

УДК621.391:621.396

ББК 39.57-5

Л40

Б. В. Лежанкин
Иркутск, Россия

**ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ
АВИАЦИОННОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ
ИРКУТСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА**

В статье дан анализ этапов становления и развития научной школы авиационной радионавигации в Иркутском филиале МГТУ ГА. Дана характеристика основных направлений научных исследований. Проведен обзор содержания основных научных публикаций коллектива. Показана преемственность поколений исследователей, развитие методологии и научно-экспериментальной базы для проведения исследований.

Ключевые слова: научная школа, радионавигация, межсамолётная навигация, спутниковая навигация.

B. V. Lezhankin
Irkutsk, Russia

**STAGES OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF
AERONAUTICAL RADIONAVIGATION SCIENTIFIC SCHOOL OF
MSTU CA, IRKUTSK BRANCH**

The article analyzes the stages of formation and development of aeronautical radio-navigation scientific school of MSTU CA, Irkutsk Branch. The main scientific approaches are described. The article reviews the main scientific staff publications. It demonstrates the research intergenerational continuity, development of the methodology and scientific and experimental facilities.

Keywords: scientific school, radionavigation, interaircraft navigation, satellite navigation.

Под понятием «научная школа» можно считать оформленную систему научных взглядов в некоторой области науки, а также научное сообщество – коллектив ученых, исследователей, придерживающихся этих взглядов и выполняющих совместные или скоординированные исследования в этой области [Куперштох, 2005, с. 94].

Формирование и развитие научной школы происходит под влиянием ее лидера, знание предметной области, научная эрудиция и стиль работы которого имеют определяющее значение как для привлечения новых исследователей, так и определения направлений исследований в рамках обозначенной области. Отношения внутри такого научного коллектива способствуют обмену информацией на уровне идей и полученных результатов, разделению функций при проведении этапов исследований, что значительно повышает их эффективность.

Основными признаками состоявшейся научной школы можно считать общность научных интересов и значимость исследований ее участников, высокий уровень научных результатов и признание школы, преемственность, определяющая роль лидера и хорошие перспективы школы.

Научная школа не может быть сформирована в одночасье, например, распорядительным актом организации. В своем становлении и развитии она обязательно проходит ряд стадий, первой из которых является формирование научной проблемы, успешное и последовательное решение которой позволяет сформулировать научное направление. И только после получения значимых научных результатов, их достаточной апробации и признания научным сообществом, четком представлении о дальнейших направлениях исследований, появлении признаков преемственности поколений исследователей, можно говорить о сформированности научной школы.

Цель данной статьи – показать этапы становления и развития научной школы авиационной радионавигации, которая сложилась и ведет свою деятельность

на кафедре Авиационного радиоэлектронного оборудования Иркутского филиала МГТУ ГА. Руководит научной школой д. т. н., профессор Скрыпник Олег Николаевич, профессор кафедры, заместитель директора Иркутского филиала МГТУ ГА по учебно-научной работе.

Начало формированию научной школы было положено в середине 1990-х годов на факультете Авиационного радиоэлектронного оборудования Иркутского высшего военного авиационного инженерного училища, где О. Н. Скрыпник возглавлял кафедру Автоматизированных систем радионавигации и радиосвязи.

Научная проблема, которая была обозначена для исследований, была связана с применением методов межсамолетной навигации и комплексной оптимальной обработки информации для повышения эффективности группового взаимодействия самолетов военной авиации. Это направление явилось продолжением исследований, которые легли в основу кандидатской диссертации Скрыпника О. Н., выполненной в Киевском высшем военном авиационном инженерном училище и защищенной в 1988 г. Руководителем диссертационных исследований был Михалочкин Николай Андреевич, вся научная деятельность которого также была связана с исследованием проблем навигационного обеспечения задач межсамолетной навигации.

Уже в кандидатской диссертации Скрыпника О. Н. в качестве источника информации для навигационного обеспечения процессов межсамолетной навигации было предложено использовать спутниковые системы навигации (прообразы современных систем GPS и ГЛОНАСС) и системы обмена данными, работающие на основе многостанционного доступа с временным разделением каналов. Указанные системы в то время существовали только в виде проектов и опытных экземпляров. Дальнейшее развитие теории, методов и технических средств радионавигации, предназначенных для аэронавигационного обеспечения воздушных судов военного и гражданского назначения, подтвердило правильность и перспективность выбора данных средств навигации.

Именно в Иркутском ВВАИУ у будущей школы авиационной радионавигации появились первые ученики – курсанты факультета авиационного радиоэлектронного оборудования, впоследствии закончившие адъюнктуры Военно-воздушной инженерной академии им. Н. Е. Жуковского и Иркутского ВВАИУ, и продолжившие исследования как в рамках этой школы, так и в других организациях и по другим направлениям (Рыжков Д. А., Павлович Е. В., Хамматов Р. Р., Лежанкин Б. В., Ерохин В. В., Червань Д. А., Слепченко А. П.).

Результаты научных исследований, выполненных в рамках данного научного направления в Иркутском ВВАИУ в период до 2008 г., были опубликованы в рецензируемых научных изданиях, представлялись на всероссийских, региональных и отраслевых научных конференциях.

В работах [Скрыпник, Лежанкин, Малов, Миронов, Галиев, 2006; Скрыпник, Лежанкин, Миронов, Малисов, 2008] были развиты положения теории оптимальной линейной фильтрации применительно к задаче формирования классификационной и радиолокационной карты подстилающей поверхности при ее представлении в виде случайных полей. Предложены эффективные методы сжатия радиолокационной информации.

В работе [Скрыпник, Ерохин, 2008] применительно к задаче навигационного обеспечения процессов межсамолетной навигации была обоснована идея использования воздушных судов (ВС), взаимодействующих в локальном навигационно-временном поле (НВП), в качестве источников высокоточной навигационной информации. Здесь же путем математического моделирования получены результаты по точности оценки координат ВС в локальном и глобальном НВП при реализации алгоритмов комплексной оптимальной и квазиоптимальной обработки информации.

В процессе исследований был выявлен ряд эффектов, оказывающих влияние на точность оценки координат взаимодействующих ВС в локальной и глобальной системах координат. Один из таких эффектов заключался в повышении точности оценки координат определяющегося ВС при его маневре относительно ВС, выполняющего функции навигационной опорной точки (НОТ). Иссле-

дованию данного эффекта, а также влияния взаимного положения ВС тактической группы на точность навигационных определений, посвящена работа [Скрыпник, Ерохин, 2009].

В работе [Скрыпник, 2009] были впервые исследованы вопросы точности обеспечения посадки ВС при использовании НОТ, размещенных в зоне аэродрома. Было показано, что на точность определения координат ВС на посадочной траектории оказывают влияние количество используемых НОТ и их размещение относительно взлетно-посадочной полосы.

Результаты, представленные в работах [Скрыпник, Ерохин, 2009; Скрыпник, 2009], впоследствии легли в основу нового направления исследований, связанных с оптимизацией как траекторий взаимного перемещения ВС, так и размещения НОТ, с целью повышения точности навигационно-временных определений (НВО) ВС. Были разработаны и исследованы алгоритмы управления траекториями ВС, алгоритмы оптимизации размещения НОТ. Полученные в этом направлении результаты опубликованы в работах [Скрыпник, Ерохин, Слепченко, 2010; Скрыпник, Ерохин, Слепченко, 2010; Скрыпник, 2010].

Указанные выше результаты были опубликованы уже в новых условиях работы научной школы в Иркутском филиале МГТУ ГА. Этому способствовала передислокация Иркутского ВВАИУ в г. Воронеж, в результате которой в 2009–2010 гг. основная часть участников школы, после увольнения из рядов Вооруженных сил, перешла на работу в Иркутский филиал МГТУ ГА.

С 2010 г. начинается новый этап развития школы авиационной радионавигации, который характеризуется тем, что изменился объект исследований – на повестку дня были выдвинуты проблемы аэронавигационного обеспечения ВС гражданской авиации. Кроме этого был сделан акцент на более глубокое исследование проблем применения спутниковой системы навигации ГЛОНАСС для решения задач воздушной навигации.

Знаковым событием в плане обобщения результатов исследований, проведенных в период с 1995 по 2010 гг., а также для укрепления авторитета школы, стала защита докторской диссертации Скрыпником О. Н. по теме «Межсамо-

летная навигация при управлении воздушным движением» [Скрыпник, 2010; Скрыпник, 2010], состоявшаяся в конце 2010 г. в диссертационном совете МГТУ ГА.

В этой работе автору удалось обосновать возможность использования методов межсамолетной навигации, теории оптимального управления для решения задач повышения точности и надежности НВО в интересах решения задач аэронавигационного обеспечения и управления воздушным движением самолетов гражданской авиации на этапах маршрутного полета, захода на посадку и посадки.

С 2011 г. путем натуральных экспериментов и методами математического моделирования начались активные исследования прикладных вопросов, связанных с применением системы ГЛОНАСС. Так, в работах [Скрыпник, Ерохин, 2012; Скрыпник, Ерохин, 2012] рассмотрены вопросы разработки математической модели орбитального движения ГЛОНАСС, приведены методики и результат оценки ее достоверности, исследования условий навигационного сеанса (геометрических факторов, числа наблюдаемых навигационных спутников (НС)) в точке наблюдения. В работе [Скрыпник, Соловьева, 2012] исследована возможность повышения точности НВО при частичном поражении орбитальной группировки ГЛОНАСС, обеспечиваемая путем организации взаимодействия (взаимных измерений дальностей, обмена данными и реализации комплексной обработки информации) между ВС, находящимися в ограниченной зоне воздушного пространства.

В 2012–2013 гг. удалось значительно улучшить научно-экспериментальную базу школы. Были приобретены авиационный приемник СН-4312 и имитатор СН-3803М сигналов спутниковых систем навигации (*рис. 1*), что позволило создать автоматизированное рабочее место (АРМ) для проведения натуральных и полунатурных экспериментов по исследованию характеристик спутниковых систем навигации, программно-аппаратный комплекс на базе платформы National Instruments (*рис. 2*). В создании программно-аппаратной части АРМ,

обеспечивающей автоматизацию сбора и обработки измерительной информации, принял активное участие доцент кафедры АРЭО Караченцев В. А.



Рис. 1. Автоматизированное рабочее место по исследованию спутниковых систем навигации

В 2013 г. в группу исследователей влились выпускники филиала, а впоследствии аспиранты МГТУ ГА Арефьев Р. О. и Арефьева (Астраханцева) Н. Г. Приход молодых исследователей при наличии мощной и современной научно-экспериментальной базы позволил поставить новые научные задачи, выйти на качественно новый уровень исследований.

При активном участии Арефьева Р. О. и Арефьевой Н. Г. был разработан программный комплекс моделирования орбитального движения спутников ГЛОНАСС, дополненный функциями исследования условий навигационного сеанса (геометрических факторов, числа видимых спутников), в том числе и при дополнении ГЛОНАСС псевдоспутниками. Это позволило ускорить процесс научных исследований по новому направлению, связанному с построением и анализом полей точности GPS и ГЛОНАСС, в том числе и при ее дополнении псевдоспутниками.



Рис. 2. Программно-аппаратный комплекс National Instruments

Результаты исследований полей точности спутниковых систем навигации в различных условиях их функционирования опубликованы в работах [Скрыпник, Нечаев, Арефьев, 2014; Netchaev, Skrypnik, 2014; Скрыпник, Арефьев, Астраханцева, 2015].

На основе разработанных моделей орбитального движения спутников ГЛОНАСС Арефьевым Р. О. была решена задача оптимизации размещения псевдоспутников в районе аэродрома для обеспечения наилучшей точности определения параметров ВС при посадке, имеющая важное значение для аэродромов, расположенных в высоких широтах и малонаселенных регионах. Научная работа Арефьева Р. О. и Арефьевой Н. Г. (руководитель Скрыпник О. Н.) «Совершенствование аэронавигационного обеспечения этапа посадки путем оптимизации размещения псевдоспутников ГЛОНАСС» была представлена на межотраслевом конкурсе «Молодежь и будущее авиации и космонавтики – 2016» (г. Москва), где заняла 2 место.

Научная работа авторов Арефьева Р. О. и Арефьевой Н. Г. (руководитель Скрыпник О. Н.) «Исследование характеристик навигационно-временного поля спутниковых систем навигации в высоких широтах» стала победителем кон-

курса «Молодые ученые транспортной отрасли – 2016» по направлению «Инновации в области управления движением и обеспечении безопасности».

На основе полученной методики построения полей точности ГЛОНАСС Арефьевой Н. Г. успешно решается задача определения оптимальных по точности выдерживания траекторий полета ВС. Данная задача перспективна в свете концепции блочной модернизации, изложенной в Глобальном аэронавигационном плане ИКАО (4-я редакция) на период до 2028 г. [Глобальный аэронавигационный план на 2013–2028 гг. Doc.9750-AN/963. Изд. 4-е. ИКАО. 2013. 123 с.].

Перспективные для дальнейших исследований результаты были получены при проведении натуральных и полунатурных экспериментов по оценке точности совмещенных ГЛОНАСС/GPS приемников, опубликованные в работе [Скрыпник, Арефьев, Астраханцева, 2015]. Было установлено, что точность определения координат приемником при работе в совмещенном режиме оказывается хуже, чем при работе только по GPS, хотя условия навигационного сеанса для совмещенной группировки лучше. Данный факт требует более глубокого изучения для определения способов устранения наблюдаемого эффекта. В этом направлении, требующем физического моделирования ГЛОНАСС/GPS приемников с использованием программно-аппаратных средств NI, ведут работу доценты кафедры АРЭО Туринцев С. В. и Межетов М. А.

Работа школы авиационной радионавигации Иркутского филиала МГТУ ГА признана в профессиональном сообществе. В 2016 г. Скрыпник О. Н. стал победителем профессионального конкурса Фонда развития Аэронавигации им. Н. Г. Пирогова в номинации «За особый личный вклад в развитие аэронавигации России», а студентка Сарабахова А. А. (руководитель – доцент кафедры АРЭО Ерохин В. В.) – победителем в номинации «За лучшие дипломные и научные работы в области аэронавигации, выполненные студентами технических ВУЗов и училищ». В 2017 г. победителями конкурса Фонда развития Аэронавигации им. Н. Г. Пирогова в номинации «За лучшие дипломные и научные работы в области аэронавигации, выполненные студентами технических ВУЗов и училищ» стали аспирант Арефьев Р. О. (руководитель – Скрыпник О. Н.) и

студентка Верхотурова Н. А. (руководитель – заведующий кафедрой АРЭО Лежанкин Б. В.).

Таким образом, проведенный анализ показывает, что научная школа по авиационной радионавигации Иркутского филиала МГТУ ГА является сложившимся коллективом ученых-единомышленников, аспирантов и студентов, сохраняющей преемственность исследований и их актуальность для гражданской авиации.

Библиографический список

1. Глобальный аэронавигационный план на 2013–2028 гг. Doc.9750-AN/963. Изд. 4-е. ИКАО. 2013. 123 с.
2. *Куперитох Н. А.* Научные школы России и Сибири: проблемы изучения // Философия науки. Новосибирск, 2005. № 2(25). С. 93–106.
3. *Скрыпник О. Н.* Анализ влияния взаимного расположения подвижных объектов на точность определения координат / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. № 139. С. 40–46.
4. *Скрыпник О. Н.* Возможности использования воздушных судов как источников навигационной информации в локальном навигационно-временном поле / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 136. С. 78–85.
5. *Скрыпник О. Н.* Исследование параметров рабочего созвездия ГЛОНАСС на основе моделирования орбитальной группировки / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 180. С. 70–77.
6. *Скрыпник О. Н.* Математическая модель рабочего созвездия ГЛОНАСС для исследования условий навигационного сеанса / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 4 (36). С. 210–214.
7. *Скрыпник О. Н.* Межсамолетная навигация при управлении воздушным движением. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук // Московский государственный технический университет гражданской авиации. Москва, 2010. 220 с.
8. *Скрыпник О. Н.* Межсамолетная навигация при управлении воздушным движением. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Московский государственный технический университет гражданской авиации. Москва, 2010. 40 с.

9. *Скрыпник О. Н.* Методика построения и анализ полей точности ГЛОНАСС в заданной зоне воздушного пространства / О. Н. Скрыпник, Р. О. Арефьев, Н. Г. Астраханцева // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. № 221 (11). С. 43–50.
10. *Скрыпник О. Н.* Обеспечение посадки воздушных судов на основе синхронной системы обмена данными // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2009. № 4 (40). С. 202–204.
11. *Скрыпник О. Н.* Оптимизация условий навигационного сеанса для повышения точности навигационно-временных определений в локальной системе координат / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин, А. П. Слепченко // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2010. № 159. С. 55–62.
12. *Скрыпник О. Н.* Повышение точности навигационных определений в условиях недостаточного количества спутников рабочего созвездия GPS / О. Н. Скрыпник, Т. Л. Соловьева // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 180. С. 84–89.
13. *Скрыпник О. Н.* Построение и анализ полей точности GPS на основе программно-аппаратных средств NI GPS SIMULATION TOOLKIT / О. Н. Скрыпник, Е. Е. Нечаев, Р. О. Арефьев // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014. № 209. С. 5–12.
14. *Скрыпник О. Н.* Принципы управления условиями навигационного сеанса при взаимодействии объектов в сети синхронной системы обмена данными / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин, А. П. Слепченко // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2010. № 159. С. 50–54.
15. *Скрыпник О. Н.* Формирование классификационной карты подстилающей поверхности по изображениям от когерентного лоатора / О. Н. Скрыпник, Б. В. Лежанкин, А. Н. Малов, Б. М. Миронов, С. Ф. Галиев // Компьютерная оптика. 2006. № 29. С. 151–159.
16. *Скрыпник О. Н.* Формирование радиолокационной карты подстилающей поверхности путем фильтрации случайных полей / О. Н. Скрыпник, Б. В. Лежанкин, Б. М. Миронов, Н. П. Малисов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 133. С. 60–66.
17. *Скрыпник О. Н.* Характеристики условий навигационного сеанса при взаимодействии объектов в сети синхронной системы обмена данными // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2010. № 159. С. 44–49.

18. *Скрыпник О. Н.* Экспериментальные исследования характеристик совмещенного GNSS приемника в высоких широтах / О. Н. Скрыпник, Р. О. Арефьев, Н. Г. Астраханцева // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. № 221 (11). С. 35–42.

19. Netchaev E.E., Skrypnik O.N. Method for development of GPS working zone based on scaled-down simulation. // В сборнике: CriMiCo 2014 - 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology. Conference Proceedings. 2014. С. 284-285.

References

1. 3. Global Air Navigation Plan for 2013–2028. Doc.9750-AN/963. Ed. 4th. ICAO. 2013. 123 p. (in Russian)

2. *Kupershtoh N. A.* Scientific schools of Russia and Siberia: research problems // Philosophy of science. Novosibirsk, 2005. № 2(25). P. 93–106. (in Russian)

3. *Skrypnik O. N.* Analysis of effect of positional relationship of moving objects on the positioning accuracy / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2009. № 139. P. 40–46. (in Russian)

4. *Skrypnik O. N.* Possibilities of aircraft as sources of navigational information in a local navigation-temporary field / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2008. № 136. P. 78–85. (in Russian)

5. *Skrypnik O. N.* Research of the parameters of a GLONASS operating constellation on the base of modelling the orbital grouping / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2012. № 180. P. 70–77. (in Russian)

6. *Skrypnik O. N.* A mathematical model of a GLONASS operating constellation for the research of conditions for a navigational session / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin // Modern technologies. System analysis. Modelling. 2012. № 4 (36). P. 210–214. (in Russian)

7. *Skrypnik O. N.* Interaircraft navigation at air traffic control. Thesis for a degree of Doctor of Technical Sciences // Moscow state technical university of civil aviation. Moscow, 2010. 220 p.

8. *Skrypnik O. N.* Interaircraft navigation at air traffic control. Author's abstract of the Thesis for a degree of Doctor of Technical Sciences // Moscow state technical university of civil aviation. Moscow, 2010. 40 p. (in Russian)

9. *Skrypnik O. N.* Construction technique and analysis of accuracy fields of GLONASS in a desired area of airspace / O. N. Skrypnik, R. O. Aref'ev, N. G. Astrahanceva // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2015. № 221 (11). P. 43–50. (in Russian)

10. *Skrypnik O. N.* Aircraft landing with a synchronous data exchange system // Bulletin of Irkutsk state technical university. 2009. № 4 (40). P. 202–204. (in Russian)
11. *Skrypnik O. N.* Optimization of conditions for a navigational session for increasing accuracy of navigation-temporary determinations in a local frame of reference / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin, A. P. Slepchenko // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2010. № 159. P. 55–62. (in Russian)
12. *Skrypnik O. N.* Increase of accuracy of navigational determinations under conditions of insufficient number of satellites in an operating GPS constellation / O. N. Skrypnik, T. L. Solov'eva // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2012. № 180. P. 84–89. (in Russian)
13. *Skrypnik O. N.* Construction and analysis of GPS accuracy fields on the base of NI GPS SIMULATION TOOLKIT software hardware / O. N. Skrypnik, E. E. Nechaev, R. O. Aref'ev // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2014. № 209. P. 5–12. (in Russian)
14. *Skrypnik O. N.* Conditions control philosophy for a navigational session on interacting objects in a synchronous data exchange net / O. N. Skrypnik, V. V. Erohin, A. P. Slepchenko // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2010. № 159. P. 50–54. (in Russian)
15. *Skrypnik O. N.* Formation of an underlying terrain classification map according to the images of a coherent radar / O. N. Skrypnik, B. V. Lezhankin, A. N. Malov, B. M. Mironov, S. F. Galiev // Computer optics. 2006. № 29. P. 151–159. (in Russian)
16. *Skrypnik O. N.* Formation of an underlying terrain map by filtering random fields / O. N. Skrypnik, B. V. Lezhankin, B. M. Mironov, N. P. Malisov // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2008. № 133. P. 60–66. (in Russian)
17. *Skrypnik O. N.* Characteristics of navigation session conditions on interacting objects in a synchronous data exchange net // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2010. № 159. P. 44–49. (in Russian)
18. *Skrypnik O. N.* Experimental research of combined GNSS receiver characteristics in high latitudes / O. N. Skrypnik, R. O. Aref'ev, N. G. Astrahanceva // Scientific bulletin of Moscow state technical university of civil aviation. 2015. № 221 (11). P. 35–42. (in Russian)
19. Netchaev E.E., Skrypnik O.N. Method for development of GPS working zone based on scaled-down simulation. // CriMiCo 2014 - 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology. Conference Proceedings. 2014. P. 284-285. (in English)