точки зрения потребления топлива частые рабочие остановки, старты, пробег на высокой скорости и пребывание на холостом ходу повышают эксплуатационные расходы транспорта.

Автоматизированный GPS-трекинг помогает флот-диспетчерам быстро находить водителя, близкого к определенной точке, осуществлять быструю коммуникацию одновременно со многими водителями для определения лучшего порядка остановок, условий вождения или изменения последовательности выполнения заказов.

Движение от традиционного диспетчерского процесса к автоматизированному управляемому посредством GPS автопарку может повысить производительность до 25 % или более. Одно из исследований показало, что GPS-маршрутизация позволяет еженедельно сокращать целевой пробег автомобиля до 400 км, а это не только экономит топливо, но и повышает срок службы автомобиля, высвобождает для обслуживания новых заказов те ресурсы компании, которые могли пойти на обслуживание самого транспорта.

Становится очевидным, что ручной мониторинг всего объема данных об автомобилях в составе корпоративного автопарка невозможен. Решения для GPS-трекинга позволяют захватывать все данные об автомобилях, касающиеся, в том числе, и потребления топлива.

Один из путей сокращения расходов на топливо – использование топливных программ от оператора, предоставляющего топливо, дисконтов. Но путь этот не единственный.

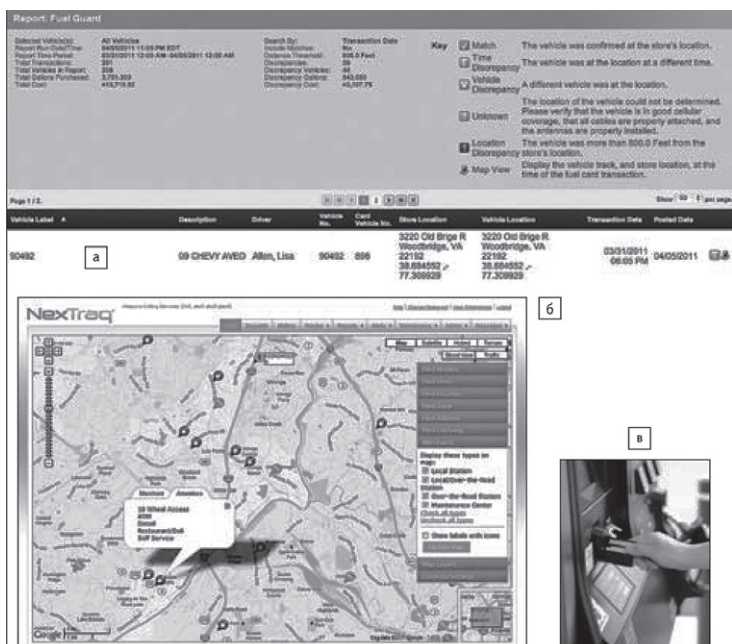


Рисунок 14 – Технологии контроля приобретения топлива:
 а) отчет о топливных транзакциях в системе Networkfleet;
 б) мониторинг приобретения топливных карт – на карте от Nextraq;
 в) использование топливных карт (источник: Telogis)

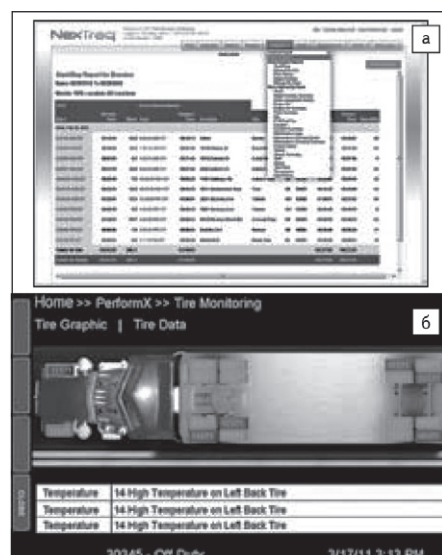


Рисунок 15 – Технологии экономии потребления топлива. Своевременное ТО:
 а) система отчетов и планирование ТО в ПО от NexTraq;
 б) контроль давления накачки шин в системе People Net

Программы для управления транспортом могут осуществлять мониторинг приобретения топлива, частоту приобретения, цены (рисунок 14). GPS-приложения поставляют флот-менеджерам информацию о местонахождении предпочтительных автозаправок и полный обзор маршрута с указанием остановок.

GPS-трекинг помогает вести всеобъемлющий учет потребления топлива посредством ведения журналов – приобретения топлива, километража, неавторизованного использования автомобиля и слива топлива. На сайте www.fleetfinancials.com сообщается, что хищение топлива составляет порядка 3 % топливного бюджета компании.

Доступность флот-менеджеру данных об использовании автомобиля за пределами рабочего времени или неавторизованного использования помогает дисциплинировать водителей и еще более сокращать расходы транспортной компании на топливо и в связи с амортизацией автомобиля, имеющей место при его использовании водителем для собственных нужд.

Системы GPS-трекинга генерируют сигналы, когда автомобиль стартует, ПО способно соотнести этот старт с рабочим планом и направить флот-менеджеру соответствующее предупреждение.

GPS-слежение за потреблением топлива – эффективный путь повысить доход компании и облегчить управление бизнесом. Активное техническое обслуживание – еще один ключ к экономии.

Техническое обслуживание – залог эффективной работы двигателей и всей транспортной компании. Технологии GPS для управления транспортом позволяют захватывать данные о состоянии каждого автомобиля, вести журналы ТО и направлять уведомления о том, когда требуется тех-

ническое обслуживание, основываясь на наборе следующих переменных: километраж, время или дата (рисунок 15 а).

Плановое техническое обслуживание включает контроль накачки шин (рисунок 15 б), замену масла, фильтров, свеч зажигания – это способно повысить эффективность работы транспорта и экономию топлива на 4–10 %. GPS-трекинг можно использовать для коммуникации с автомобилем, а также для предоставления информации о прошлых проверках и результатах технического обслуживания.

Водители – важнейший ключ к успеху транспортной компании

Большинство стратегий экономии реализуется только благодаря водителям. Различные исследования показывают, что именно их поведение определяет показатель аварийности и потребления топлива. Установлено также, что эти показатели взаимосвязаны, то есть аварийность выше там, где больше потребляется топлива, чаще всего – в связи с превышением скорости. Исследования GreenRoad показывают, что именно поведение водителей – ключевой фактор аварий (более чем 80 %) и фактор повышенного потребления топлива (до 33 %).

Стиль так называемого агрессивного вождения определяют опасное сближение, небезопасное перестроение и превышение установленного скоростного режима. Агрессивный стиль вождения отрицательно влияет на дорожную безопасность.

Наибольшее влияние на потребление топлива оказывают следующие водительские навыки: езда на высокой скорости с резким ускорением и замедлением и пребывание на холостом ходу. Только во вторую очередь на потребление топлива оказывает влияние правильная маршрутизация.

По данным NHTSA, превышение скоростных пределов или вождение на высокой скорости дало 8 % от зафиксированного числа аварий тяжелых грузовиков. По данным FMCSA, федеральной администрации безопасности автомобильных перевозок США, 22,9 % больших грузовиков и 10,4 % больших грузовых/пассажирских автомобилей терпят аварии из-за езды на высокой скорости.

По данным FMCSA, грузовики, оборудованные активными ограничителями скорости, имеют на 50 % ниже показатель аварийности, чем грузовики, не оборудованные такими устройствами. Исследование включало данные от 20 грузовых автопарков, примерно 138 000 грузовиков и более 15 000 аварий.

Интересную статистику представила GreenRoad. В недавнем отчете этой компании, где сравниваются данные 2011 и 2010 годов, были проанализированы данные от 85 000 водителей, собранные по результатам 127 млн поездок и 7,4 млрд миль в Северной Америке и Соединенном Королевстве. Выяснилось, что североамериканские водители безопаснее работающих в Соединенном Королевстве.

Американские водители до 40 % рисков в общем счете безопасности набирают в связи с ездой на высокой скорости, а 43 % рисков британских водителей составляет жесткое торможение.

Статистика была собрана благодаря продажам решения GreenRoad, предназначенного для контроля и обучения водителей культуре вождения. Система GreenRoad устанавливается в автомобиле и анализирует маневры, влияющие на риски и потребление топлива, с помощью специальных алгоритмов и контрольного терминала.

Решение основано на незамедлительной обратной связи с водителем в процессе вождения, для каждого водителя также выводится суммарный счет, доступный с мобильного телефона (рисунок 9 а) и направляемый по e-mail. В течение дня данные о вождении по всем ТС направляются на при-

ватный веб-сайт, организованный разработчиком решения, благодаря чему флит-менеджер видит все события, связанные с курсом, рисками, холостым ходом.

Обучающая программа стимулирует и водителей, и менеджеров автокомпаний к получению более высоких оценок за счет незамедлительной отработки слабых мест, на которые указывает программа.

Благодаря GPS-телематике показатель безопасности в среднем был улучшен за 2011 год на 24 %, но динамика более ярко выражена у североамериканских водителей.

Менеджеры автокомпаний называют следующие основные факторы прогресса при ее использовании:

- поведение водителей;
- производительная маршрутизация;
- сбережение топлива.

Повысить доходы компании способна так называемая правильная программа управления поведением водителей, основанная на данных и возможности видеть результаты практически незамедлительно.

Четыре ключа к успеху:

- нанимать на работу «правильных» водителей, прежде всего – с неагрессивным стилем вождения;
- эффективно готовить кадры;
- активно управлять процессом вождения (онлайн-вмешательство со стороны менеджера);
- комплексно повышать безопасность транспорта, используя все доступные инновационные технологии.

Все это ключевые аспекты эффективной системы управления автопарком, которая позволяет компании уменьшать расходы, повышать доходность и выживать в условиях жесткой конкуренции. Наличие такой системы – необходимость для каждой компании, а возможностей для выбора подходящего решения, как показывает обзор, который будет представлен во второй части статьи, – множество.

Окончание следует

НОВОСТИ

В КИТАЕ НАЧАЛАСЬ РАЗРАБОТКА ГЛОБАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ «БЭЙДОУ»

Старший технический консультант Китайской аэрокосмической научно-технической корпорации (CASC), главный конструктор китайской спутниковой навигационной системы «Бэйдоу» Сунь Цзядун в интервью газете «Кэцзи жибао» сообщил, что Китай уже начал разработку глобальной спутниковой системы навигации «Бэйдоу», предполагается, что в конце будущего года будет запущен экспериментальный спутник.

Сунь Цзядун сказал, что в настоящее время идет работа по разработке глобальной спутниковой навигационной системы «Бэйдоу». Стоит обратить особое внимание на запуск четырех-пяти экспериментальных спутников перед официальным выводом на орбиту, нужно досконально изучить ключевые технологии и проблемы, которые могут возникнуть. «Лишь после этого официально запустить спутник. К тому времени интенсивность запусков 30 спутников будет очень высокая».

Стоит отметить, что в декабре прошлого года нави-

гационная система «Бэйдоу» официально предоставила обслуживание в АТР. «В соответствии с работой на протяжении двух-трех месяцев, можно сказать, что в регионе, в особенности Китае, сигнал и услуги «Бэйдоу» полностью отвечают пользовательским потребностям». Сунь Цзядун сказал, что система для наземных пользователей также постоянно совершенствуется, есть надежда на то, что через год качество наземных услуг будет еще лучше.

Навигационную систему «Бэйдоу» планируется вернуть в три этапа: 2000 год – экспериментальная система; 2012 – официальная система «Бэйдоу» для покрытия территории Китая и прилегающих районов АТР; 2020 год – создание глобальной навигационной системы, которая будет обладать такими особенностями, как высокая точность, надежность, навигационность, а также предоставлять доступ к точному времени и услуги по обмену короткими сообщениями.

russian.people.com

С ВЫСОТЫ. ВРЕМЯ И МЕСТО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТОЧНО ОПРЕДЕЛЯТ СПУТНИКИ

Число землетрясений на нашей планете с каждым годом растет: в 2011 году их было 5 483, а в 2012-м уже 11 049. Прогнозирование таких природных катастроф – одна из самых актуальных, но и сложных проблем, которые пытается решить современная наука. Чтобы разрушений и жертв было как можно меньше, нужна эффективная система предупреждения, основанная на принципиально новых методах изучения и раннего выявления крупных сейсмических катастроф. Разработкой таких систем занимаются специалисты Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС». Первый вопрос его директору академику РАН Валерию Бондуре:



– Валерий Григорьевич, трудно ли вообще предсказывать землетрясения?

– Да, их прогноз – проблема, до конца не вполне решенная. Существующие методы и системы мониторинга сейсмоопасных территорий способны давать достоверную информацию о землетрясениях лишь непосредственно перед самими толчками (за несколько десятков секунд). Современная сейсмология позволяет давать надежные долгосрочные прогнозы (за несколько лет до землетрясений). При этом достаточно точно указываются места, где могут произойти сейсмические события. Однако когда конкретно – на это ответа нет. Среднесрочные прогнозы менее достоверны, а краткосрочное прогнозирование землетрясений, наиболее важное для предупреждения населения, в настоящее время практически не развито.

– Что, на ваш взгляд, нужно для эффективных исследований в этом направлении?

– Достоверность и точность прогноза землетрясений во многом определяется объемом и качеством информации об аномалиях различных параметров, возникающих вблизи потенциальных очагов в период подготовки и протекания сейсмических событий. Эти аномалии проявляются, например, в изменении уровня подземных вод, эмании различных газов и аэрозолей, вариациях теплового, магнитного и гравитационного полей, интенсивности электромагнитного излучения. Эти и многие другие параметры, доступные для регистрации с применением специальных методов и аппаратуры, используются в качестве различных предвестников (геофизических, гидрологических, геохимических, геологических, метеорологических, биологических) для прогноза землетрясений. При проведении научных исследований, направленных на повышение точности и надежности прогноза землетрясений, прежде всего сильных с магнитудами больше пяти ($M > 5$), основное внимание должно

уделяться выявлению краткосрочных предвестников, проявляющихся за один – семь дней до сейсмических событий. Важную роль в регистрации таких предвестников при мониторинге сейсмоопасных территорий играют современные космические методы и технологии.

– Тут вам, как говорится, и карты в руки. С какой стороны подошли к решению проблемы ученые НИИ «АЭРОКОСМОС»?

– Проведенные исследования позволили выявить десятки параметров, принципиально регистрируемых из космоса, которые можно использовать для дистанционного мониторинга сейсмоопасных территорий. На их основе удалось разработать ряд новых методов и технологий дистанционной регистрации из космоса различных параметров, характеризующих состояние среды сейсмоопасных территорий, причем с использованием существующих приборов (многоспектральных оптических, тепловых, спектрометрических, радиолокационных, аппаратуры магнитной и гравитационной съемки и др.), а также средств современных спутниковых навигационных систем. Уже в настоящее время с их помощью можно регистрировать минимум пять различных типов краткосрочных предвестников значительных ($M > 5$) сейсмических событий. Это позволяет перейти к этапу практического использования полученных результатов для космического мониторинга сейсмоопасных территорий.

– Аппаратуру ведь еще надо научить, что и как мониторить.

– Естественно. Ученые института разработали специальные методы и технологии дистанционного зондирования и оперативной обработки больших объемов данных, формируемых различной космической аппаратурой, для регистрации аномальных вариаций различных физических полей в сейсмоопасных регионах, которые являются краткосрочными предвестниками сильных землетрясений. Главная особенность нашего подхода – комплексный анализ аномалий различных геофизических параметров, свидетельствующих о приближении сейсмической активности. Это, например, геодинамические особенности в районах предполагаемого землетрясения, изменения характеристик ионосферы Земли над такими зонами, аномальные вариации температуры земной поверхности и приземного слоя воздуха, интенсивность уходящего электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне спектра и другие.

Действенность нашей методики получила подтверждение при мониторинге сейсмоопасных территорий в различных районах земного шара, где за последние 12 лет свершилось большое число сильных и катастрофических

землетрясений. Это означает, что появились реальные перспективы для эффективного прогноза таких явлений.

– Валерий Григорьевич, а на что все-таки в первую очередь следует обращать внимание исследователям?

– Одним из наиболее перспективных методов регистрации краткосрочных предвестников сильных землетрясений ($M > 5$) является анализ возмущений, происходящих в ионосфере – слое верхней атмосферы Земли, ионизированном космическими лучами и коротковолновым излучением Солнца. В процессе многолетних исследований, выполненных, в том числе и учеными нашего института, было установлено, что в период подготовки сильных землетрясений происходят специфические изменения характеристик ионосферы Земли. Такие аномалии обусловлены сложными и не до конца выясненными физическими механизмами сейсмо-ионосферных связей.

Для мониторинга такого типа аномалий, возникающих над обширными сейсмоопасными территориями земного шара, необходимо использовать специальные методы, технологии и технические средства зондирования ионосферы. Наиболее перспективные среди них – космические. Оказалось, что для решения задачи могут использоваться спутниковые навигационные системы. В настоящее время это системы ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США). С их помощью можно уже сейчас реализовывать двухчастотный метод радиопросвечивания ионосферы Земли. Нами разработаны специальные методы получения и оперативной обработки сигналов, которые позволяют анализировать особенности распространения в ионосфере Земли радиоволн, излучаемых на двух частотах в последовательные моменты времени с различных спутников, входящих в состав систем GPS и ГЛОНАСС.

Таким образом, появилась возможность достаточно оперативно получить данные о вариациях концентрации и пространственно-временного распределения электронов в ионосфере Земли над зонами готовящихся землетрясений и реализовать на практике метод оперативного космического мониторинга сейсмоопасных территорий. Главная задача

такого мониторинга – распознавание аномальных вариаций характеристик ионосферы, которые служат краткосрочными предвестниками готовящихся сейсмических событий. Мы достаточно широко используем этот подход в своей деятельности.

Кроме того, проводим и анализ так называемых линейных систем, состоящих из элементов земного рельефа, которые возникают под воздействием сейсмических процессов и дают информацию о готовящихся землетрясениях. Разработанные нами методы позволяют путем специальной обработки космических изображений этих систем выявить проявления повышенной сейсмической активности, прогнозировать место и время будущих землетрясений.

Исследования многочисленных сейсмических событий с магнитудами больше 5, которые мы ведем свыше 10 лет, показали, что заметные проявления деформационных волн, выявляемых путем анализа линейных систем на космических изображениях, начинаются обычно за один-три месяца до начала землетрясения, и в эти же сроки происходит их затухание. А главными предвестниками разрушительных подземных толчков служат максимальные изменения в системах, которые проявляются за 7–30 дней до наступления сейсмической активности.

– Насколько реально сегодня обеспечить краткосрочное прогнозирование землетрясений и своевременно оповещать население о времени и месте этих катастрофических событий?

– Я уже говорил, что достоверное краткосрочное прогнозирование сильных землетрясений – проблема крайне сложная. Однако, если не сегодня, то в недалеком будущем, она может быть решена при условии развития и широкого применения достижений современной сейсмологии, методов и технологий космического мониторинга. Наиболее перспективен при этом предложенный нами подход, предусматривающий комплексный анализ различных геофизических параметров, регистрируемых, как космическими, так и наземными средствами. Сегодня главная задача – активизировать проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научно-исследовательских работ для определения наиболее достоверных краткосрочных и среднесрочных предвестников сейсмических событий, выявления их природы и внедрять результаты этих работ в практику.

Михаил Бурлешин

ТТСС ЗАО «Промтехсервиснаб»

г. Минск, ул. Богдановича, 120 Б, ком. 6,
e-mail: uslugi@zapservis.by,
www.zapservis.by

Тел.: 266-23-94; 266-23-92,
моб.: (029) 676-02-56,
моб.: (044) 773-72-04,
факс: 266-23-94.

Контрактное производство РЭА:

- ✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
- ✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
- ✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
- ✓ Ультразвуковая отмычка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
- ✓ Нанесение влагозащитных покрытий.

**Высокотехническое импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.*

Продажа неликвидов ПК для РЭА:

- ✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ YASKAWA A1000 ДЛЯ МОТАЛЬНЫХ МАШИН: ПРОСТАЯ И БЕЗОПАСНАЯ НАСТРОЙКА

Потребность в выполнении функций намотки различных материалов, к примеру, кабелей и тканей, предъявляет высокие требования к контрольному и приводному оборудованию: для этого система должна четко контролировать и соотносить друг с другом целый ряд параметров: скорость, диаметр бобины, натяжение материала. Это особенно важно при работе с материалами, которые могут легко порваться, например, бумага или пленка. Именно для этого компанией «Yaskawa» было разработано новое программное обеспечение для преобразователя частоты A1000, предназначенное специально для использования в мотальных машинах.

Мотальные машины используются в самых разных областях промышленности. Независимо от того, сматывать необходимо материалы или разматывать, контрольное и приводное оборудование выполняет множество сложных задач. К примеру, чтобы постоянно поддерживать натяжение материала на одном уровне, скорость вращения и крутящий момент двигателя должны быть всегда соотнесены с постоянно изменяющимся диаметром катушки. Мотальные машины также применяются для целого ряда материалов (кабели, ткани, упаковочные пленки, бумага), поэтому при эксплуатации необходимо учитывать индивидуальные свойства каждого материала. Функциональность нового программного обеспечения была разработана специально под эти требования. Это решение позволяет гарантировать не только высокое качество управления, но также максимальную эксплуатационную безопасность, гибкость и простоту использования.

Средства управления

Новое программное обеспечение поддерживает три различных метода управления частотным преобразователем, что делает систему универсальной и позволяет решать задачи различного уровня сложности. Наиболее простой метод – это регулирование крутящего момента, для чего используется стандартный регулятор скорости, встроенный в преобразователь. Как только достигается установленная скорость, частотный преобразователь автоматически прекращает изменять значение момента. Преимущество данного средства в том, что при этом не требуется учитывать другие параметры. По этой же причине данный метод управления подходит только для наиболее простых решений, таких как намотка более прочных материалов, например, проволоки большого диаметра.

Для более сложных задач в преобразователе имеется встроенный ПИД-регулятор, который позволяет контролировать скорость намотки в зависимости от линейной скорости и диаметра катушки. Благодаря этому можно, к примеру, подстраивать степень натяжения, изменяя ее под увеличивающийся диаметр: это позволяет избежать попадания материала во внутренние слои обмотки. Программное обеспечение также управляет автоматическим контроллером, который позволяет вносить точные корректировки скорости.

Третий метод предназначен для наименее прочных материалов, таких как бумага: контроль скорости на основе постоянного измерения уровня натяжения. Новое про-



граммное обеспечение A1000 позволяет измерять натяжение с помощью датчика натяжения или регулировочного ролика.

Функции расчета диаметра и обнаружения обрыва

Величина диаметра не только позволяет определить натяжение материала, она также является очень важным рабочим параметром процесса. Независимо от того, какой из трех методов управления используется, преобразователь A1000 не требует использования специального датчика (к примеру, счетчика витков) для контроля величины диаметра. Данное значение подсчитывается с помощью других известных параметров. Преимущество данного варианта по сравнению с традиционными решениями в том, что оно позволяет повысить надежность и снизить стоимость.

Система позволяет установить различные временные интервалы или интервалы увеличения/уменьшения. К примеру, чем выше значение диаметра, тем больший промежуток времени может быть установлен. Дополнительные функции позволяют устанавливать величину диаметра заранее, восстанавливать или назначать фиксированное значение, что значительно упрощает эксплуатацию.

Встроенная функция обнаружения обрыва позволяет обеспечить высокую безопасность эксплуатации. При этом программное обеспечение может отдельно отслеживать скорость намотки, линейную скорость, а также крутящий момент и степень натяжения. Записанные значения могут быть введены в матрицу в соответствии с логическими критериями, а также критериями, подобранными отдельно для каждого конкретного изделия. Кроме того, система контроля качества может использовать данные, полученные в ходе

внешнего контроля, к примеру, с помощью оптических датчиков.

Дополнительные функции программного обеспечения позволяют контролировать процесс намотки поминутно, к примеру, для изменения направления движения или для компенсации массы. Особое внимание уделяется начальной фазе процесса, поскольку именно в это время наиболее высок риск превысить натяжение, что может привести к повреждению материала. Выделенные функции начальной фазы позволяют обеспечить оптимальный подбор значений натяжения и скорости. Новое программное обеспечение позволяет работать в штатном режиме на скорости до 1500 м/мин.

Кратко

Работа с мотальными машинами предъявляет особые требования к контрольному и приводному оборудованию как с точки зрения технологии процесса, так и с точки зрения работы с обрабатываемыми материалами. Поэтому компания «Yaskawa» расширила линию преобразователей частоты A1000, разработав новое программное обеспечение, которое позволяет удовлетворить эти специальные требования. Данное программное обеспечение было разработано на основе проверенных временем решений компании «Yaskawa», которые идеально подходят для повседневной эксплуатации. Подобные бездатчиковые системы являются более надежными и в то же время более дешевыми, чем традиционные решения. Более того, вместо подключения внешнего блока управления здесь требуется только плата расширения. В целом данное решение позволяет обеспечить максимальную безопасность, гибкость и простоту использования.

Компания «Вектор Технологий»

VECTOR OF A TECHNOLOGIES

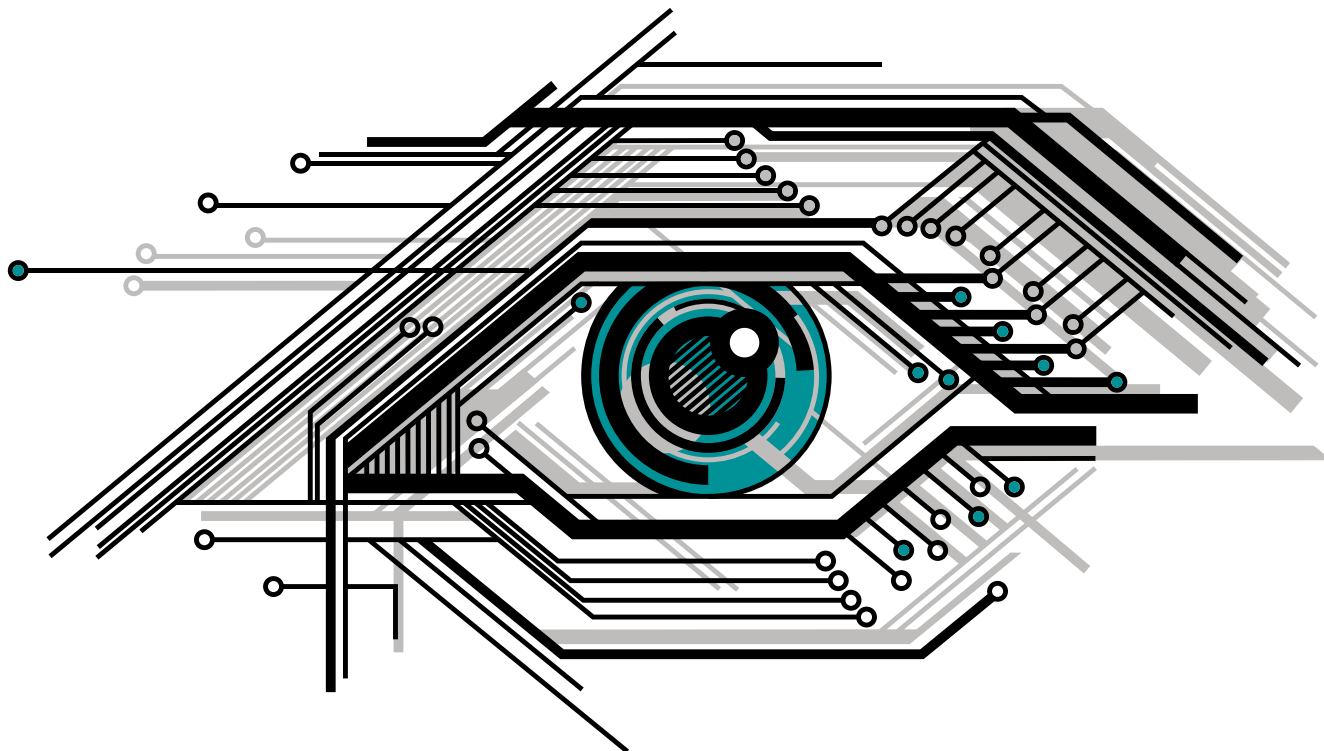
**Предлагаем поставки со склада и под заказ:
ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, СЕРВОДВИГАТЕЛЕЙ,
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ, ФОТОДАТЧИКОВ,
ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ РЕЛЕ И ДРУГОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОТ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.**



**Компания «Вектор Технологий»
является официальным дистрибьютором
на территории Республики Беларусь компаний
YASKAWA, DATALOGIC, STEUTE, FOTEK, WEG и VIPA.**

Наши специалисты с радостью помогут решить ваши задачи.
Tel: +375-17-265-60-15, fax: +375-17-265-60-16, mob: +375-29-685-60-15.
info@vec-tech.by, web: <http://www.vec-tech.by>

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Индукционные лампы Saturn 40, 80, 120, 150, 290, 300W. В комплекте электронный балласт	80-380 у.е.	ООО «ФЭК»	г. Минск. Тел./ф.: 200-34-23, тел.: 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W.	80-380 у.е.		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	ООО «Альфалидер групп»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	г. Минск. Тел./ф.: 214-73-27, 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 мА) мощностью от 1W до 100W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, НАПАТАК			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	от 0,10 у.е.	УП «Алнар»	г. Минск. Тел./ф.: 209-69-97, тел. (029) 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,10 у.е.		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,50 у.е.		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	от 2,20 у.е.		
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	от 0,04 у.е.		
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	г. Минск. Тел./ф.: 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	ООО «Альфалидер групп»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АК ИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	г. Минск. Тел./ф.: 284-11-18, тел.: 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by



- Светодиоды Cree и Philips Lumileds для систем освещения
- Сертифицированные GSM модули и модемы
- Электронные компоненты мировых производителей
- Помощь в проектировании систем освещения и передачи данных
- Производство электронных плат на современном оборудовании

г. Минск, ул. Плеханова, 72, офис 22
тел. +375 (17) 220 76 92
факс +375 (17) 248 88 12
chip@rainbow.by

www.rainbow.by
www.rtcs.ru
www.ibutton.ru
www.light.rtcs.ru
www.rmbo.ru



ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ
КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
ЭЛЕКТРОНИКИ

БЕЛОРУССКИЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ЭЛЕКТРОНИКИ

Контрактное производство электроники

- Автоматический и ручной монтаж печатных плат
- Поставка печатных плат
- Поставка электронных компонентов
- Поставка трафаретов из нержавеющей стали
- Разработка электроники на заказ
- Светодиодная продукция:
светодиодные экраны
светодиодные табло
светодиодные вывески
табло «бегущие строки»
информационные табло
светодиодная продукция для освещения

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
БОЛЬШОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ
ОПТИМАЛЬНЫЕ СРОКИ
ПРИЕМЛЕМЫЕ ЦЕНЫ

Республика Беларусь, 220026
г. Минск, пер. Бехтерева, 8, офис 35
тел.: (+375 17) 205 06 94, 296 31 61
VELCOM (+375 29) 115 35 75
e-mail: info@elcontinent.com
WWW. ELCONTINENT.BY



ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Группа компаний **ЭЛТИКОН**

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конвертеры, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-система Genesis, OPC-серверы и средства их разработки

ADVANTECH

ADLINK
TECHNOLOGY INC.

XP

ProSOFT
АВТОРИЗОВАННЫЙ ДИЛЕР

Akiwa Technology, Inc.
SUBSIDIARY OF GUANGSHENG INDUSTRIAL, TAIWAN

iKey

OCTAGON
SYSTEMS

Getac

iconics

LITEMAX

BELDEN
SENDING ALL THE RIGHT SIGNALS

TDK-Lambda

APC
by Schneider Electric

iBASE

PEPPERL+FUCHS
ELCON

IEE

Transcend

WEINTEK

EtherWAN

rttd

SCAIME
L'IMPRESSE PRECISE (INDUSTRIAL ELECTRONICS)

innoDisk
Beyond your imagination

Schroff

CEHCO

ifm electronic



WAGO

PLANAR

XLight

Fastwel



DATAFORTH

mcn
mikro elektronik
gmbh - nurnberg

VIPA
art of automation

InduKey
Industrial Input Devices

TRI-M
ENGINEERING

- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции

- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности конфигурации
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД

- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве и Гамбурге
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматизации, сборка телекоммуникационных шкафов

220125 Минск, пр-т Независимости, 183 • Тел. (017) 289-6333 • Факс (017) 289-6169 • E-mail: info@elticon.ru • Web: www.elticon.ru

УНП 191092652