



ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ НАВИГАЦИОННО-СВЯЗНОЙ АППАРАТУРЫ. СОСТОЯНИЕ ДЕЛ С РАЗРАБОТКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРИЕМНИКОВ И МОДУЛЕЙ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ

PROBLEMS OF LOCALIZING NAVIGATION-COMMUNICATION EQUIPMENT. STATE OF AFFAIRS IN THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC RECEIVERS AND LOCAL NAVIGATION UNITS

УДК 629.05

КОРНЕЕВ ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ

К. т. н., директор по научной работе

АО «НИИМА «Прогресс»

125183, г. Москва, проезд Черепановых, 54

korneyev@mri-progress.ru

KORNEEV IGOR L.

Ph.D

JSC “PROGRESS MRI”

54 Cherepanovykh Lane, Moscow, 125183, Russia

korneyev@mri-progress.ru

ЕГОРОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

К. т. н., начальник отдела

ФГУП «ГосНИИАС»

125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7

v-sphinks@yandex.ru

EGOROV VALERIY V.

Ph.D, Head of department

State Research Institute of Aviation Systems

7 Victorenko St., Moscow, 125319, Russia

v-sphinks@yandex.ru

Рассмотрена проблема локализации навигационно-связной аппаратуры. Показано что доля отечественной продукции на этом рынке в 2016 году составила 0,3%, тогда как в 2009 году эта доля составляла 100%. Приведены меры государственной поддержки продажи отечественной продукции на уровне постановлений правительства РФ. Приведены критерии локализации и указаны приоритеты в процессе локализации. Рассмотрено состояние дел с разработкой отечественной высокоточной навигационной аппаратуры. В частности, рассмотрена разрабатываемая помехоустойчивая локальная система навигации, имеющая ряд преимуществ перед ГНСС. Приведены результаты испытаний отечественной высокоточной навигационно-связной аппаратуры.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС); навигационные приемники; система ЭРА-ГЛОНАСС; навигационно-связные терминалы; тахографы; режим RTK; локальные системы навигации.

The paper deals with problems of localizing navigation-communication equipment. It has been shown that the share of domestic products on the market in 2016 constituted 0.3%, while in 2009 this share constituted 100%. Measures provided for domestic products sales support at the level of Russian Federation government regulations have been analyzed. Criteria of localization are provided with indication of priorities in the localization process. The state of affairs in the development of high precision navigation equipment has been examined, in particular, interference resistant local navigation system that is being developed and has a number of advantages over GNSS. The results of tests performed on domestic high precision navigation-communication equipment have been discussed.

Keywords: Global Navigation Satellite Systems (GNSS); navigation receivers; ERA-GLONASS system; navigation-communication terminals; tachographs; RTK mode; local navigation systems.

Практически все мировые лидеры поставляют на отечественный рынок навигационные приемники с поддержкой российской системы ГЛОНАСС. При этом доля отечественной продукции на этом рынке в 2016 году составила 0,3%, тогда как в 2009 году эта доля составляла 100%. Как показали исследования, причина такой малой доли отечественной продукции не в отставании качества отечественных изделий, а в незначительном превышении цены отечественной продукции над импортной на полностью открытом отечественном рынке.

Для сравнения качества отечественных и импортных изделий были проведены испытания приемников на соответствие их требованиям системе ЭРА-ГЛОНАСС на полигонах ФГУП ЦНИИ-маш и ФГУП НАМИ. В докладе представлены результаты испытаний: из 6 испытанных приемников успешно прошли испытания 4 приемника — 2 отечественных и 2 импортных.

Сегодня российское производство компонентов представляет собой главным образом малые серии изделий военного и специального применения, что определяет высокую себестоимость их производства.

В этих условиях между импортными и российскими компонентами общего применения, за редким исключением, нет конкуренции даже на внутрисоюзном рынке — российские компоненты (в тех случаях, когда они вообще производятся), как правило, дороже импортных (иногда в разы), что является следствием в первую очередь малой серийности.

Для обеспечения информационной и технологической безопасности государства существенным моментом является, кто разработал электронный компонент и существует ли у России контроль над процессами его разработки и модернизации. Если вся конструкторская документация, а также программное



обеспечение разработаны в России, то соответствующий электронный компонент может считаться отечественным независимо от того, на какой фабрике произведен — внутри России или за рубежом. Естественно, при изготовлении компонента на российской фабрике степень локализации соответствующей отечественной аппаратуры возрастает.

Ни одна страна в мире не может обойтись без импорта электронных компонентов, т. к. лидирующие позиции в разных технологических направлениях занимают компании из разных стран и отказ от использования импортных компонентов влечет за собой значительное снижение характеристик выпускаемой аппаратуры. Пока в России не развито массовое производство конечной гражданской продукции, у российских производителей электронных компонентов нет стимула для их устойчивого развития. Даже в случае введения радикальных ограничений на импорт электронных компонентов (а сегодня это сделать в принципе невозможно) объем внутреннего российского рынка компонентов, как правило, не позволяет обеспечить возврат инвестиций в развитие их производства в России (особенно это касается производства микросхем).

Выходу предприятий отрасли на массовые рынки продукции гражданского назначения могло бы содействовать формирование государством подхода к реализации мер государственной поддержки, которые в целом хорошо известны:

- практика ценовых и других преференций для отечественных производителей аппаратуры при осуществлении государственных и муниципальных закупок, а также закупок корпораций с государственным участием, которые необходимо совершенствовать и расширять;
- введение ввозных квот и ввозных таможенных пошлин (в том числе антидемпинговых) по отношению к импорту целевых видов аппаратуры;

- стимулирование и поддержка участия отечественной электронной промышленности в реализующихся в России крупных государственных и частно-государственных инфраструктурных проектах;
- предоставление налоговых льгот для предприятий отрасли, осуществляющих инвестиции в модернизацию производства;
- субсидирование расходов, связанных с продвижением продукции российской электронной промышленности на российский и мировой рынки.

В 2016 году официально через таможню были ввезены в РФ около 600 тыс. навигационных модулей, примерно 1 млн модулей были ввезены в РФ как цифровые микросхемы.

Самый массовый навигационно-связной прибор — это терминал системы экстренного вызова при аварии (ЭРА-ГЛОНАСС). Рынок таких приборов оценивается в 3 млн единиц в год. Несмотря на то, что система ЭРА-ГЛОНАСС считается государственной, в отечественных терминалах этой системы на сегодняшний день нет ни одной позиции отечественной ЭКБ. С этим трудно смириться, и по поручению вице-преьера РФ Рогозина Д. О. была проведена работа по составлению плана импортозамещения ЭКБ в этих изделиях. Были организованы рабочие группы по решению проблемы локализации. Кроме навигационного оборудования, это коснулось вычислительной техники и более широко — телекоммуникационного оборудования. Было показано, что новое поколение отечественных навигационных приемников сможет обеспечить соответствующее качество, но ликвидировать разницу в цене с импортными приемниками не удастся.

В докладе приводится анализ цен отечественной и импортной НАП: цены отечественной продукции почти конкурентные, но нужна государственная поддержка в продвижении отечественной продукции, в частности, в аппаратуру ГАИС ЭРА-ГЛОНАСС, где на сегодняшний день нет ни одной позиции отечественной ЭКБ. На сегодня государством уже принят ряд решений, накладывающих

The report deals with the problems of localizing navigation-communication equipment in Russia. Almost all the world leaders supply navigation receivers supporting Russian GLONASS system to Russian domestic market. Meanwhile the share of domestic products on the market in 2016 constituted 0.3%, while in 2009 it constituted 100%. As the investigations have shown, the reason for such a low share of domestic products is not their poor quality, but an insignificant difference in prices of domestic products as compared to imported ones on the fully opened domestic market.

For comparing domestic and foreign products, quality tests of receivers on compliance with ERA-GLONASS system requirements at training grounds of FSUE CNIImash and FSUE "NAMI" have been conducted. The paper presents the results obtained in the tests: out of 6 receivers 4 receivers successfully passed the tests — 2 domestic and 2 foreign.

Today Russian components production is mainly presented by small series of military and special purpose products, which determines their high manufacture cost.

In these conditions, with rare exception, there is no competition between foreign and Russian general purpose components even on Russia's internal market — Russian components (if they are manufactured at all) as a rule, are more expensive than foreign (sometimes, by several times), which is, in the first place, a consequence of small series production.

To ensure informational and technological safety of the State, it is essential who developed electronic component, and whether Russia provides control over the processes of its development and updating. If all design documentation, as well as corresponding software, are developed in Russia, then respective electronic component may be considered as domestic, irrespective of where a factory where it was manufactured is — within the Russian Federation or abroad. Of course, in case when this component was manufactured at a Russian factory, the degree of corresponding domestic equipment localization increases.

None of the countries in the world can do without importing electronic components, i.e. leading positions in different technological directions are occupied by companies from different countries, and refusal to use imported

components results in considerable derating of manufactured equipment. As long as there is no mass end production for civil purposes in Russia, Russian electronic components manufacturers have no stimulus for their sustainable development. Even in the case of strict restrictions on electronic components import (today it is simply impossible to do), the volume of internal Russian components market, as a rule, cannot provide the return on investments into the development of their production in Russia (especially it concerns microcircuits production).

Entrance to the mass market of products for civil purpose could be promoted by the State forming an approach for implementing State support measures, which in general are common knowledge:

- practice of price and other preferences for domestic manufacturers of equipment while conducting central and local procurements, as well as procurement of corporations with State participation, which need to be improved and expanded;
- introduction of import quotas and import customs (including antidumping ones) for the import of target equipment species;



запреты и ограничения на доступ иностранных товаров к системе госзакупок товаров, работ (услуг) не только для нужд обороны и безопасности государства, но также и в гражданской сфере.

В сентябре 2016 года были приняты постановления №№ 968 и 925, касающиеся ограничений допуска импортной продукции для закупки в интересах государственных и муниципальных нужд и приоритета товаров российского происхождения перед импортными товарами при этих закупках. Постановлением правительства РФ № 719 были введены критерии отнесения продукции радиоэлектронной промышленности к категории продукции, произведенной на территории Российской Федерации. Изменения в это постановление были выпущены в виде Постановления правительства № 734, в котором конкретно введены ограничения на использование в навигационно-связном оборудовании импортной ЭКБ, в частности:

- модуль навигационного приемника;
- GSM/GPRS/UMTS-модем;
- микроконтроллер;
- энергонезависимая флеш-память;
- интегральные микросхемы управления питанием;
- аккумулятор;
- соединители;
- печатная плата;
- антенны ГЛОНАСС/GPS.

Очень важная позиция — это связной модем 3G (GSM/GPRS/UMTS). По разным причинам работы по созданию модемов для систем сотовой связи в России были остановлены, в то же время мировые лидеры вели эффективные исследования и разработки в этой области на протяжении 25–30 лет. В таких условиях самый короткий путь создания отечественного модема 3G — это лицензирование зарубежных IP и разработка модема, сначала с использованием импортных чипов, а затем собственных чипов

на лицензионных IP. Это путь, по которому собирается идти НИИМА «Прогресс».

Другой важный компонент терминала — это микроконтроллер уровня CORTEX M4. Такая разработка сейчас ведется в России. Также ведется разработка отечественного SIM-чипа. Планируется, что все эти компоненты будут конкурентоспособными и по качеству, и по цене.

Опыт разработки остальных компонентов терминала: акселерометра, энергонезависимой памяти, интерфейсов и элементов питания, также имеется в России, но пока нет конкурентоспособных приборов. Требуется два года на их разработку, а также необходимы инвестиции, условием получения которых является полная уверенность в конкурентоспособности результатов. В этом и заключается проблема. Введенные критерии призваны обеспечить защиту действующих предприятий, выполняющих большой объем разработки и производства продукции по отношению к предприятиям, реализующим «отверточную» сборку (или упаковку) продукции на территории Евразийского Союза. Для этого должен быть использован критерий степени локализации. Суть подхода по определению степени локализации представлена в табл. 1.

В процессе локализации навигационно-связной аппаратуры должны быть расставлены четкие приоритеты.

Первый приоритет — это государственная поддержка продажи отечественной НАП. Все последующие стадии создания и внедрения НАП напрямую зависят от этого пункта. Даже если построить современные полупроводниковые фабрики, они не смогут выжить, если объем производства на них будет меньше десятков тысяч пластин в месяц. Это миллионы чипов. Если не будет обеспечена продажа изделий, то не нужны ни разработка, ни массовое производство чипов и модулей.

- provision stimulation and support for domestic electronic industry in large public and public-private infrastructural projects implementation;
- granting tax concessions for enterprises of industrial branch investing in production modernization;
- subsidization of costs connected with Russian electronic industry products promotion in Russian and world market.

In 2016 about 600 thousand navigation modules and 1 million digital circuits were officially delivered in Russia through customs.

The most mass-produced navigation-communication instrument is the terminal of emergency call system used in emergencies (ERA-GLONASS), its market estimated at 3 million units per year. Though ERA-GLONASS system is considered as state-owned, today there is not a single item from domestic electronic component base at its domestic terminals. This is a sad state of affairs, and on behalf of Russia's vice-premier Dmitry Rogozin, the work on planning electronic components import substitution in these products has been performed. Working groups dealing with localization problems

solution have been organized. Besides navigation equipment, it concerns computing tools and wider — telecommunication equipment. It has been shown that while domestic navigation receivers of new generation can guarantee corresponding quality, they fail to eliminate difference in price as compared to foreign receivers.

This paper provides analysis of domestic and import navigation equipment prices: prices of domestic devices are almost competitive, but they need government support for promoting domestic products, particularly, into Unified State Automated Information System ERA-GLONASS, where today there are no domestic electronic components at all. As of today Russian government has already accepted a number of decisions, imposing prohibitions and restrictions on foreign goods access to the system of public procurements of goods, works (services) not only for needs of defence and state security, but also in the civil area.

Regulations № 968 and № 925 were accepted in September 2016, concerning restrictions on import products access for procurements in the interests of state and municipal needs and

priority of goods of Russian origin over import goods in performing these procurements. Criteria for attributing electronic products to the category of manufactured on the territory of the Russian Federation have been introduced by government regulation № 719 of the Russian Federation. Amendments to this regulation have been issued in the form of Government regulation № 734, which specifies restrictions on the application of import electronic components in navigation-communication equipment:

- navigational receiver module;
- modem GSM/GPRS/UMTS;
- microcontroller;
- non-volatile flash-memory;
- power control integrated microcircuits;
- accumulator;
- connectors;
- printed-circuit board;
- GLONASS/GPS antennas.

The communication modem 3G (GSM/GPRS/UMTS) is a very important component. For various reasons the works on the development of modems for cellular systems in Russia were stopped, while world leaders for over 25–30 years have been conducting fruitful investigations



Таблица 1. Подходы по определению степени локализации

Table 1. Approaches for specifying the degree of localization

Суть подхода The approach essence	Недостатки подхода The approach drawbacks	Преимущества подхода The approach advantages
Расчет степени локализации на основе количества позиций отечественной ЭКБ (в процентах) Computing the degree of localization on the base of amount of items belonging to domestic electronic components base (in percentage)	Уравнивание учета сложных и простых компонентов (микропроцессоров и резисторов). Элементы малой степени интеграции имеют преимущества перед высокоинтегрированными (должно быть наоборот). Проигрываем конкурентам Equalization of accounting complex and simple components (microprocessors and resistors). Elements with low degree of integration have advantages over highly integrated ones (should be vice versa). Losing out to competitors.	Простота подсчета Simplicity of estimation
Расчет степени локализации по стоимости используемой отечественной ЭКБ (в %) Computing the degree of localization on the base of cost of domestic electronic components base being used (in percentage)	Дорогие компоненты получают преимущества перед высокоинтегрированными дешевыми. Нет стимула снижения стоимости. Проигрываем конкурентам Expensive components have advantages over cheap highly integrated ones. No stimulus to reduce the cost. Losing out to competitors.	Простота подсчета Simplicity of estimation
Расчет степени локализации на основе средств, вложенных в разработку и постановку на производство позиции отечественной ЭКБ (в %) Computing the degree of localization on the base of assets invested into developing and launching the production of domestic electronic components base item (in percentage)	Недостаточно информации о вложении средств со стороны зарубежных производителей ЭКБ. Стремление завысить стоимость работ. Но есть экспертные оценки Insufficient information concerning investments from foreign manufacturers of electronic components. Tendency to overestimate the work cost. But expert judgements are available.	Стимулирование отечественных компаний к ведению работ по созданию конкурентоспособной по цене/качеству ЭКБ Promoting domestic companies to conduct works on creating competitive electronic components base by price/quality ratio

Второй приоритет — организация сборки чипов в пластиковые корпуса. Сейчас в России организована сборка чипов только в металло-керамические корпуса стоимостью до 6–8 тыс. рублей. Но если нет дешевых корпусов, то и дешевые отечественные чипы тоже никому не нужны. Проблему сборки в пластик в России решил только частный завод General Satellite. Они купили сборочный завод под ключ.

Третий приоритет — поддержка отечественного массового производства чипов по технологии 40–65 нм. Без решения предыдущих двух проблем нечего браться за решение этой проблемы. Но если эти проблемы будут решены, останется проблема обеспечения цены и качества таких же СБИС, как в Юго-Восточной Азии. Конкурентная цена СнК цифрового приемника в пластике — \$2,5.

and development in this direction. In these conditions the shortest way for creating domestic 3G modem is licensing foreign IP and modem development starting from application of import chips and later of domestic chips on the base of licensed IP. This is the way by which NIIMA “Progress” is planning to follow.

Another important terminal component is micro-controller of CORTEX M4 level. Such development is now being conducted in Russia, as well as the development of domestic SIM-chip. It is planned that all these components would be competitive by their quality and by price as well.

Experience of other terminal components development, such as accelerometer, non-volatile memory, interfaces and power supply units are also available in Russia, but there are still no competitive instruments. Two years are necessary for their development, as well as investments that could be gained only with a full confidence in competitive results. This is the gist of the problem. The introduced criteria aimed at providing protection of operating enterprises, which perform a large volume of development and production for enterprises implementing CKD assembly (or

packaging) products on the territory of Eurasian Union. Here the criterion of localization degree should be used. Table 1 presents the essence of the approach for determining the localization degree.

In the course of navigation-communication equipment localization distinct priorities must be set:

First priority — governmental support of domestic navigation equipment sales.

All the following stages of creating and implementing navigation equipment directly depend on this clause. Even if modern factories producing semiconductor are built, they will not survive, if their production volume is less than several tens of thousands wafers per month. That is millions of chips. If products sales are not guaranteed, then there will be no need in chips and modules development as well as in their mass production.

Second priority — organization of chips assembly into plastic packages.

Today in Russia chips assembly is carried out only into metal-ceramic packages costing up to 6–8 thousand roubles. But if there is no cheap packages, then no one will need cheap domestic chips as well. The problem of assembly

into plastic packages in Russia is solved only at General Satellite private factory. They have purchased turnkey assembly plant.

Third priority — support of domestic mass chips production by 40–65nm technology.

Without solving previous two problems it is useless to try to solve this problem. But even if all these problems are solved, there will remain the problem to ensure VLSI prices and quality the same as in South-Eastern Asia. The competitive price of digital receiver on SoC in plastic package constitutes \$2.5.

Fourth priority — chips design.

Today about 7 million design-centres are dealing with or can deal with designing chips for navigation equipment. The main problem is gaining investments in development.

Fifth priority — manufacturing modules for navigation equipment.

The problem disappears, if governmental support for domestic navigation equipment sales is provided and floating assets are available (inexpensive credits).

Sixth priority — designing modules for navigation equipment.



Четвертый приоритет — разработка чипов. Сейчас около семи дизайн-центров занимаются или могут заниматься разработкой чипов для НАП. Основная проблема — это инвестиции в разработку.

Пятый приоритет — производство модулей НАП. Проблемы нет, если будет обеспечена господдержка продажи отечественной НАП и будут доступны оборотные средства (недорогие кредиты).

Шестой приоритет — разработка модулей НАП. Нет никакой проблемы, если будет решена 1-я задача. Цена НАП будет конкурентной. Квалификация разработчиков НАП соответствует мировому уровню.

Очень важным направлением работы является создание отечественной высокоточной навигационной аппаратуры. Массовые отечественные приемники «Геос-3» и NV-08, успешно прошедшие сравнительные испытания, позволяют обеспечить высокоточную навигацию в режиме RTK (real time kinematic), так как поддерживают фазовые измерения навигационного сигнала, что обеспечивают далеко не все импортные приемники. Режим RTK востребован, в частности, в системах точного земледелия, суть которого заключается в обработке почвы, севе, внесении удобрений с высокой точностью (порядка 5–10 см) в одни и те же борозды, а не по всему полю. При этом получается большая экономия семян, удобрений, времени и горючего. Эффективность использования точного земледелия составляет 20%.

Проблема заключается в том, что сейчас в России и трактора, и навигационное оборудование, установленное на них, — импортные. Соответственно, прибыль от продажи этой дорогостоящей техники остается в зарубежных компаниях. Хотя вполне возможно организовать производство такой техники в России с использованием средств системы ГЛОНАСС.

Другим примером использования высокоточной навигации являются робототехнические комплексы, такие как беспилотный автомобиль в проекте КАМАЗа «Автонет». В этом проекте к навигационной аппаратуре предъявляются требования по точности местоопределения

10 см. В режиме RTK можно получить требуемую точность, но вопрос заключается в условиях движения автомобиля; если это открытая местность, то точность обеспечивается, а в условиях плотной городской застройки или в лесу фаза сигнала «срывается» и приемник перестает работать, что обусловлено недостатками использования глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

ГНСС имеет ряд неоспоримых преимуществ, таких как полное покрытие Земли и околоземного пространства, бесплатное использование систем для координатно-временного определения, унификация оборудования для всех пользователей и т. д. Опыт эксплуатации ГНСС ГЛОНАСС и GPS, а также теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в России и за рубежом, показали, что наряду с очевидными преимуществами ГНСС имеет и ряд существенных недостатков, главными из которых являются:

- плохой прием сигналов в лесистых и горных местностях, в условиях плотной высотной городской застройки, а также внутри зданий;
- характеристики точности, целостности и доступности ГНСС не в полной мере удовлетворяют требованиям некоторых потребителей;
- недостаточная помехоустойчивость: локальные помехи небольшой мощности могут затруднить или сделать невозможной навигацию по сигналам ГНСС.

Кроме того, во время конфликтов возможно подавление глобальных навигационных спутниковых систем либо путем воздействия на сами спутники, либо путем постановки заградительных или имитационных помех сигналам ГНСС. В этой ситуации высокоточное определение координат и топографическая привязка объектов на местности с использованием ГНСС становятся невозможными и появляется необходимость использования локальных систем навигации (ЛСН), независимых от сигналов спутников и обладающих на несколько порядков большей помехоустойчивостью по сравнению с ГНСС. Около двух десятков локальных систем навигации

The problem disappears, if the 1st problem is solved. The price of navigation equipment will be competitive. The navigation equipment designers' qualification corresponds to international standards.

Another important direction of the research is creating domestic high precision navigation equipment. Mass domestic receivers Geos-3 and NV-08 that have successfully passed comparative tests enable providing high precision navigation in RTK mode (real time kinematic), because they support phase measurements of navigation signal, which is provided by far from each foreign receiver. RTK mode is popular, particularly, in precision agriculture systems, which essentially consists in treating the soil, sowing, applying fertilizers with high accuracy (up to 5–10 cm) into the same furrows, but not over the whole field. In this case it is possible to save seeds, fertilizers, time and fuel. The efficiency of precise agriculture application constitutes 20%.

The problem lies in that in Russia tractors and navigation equipment installed on them are imported. Respectively, sales profits of this expensive equipment stay in foreign

companies. But it is quite possible to organize the production of this equipment in Russia using GLONASS system facilities.

Another example of applying highly precision navigation is robotics systems, such as pilotless automobile in KAMAZ project "Autonet". In this project navigation equipment is required to provide the accuracy of positioning up to 10 cm. Using RTK mode it is possible to attain the required accuracy, but the question is in conditions of the automobile movement, and if it moves on open territory, then the required accuracy is attained, but in conditions of dense urban development or in a forest the signal phase "breaks down" and the receiver stops operating, which is conditioned by drawbacks of global navigation satellite systems application (GNSS).

GNSS possesses a number of unquestionable advantages, such as full Earth and near-earth space coverage, free system use for coordinates and time determination, equipment unification for all users etc. Experience of GNSS and GPS operation, as well as theoretical and experimental investigations made in Russia and abroad have shown that alongside with

obvious advantages, GNSS has a number of significant drawbacks, such as:

- poor signal reception in wooded and mountain terrain, in conditions of dense urban highrise development, as well as inside buildings;
- GNSS characteristics of accuracy, integrity and availability do not fully comply with requirements of some users;
- insufficient fault resistance: local low power interference may impede or make impossible navigation by GNSS signals.

Besides, during conflicts, the suppression of global navigation satellite systems is possible by means of direct impact on satellites or by barrage jamming or simulated radio countermeasures for GNSS signals. In such a situation high precision positioning and topographical objects control at terrain using GNSS becomes impossible and there arises a need to use local navigation systems (LNS), which are independent of satellites signals and which possess fault resistance by several orders of magnitude higher as compared with GNSS systems. About two tens of local navigation systems have been developed in various countries since 1958. The most



были разработаны в разных странах начиная с 1958 года. Наиболее совершенная из них — система LocataNets австралийской компании Locata, разработанная в 2014 году.

Сейчас в АО «НИИМА «Прогресс» разрабатывается современная отечественная ЛСН, способная реализовать все преимущества использования навигационного сигнала с большей защитой от помех, чем в системе LocataNets. Разрабатываемая система дополняет ГНСС и имеет более десятка преимуществ перед ними и ряд преимуществ перед системой компании Locata.

Проблема борьбы с помехами в предлагаемой ЛСН решается за счет того, что:

- расстояние между абонентскими и опорными станциями в 1000 раз меньше, чем от Земли до спутника;
- имитация сигнала («спуфинг») ЛСН практически невозможна из-за очень сложного закона смены псевдослучайной последовательности;
- рабочие частоты ЛСН не зафиксированы и могут меняться в диапазоне от 100 МГц до 2500 МГц.

Погрешность определения координат зависит от точности синхронизации опорных станций и может быть получена на плоскости в пределах 1–10 см, а по высоте — в пределах 15 см.

Как известно, задачу точного определения координат автомобиля в условиях плотной городской застройки, например, по требованию страховых компаний невозможно решить с использованием ГНСС в режиме RTK. Но эта задача решается с использованием ЛСН, разрабатываемой в настоящее время в АО «НИИМА «Прогресс». На сегодняшний день разработаны специализированные СБИС радиотракта и цифрового тракта ЛСН, а также унифицированные приемопередающие модули на этих СБИС, которые могут использоваться как в опорных, так и в абонентских станциях. Сейчас идет разработка и испытания макета системы.

Есть предварительные результаты испытаний макета локальной системы навигации, проведенные на поле с/х академии им. Тимирязева. Высокоточная навигация (2–4 см) на открытой местности выполняется с использованием ГНСС в режиме RTK. В условиях города для обеспечения точности 0,1–0,5 м (требование страховых компаний) используется локальная система навигации. Опорные станции ЛСН расположены на вышках операторов сотовой связи.

Таким образом, ряд отечественных разработок высокоточной навигационной аппаратуры ГНСС и локальных систем навигации могут составить достойную конкуренцию зарубежной продукции на массовом отечественном рынке. Но этот отечественный рынок необходимо защитить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немудров В., Корнеев И. Опыт разработки электронно-компонентной базы аппаратуры для локальных систем навигации // Международная конференция «Микроэлектроника-2015». Интегральные микросхемы и микроэлектронные модули: проектирование, производство и применение. Сборник докладов. — Москва: Техносфера, 2016. — С. 13–20.
2. Корнеев И., Егоров В. Опыт разработки электронно-компонентной базы аппаратуры для локальных систем навигации // Международная конференция «Микроэлектроника-2015». Интегральные микросхемы и микроэлектронные модули: проектирование, производство и применение. Сборник докладов. — Москва: Техносфера, 2016. — С. 76–83.
3. Корнеев И., Егоров В. Преимущества разрабатываемой отечественной локальной системы навигации // Международный форум «Микроэлектроника-2016». 2-я научная конференция «Интегральные схемы и микроэлектронные модули». Сборник докладов. — Москва: Техносфера, 2017. — С. 60–62.

perfect of them is Australian system LocataNets developed by Locata company in 2014.

Currently JSC “NIIMA “Progress” is designing modern domestic LNS that is able to implement all the advantages of navigation signals with higher protection from interference than that provided by LocataNets system. The system being developed supplements GNSS and has over dozen advantages over them and a number of advantages over the Locata system.

The problem of interference suppression in the proposed LNS is solved due to the following:

- the distance between subscriber’s and reference stations is less by a factor of 1000, than the distance from the Earth to the satellite;
- imitation of LNS signal (“spoofing”) is practically impossible due to a complex rule of PRS sequence transition;
- operating frequencies of LNS are not fixed and may alter in the range from 100MHz to 2500MHz.

Localization error depends on accuracy of reference stations synchronization and may be within 1–10cm at horizontal plane, and within 15cm by altitude.

As is known, the problem of accurate localization in conditions of dense urban development, for example, on insurance companies demand, is impossible to solve using GNSS in RTK mode. But this problem may be solved using LNS that is being developed by JSC “NIIMA “Progress”. At present special purpose VLSIs for LNS RF and digital links have been developed, as well as unified receiving/transmitting modules on the base of these VLSIs, which can be used both in reference and in subscriber’s stations. Currently the system mock-up is being developed and tested.

The report provides preliminary results of the LNS mock-up tests performed at the field of K. A. Timiryazev Agricultural Academy. High precision navigation (accuracy of 2–4cm) on open territory is conducted by means of GNSS in RTK mode. In urban conditions to attain the accuracy of 0.1–0.5m (requirements of insurance companies) local navigation system is used. Main LNS stations are located on cell phone towers.

So, a number of domestic developments of high precision navigation equipment of GNSS and LNS systems may make a worthy competition to foreign products on mass domestic market. But this domestic market has to be protected.

REFERENCES

1. Nemudrov V., Korneev I. *Opyt razrabotki elektronno-komponentnoi bazy apparatury dlya lokal'nykh sistem navigatsii* // Mezhdunarodnaya konferentsiya “Mikroelektronika-2015”. Integral'nye mikroskhemy i mikroelektronnye moduli: proektirovanie, proizvodstvo i primeneniye. Sbornik dokladov. Moskva: Tekhnosfera, 2016. P. 13–20. (In Russian).
2. Korneev I., Egorov V. *Opyt razrabotki elektronno-komponentnoi bazy apparatury dlya lokal'nykh sistem navigatsii* // Mezhdunarodnaya konferentsiya “Mikroelektronika-2015”. Integral'nye mikroskhemy i mikroelektronnye moduli: proektirovanie, proizvodstvo i primeneniye. Sbornik dokladov. Moskva: Tekhnosfera, 2016. P. 76–83. (In Russian).
3. Korneev I., Egorov V. *Preimushchestva razrabatyvaemoi otechestvennoi lokal'noi sistemy navigatsii* // Mezhdunarodnyi forum “Mikroelektronika-2016”. 2-ya nauchnaya konferentsiya “Integral'nye skhemy i mikroelektronnye moduli”. Sbornik dokladov. Moskva: Tekhnosfera, 2017. P. 60–62. (In Russian).