



АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#9 (139), 2023

часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал
2023 • № 9 (139)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.
При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазович, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Арктический государственный агротехнологический университет)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, декан факультета информационных технологий (Гулистанский государственный университет)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН,

профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хайтова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Черданцева Е.В.

РАЗНООБРАЗИЕ ОРНИТОФАУНЫ ЗАКАЗНИКА «КИСЛУХИНСКИЙ» (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ).....6

Черданцева Е.В., Киселева Е.В., Усольцева А.А.

О ПРЕБЫВАНИИ РЕДКИХ ПТИЦ НА АЛТАЕ9

Черданцева Е.В., Сабитов А.Р.

К ВОПРОСУ О БИОРАЗНООБРАЗИИ ЕЛЬЦОВСКОГО ЗАКАЗНИКА (САЛАИРСКИЙ КРЯЖ)13

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Иванов Р.А.

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ СПЕЦТРАНСПОРТА И СРЕДСТВ ПЕРРОННОЙ МЕХАНИЗАЦИИ НА АЭРОДРОМЕ ПУЛКОВО (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)17

Рысин А.В., Бойкачев В.Н., Наянов А.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ (НССС) ДЛЯ НАВИГАЦИИ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.....21

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Винник Е.А.

БЕЗОПАСНАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ.....59

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Блохин Д.М.

МОДЕЛЬ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВО.....65

Блохин Д.М.

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАБОТЫ С ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМ КОДЕКСОМ69

Кропотов В.Л., Льянов А.М.

ПОВЫШЕНИЕ ЖАРОПРОЧНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ БОРИРОВАНИЯ.....72

Мухаметханов Р.И.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ75

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Ахметьянова Ю.М., Камалетдинова Л.М., Байтурина Р.Р.

РОЛЬ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УЛУЧШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В
ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ80

БИОЛОГИЯ

ЧЕРДАНЦЕВА Елена Владимировна

студентка,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

РАЗНООБРАЗИЕ ОРНИТОФАУНЫ ЗАКАЗНИКА «КИСЛУХИНСКИЙ» (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

Аннотация. Сообщество авифауны Кислухинского заказника формируют около 150 видов птиц из 36 семейств. Территория заказника имеет большое разнообразие видов птиц как с большой популяцией, так и с малой, которые занесены в Красные книги разного уровня. Для сохранения видового разнообразия птиц на территории заказника хозяйственная деятельность должна быть строго регламентирована.

Ключевые слова: Алтайский край, Кислухинский заказник, орнитофауна, орлан-белохвост, чёрный аист, филин, большой подорлик.

Государственный природный комплексный заказник краевого значения «Кислухинский» создан в 1976 году, располагается на площади 32,9 тыс. га в пределах правобережья Оби на территории Первомайского и Тальменского муниципальных районов Алтайского края [5]. Одной из задач заказника является охрана животного мира, в частности редких представителей авифауны.

В Алтайском крае числится более 320 видов птиц, из которых в регионе гнездятся от 220 до 290 видов [6]. Разнообразие фауны птиц способствует множество зональных и интразональных ландшафтов региона. Значительная часть Кислухинского заказника располагается на территории Среднеобского лесного массива, где участки сравнительно сухого соснового бора сменяются согрой – заболоченными берёзово-осиновыми лесами с примесью кустарника [2, 4]. Благодаря контрастности местообитаний мир птиц заказника в видовом отношении очень разнообразен.

Сообщество авифауны Кислухинского заказника формируют около 150 видов птиц из 36 семейств. Отряду воробьинообразных (*Passeriformes*) принадлежит – 75-80 видов, соколообразных (*Falconiformes*) – 16 видов, ржанкообразных (*Charadriiformes*) – 14, а также гусяобразных (*Anseriformes*) – 7 и дятлообразных (*Piciformes*) – 7 [5].

В самых различных лесных биотопах встречается ряд видов птиц – лесной конёк, зяблик и буроголовая гаичка, обычны обыкновенная горихвостка, пеночка-теньковка, пёстрый дятел, обыкновенная и глухая кукушки, серая ворона, серая мухоловка. Чёрный аист и орлан-белохвост, чаще всего выбирают для гнездования крупные деревья на границе леса и поймы, где они собирают пищу. Чёрный аист типичен в пойме Оби и низовьях её притоков. Гнездование здесь определено, а множество встреч в интервалах между ними свидетельствуют о сравнительно стабильной популяции [7].

Для соснового леса характерны обыкновенный осоед, большой подорлик, рябчик, глухарь, обыкновенный козодой, чёрный стриж, желна, ворон, сойка, кукушка, из небольших певчих птиц – дрозды певчий и деряба, вьюрок, обыкновенный снегирь. Вероятна допустимость на территории заказника обитания редкого в России змеяеда, который интересен тем, что употребляет в пищу почти всегда только лишь пресмыкающихся. Летом 1994 года его обнаружили в обской пойме. Змеяед обитает там, где древесная растительность сменяется открытыми болотистыми или степными участками. Гнездование филина вероятно. В конце мая 2014 года обнаружены следы прошлого гнездования филина на покрытой сосновым лесом возвышенности вблизи обской поймы [1].

В осиново-берёзовых лесах обитают типичные здесь большая и длиннохвостая синицы, обыкновенная иволга, зелёная пересмешка, рябинник, седой, белоспинный и малый дятлы, грач, зелёная пеночка, обыкновенный поползень, редко встречаются черноголовый щегол, тетерев и другие. На болотах среди лесов гнездятся серый журавль и лесной дупель.

Из-за большого количества кустарниковых зарослей в заказнике распространены немало-численные виды мелких воробьинообразных птиц. Обычны славки – завирушка и серая, садовая камышовка, обыкновенная чечевица, редко встречаются садовая славка, соловьи – красношейка и обыкновенный и другие. Большинство этих видов, если есть возможность, заселят пойму Оби и надпойменную часть заказника. Как правило, построенные среди кустов или на небольших деревьях гнезда сорок впоследствии часто занимают для размножения обыкновенные пустельги, кобчик и ушастая сова.

В полной мере на территории заказника представлен водно-болотный комплекс фауны, в котором живут много видов, жизнь которых связана с водоёмами. Семейство утиных представляют кряква, шилохвость, свиязь, чирки – свистунок и трескунок, широконоска, обыкновенный гоголь, хищных птиц – чёрный коршун, полевой и болотный луни, перепелятник, обыкновенный канюк, орлан-белохвост и чеглок. Главным условием выбора места для откладывания яиц у орлана-белохвоста является присутствие высоких и практичных для устройства гнёзд деревьев недалеко от воды. Вне периода гнездования две-три взрослые птицы орланов-белохвостов постоянно держатся в пойме Оби [1]. Из отряда ржанкообразных можно встретить обыкновенного бекаса, озёрную чайку, речную, белокрылую и чёрную крачек. Также на территории выют гнезда болотная сова, обыкновенный зимородок и береговая ласточка.

Часть видов, которые были замечены в пойме, на территории Кислухинского заказника отмечаются в качестве остающихся на лето или пролётных, скорее всего, они не гнездятся. Это такие виды, как серая цапля, серый гусь, большой кроншнеп, большой веретенник, чайки — сизая и хохотунья, тростниковая овсянка. Большинство птиц, обитающих в лесной части заказника, после гнездования уходят с прежнего кочевья в пойму Оби [9].

Порядка 30 видов птиц в течение всего года в заказнике обитает оседло или частично

кочуют. Другие виды, которые гнездятся на его территории, являются перелётными. Зимой наблюдаются только мохноногий канюк, белая сова, обыкновенный свиристель и обыкновенная чечётка. Две особи мохноногого канюка наблюдались осенью 2014 года на увале близ оз. Барсуково [1].

Занесённые в Красную книгу Российской Федерации [8] чёрный аист *Ciconia nigra*, большой подорлик *Clanga clanga*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, серый сорокопуд *Lanius excubitor*, змеяяд *Circaetus gallicus*, филин *Bubo bubo* и беркут *Aquila chrysaetos* обитают на территории заказника [6]. Гнезда большого подорлика были обнаружены в 2014-2015 гг., одно из них было обитаемо [3]. Также здесь отмечались включённые в Красную книгу Алтайского края [7] дербник *Falco columbarius*, воробьиный сычик *Glaucopteryx passerinum*, соловей-свистун *Luscinia sibilans*. Помимо того, в пойме Оби на весеннем и осеннем пролётах могут встречаться около 30 видов редких птиц.

Таким образом, можно сделать вывод, что территория заказника «Кислухинский» имеет большое разнообразие видов птиц как с большой популяцией, так и с малой, которые занесены в Красные книги разного уровня. Для сохранения видового разнообразия птиц на территории заказника хозяйственная деятельность должна быть строго регламентирована, особенно та, что приводит к перемене структуры и естественного состояния растительного и животного мира, например, выкашивание травы вкруговую во избежание гибели молодых птиц и небольших животных, сбор даров природы в гнездовое время и др. Необходим также систематический мониторинг видового состава птиц, чтобы стремиться к усовершенствованию мер по борьбе с угрозами жизни представитель местной орнитофауны.

Литература

1. Важов С.В. К изучению соколообразных и совообразных Кислухинского заказника (Алтайский край) / С. В. Важов, Р. Ф. Бахтин // Алтайский зоологический журнал. – 2015. – № 9. – С. 59-61.

2. Важов С.В. К изучению географического распространения популяций некоторых редких видов соколообразных и сов в интразональных лесных массивах юга Западной Сибири / С.В. Важов В.М. Важов, М.И. Яськов, А.А. Черемисин // Успехи современного естествознания.

– 2021. – № 2. – С. 88-93.
DOI: 10.17513/use.37579.

3. Важов С.В. Большой подорлик *Aquila clanga* в Алтайском крае и Республике Алтай / С. В. Важов, А. В. Мацюра, В. М. Важов // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 3(64). – С. 63-77.

4. Важов С.В. Материалы к изучению ястреба-тетеревятника *Accipiter gentilis* (L., 1758) на Алтае / С.В. Важов, В.М. Важов, А.И. Штехман // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». – 2022. – № 1 (108). – С. 53-65.
DOI:10.51215/1999-3765-2022-108-53-65.

5. Заказник «Кислухинский» / сост.: М.М. Силантьева, А.И. Шмаков, Г.В. Силантьев, А.А. Шибанова, А.Г. Иноземцев, В.Б. Журавлёв,

И.В. Андреева, И.Н. Ротанова // Красная книга Алтайского края. Особо охраняемые природные территории. – Барнаул, 2009. – С. 70-74.

6. Ключевые орнитологические территории России. Т.2. Ключевые орнитологические территории международного значения в Западной Сибири / под общ. ред. С. А. Букреева. – М.: Союз охраны птиц России, 2014 – 334 с.

7. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. – Барнаул, 2016. – 312 с.

8. Красная книга Российской Федерации (Животные). – М.: АСТ: Астрель, 2001. – 860 с.

9. Кучин А.П. Птицы Алтая. – Горно-Алтайск, 2004. – 777 с.

CHERDANTSEVA Elena Vladimirovna

student, Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Russia, Biysk

AVIFAUNAL DIVERSITY OF THE KISLUKHINSKY RESERVE (ALTAI KRAI)

Abstract. *The avifauna community of the Kislukhinsky Reserve is formed by about 150 species of birds from 36 families. The territory of the reserve has a wide variety of bird species, both with a large population and with a small one, which are listed in the Red Books of various levels. In order to preserve the species diversity of birds on the territory of the reserve, economic activity must be strictly regulated.*

Keywords: *Altai Territory, Kislukhinsky Reserve, avifauna, white-tailed eagle, black stork, eagle owl, greater spotted eagle.*

ЧЕРДАНЦЕВА Елена Владимировна

студент,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

КИСЕЛЕВА Елена Викторовна

магистрант,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

УСОЛЬЦЕВА Алина Александровна

магистрант,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

О ПРЕБЫВАНИИ РЕДКИХ ПТИЦ НА АЛТАЕ

Аннотация. На Алтае обитает 379 видов птиц. Редкими являются 162 вида, среди которых – орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), орёл-карлик (*Hieraaetus pennatus*) и большой подорлик (*Aquila clanga*). Факторами, ограничивающими процесс существования этих трёх видов редких хищных птиц, являются гибель в период зимовки и в пределах мест гнездования из-за недостатка пищевых ресурсов, отстрел браконьерами, беспокойство при вырубках, осушение болот, гибель на ЛЭП и др.

Ключевые слова: Алтайский край, Республика Алтай, орлан-белохвост, орёл-карлик, большой подорлик, распространение.

Алтайский край – это огромная территория на юге Сибири, богатая природными ресурсами. Разнообразие фауны в общем, и особенно птиц, детерминировано обширной площадью, сочетающейся с разнородными видами ландшафтов и природных зон. Очевидно, что такие благоприятные земли предпочли множество пернатых, особую роль в обитании которых играет растительность.

Степная зона Алтайского края до её земледельческого освоения при распашке целинных земель, начиная с 50-х годов, характеризовалась доминированием степного типа растений. В травостое типичных ковыльных степей преобладали дерновинные злаки. В направлении к югу в травостое наблюдались полупустынные формы кустарников, а также трав [10]. В настоящее время на плакорах Кулундинской степи почти полностью уничтожены зональные типы степных экосистем. Сохранились только небольшие участки естественной растительности по отрицательным формам рельефа, но и они в большинстве преобразованы бессистемным

выпасом животных, весенними палами и другими негативными процессами.

Берёзовые колки и перелески встречаются по северным и западным окраинам степи, но в отдельных районах степной ландшафт в результате агролесомелиорации 70–80-х годов имеет вид лесостепи в связи с наличием рукотворных лесополос и зелёными зонами населённых пунктов. Следует отметить в Кулунде и в целом на юго-западе Алтайского края наличие ленточных сосновых боров.

В 90-х годах, наоборот, в результате реформирования аграрной сферы пашня стала выводиться из земледельческого оборота и переводиться в категорию залежных земель. Сформировались высокотравные фитоценозы, также непригодные для обитания грызунов и прямокрылых.

Лесостепь Алтайского края представлена луговыми разнотравно-злаковыми группировками, берёзовыми лесами, берёзово-осиновыми колками и сосновыми борами, размещёнными на бугристо-грядовых песках. Целинные участки луговых степей вблизи

поселений сильно изменены выпасом скота, рекреацией и другой деятельностью человека так, что преобразовались в типчаково-полынные степи [10].

Лесостепь Предалтайской равнины вдоль северных и северо-западных подножий гор в пределах границ Алтайского края имеет ещё кое-где сохранившиеся остатки целинной степной растительности, но луговые участки на водораздельных пространствах почти повсеместно отсутствуют, а в долинах рек низинные заболоченные луга из-за перевыпаса скота превращены в кочковато выбитые неудобные земли [10].

Всё сказанное выше привело к недостатку кормовой базы для хищных птиц, так как грызуны и прямокрылые – основной корм пернатых хищников, не могут существовать в трансформированных условиях, резко отличных от природных.

На Алтае обитает 379 видов птиц [11]. Их делят на водоплавающих, лесных, хищных, перелетных и редких, занесенных в Красную книгу. Редкими являются 162 вида [8, 9]. Данные виды из-за ряда причин восприимчивы к различным факторам, ограничивающим процесс их развития или существования, они относятся к охраняемым, среди них – орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), орёл-карлик (*Hieraetus pennatus*) и большой подорлик (*Aquila clanga*).

Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*. Редкий вид, подверженный оседлому образу жизни. В Алтайском крае встречается в ленточных и Приобских борах, в поймах рек Оби и Чарыша, а также в Кулундинской степи. Также орлан гнездится в небольших лесах, образованных березой, осиной или тополем, по поймам рек и берегам озёр [2].

На территории Республики Алтай зафиксировано место гнездования орлана-белохвоста в Джулукульской котловине. Одним из недостатков условий горного рельефа для гнездящихся пар у орланов является отсутствие надлежащего количества соответствующих мест для гнездования, что сказывается на их ограничении [11, 12].

За прошедшие годы в Алтайском крае обнаружены 51 обитаемый гнездовой участок орлана [6, 13]. Приблизительная численность гнездящихся пар – 124-137 [7].

Перемещения осенью белохвоста приходятся на начало сентября. На территории края белохвост, по всей видимости, на некоторых

участках ведет оседлый образ жизни, поскольку в местах гнездования встречается круглый год. Доля птиц, скорее всего, на период зимы переселяется на побережья незамерзающих крупных озёр и морей [6, 13].

Орёл-карлик *Hieraetus pennatus*. Редкий гнездящийся кочевой вид, обитает в лесных и лесостепных ландшафтах. На территории Алтайского края орлы-карлики встречаются довольно широко, но непостоянно. По большей части, птицы располагаются на предгорных участках и на поймах водных объектов. Также предполагается пребывание орлов-карликов в Тогульском заказнике [4].

Распространение орла-карлика на территории Республики Алтай приурочено к высокоствольным лиственным и смешанным лесам по кромкам долин Юго-Восточного и Центрального Алтая [3, 5].

Популяция на Алтае орла довольно мала. На левом берегу Оби численность составляла всего 10-20 пар. Вероятное снижение количества особей орла-карлика в Республике взаимосвязано с недостатком пищи и отсутствием благоприятных мест для гнездования [7].

Осенняя миграция этих птиц проходит с конца августа по первую декаду октября.

Большой подорлик *Aquila clanga*. Редкий гнездящийся кочевой вид. На территории Алтайского края подорлика можно встретить поблизости от водно-болотных угодьев в смешанных лесах, альтернирующих с лугопастбищными и полевыми ландшафтами, также в ленточных борах, в Приобских лесных массивах, на пойме реки Обь, в бору по р. Бие, в лесах Салаирского кряжа и на Бие-Чумышской возвышенности. В Республике Алтай обитает в предгорьях северной и северо-восточной части [1].

На местах гнездования в Алтайском крае подорлик зарегистрирован в конце марта – начале апреля [2, 8], где наблюдался на гнёздах в Бие-Чумышской лесостепи, в бору по Бие, в ленточных и Приобских борах. Ранние или средние сроки прилёта подорлика на Алтай закономерно сочетаются со сроками наступления весны, влияющими на время появления основного корма этих птиц – водяной полёвки.

Гнездо большой подорлик устраивает на деревьях. В первой половине мая самка откладывает 1-2 яйца и начинает насиживание. Вылупление птенцов приобской популяции подорлика происходит в конце второй или в начале третьей декады июня. Птенцы, если их два, разновозрастные, в результате конкуренции за

пищу выживает, обычно, только старший. В возрасте 2-х месяцев птенец полностью оперяется и вылетает из гнезда в конце второй декады августа. Самостоятельно добывает пищу, начиная примерно, в первой декаде сентября [8]. Основу пищевого рациона большого подорлика составляют водяная полевка, мелкие мышевидные грызуны, околородные и водоплавающие птицы размером до утки, ящерицы, змеи, ловит также лягушек и небольших рыб. При случае поедает падаль. В годы с обилием мышевидных грызунов переходит на питание ими.

В Алтайском крае установлено 150 участков обитания гнездящихся пар большого подорлика [7]. Для Республики Алтай число особей может составлять 15-20 пар.

Миграция осенью больших подорликов заканчивается в первой декаде октября [11].

Вывод. Важным элементом для заметок в Красных книгах являются материалы о встречах редких и исчезающих представителей орнитофауны. Эти встречи рассматриваются, а затем даются оценки количеству особей и места пребывания исследуемых видов, также предложения по их защите.

Факторами, ограничивающими процесс существования этих трёх видов редких хищных птиц, являются гибель в период зимовки и в пределах мест гнездования из-за недостатка пищевых ресурсов, отстрел браконьерами, беспокойство при вырубках, осушение болот, гибель на ЛЭП и др.

Остановить процесс снижения численности редких видов хищных птиц в местах обитания на Алтае возможно за счёт создания новых особо охраняемых территорий, расширения существующих, безусловного соблюдения законодательных актов в отношении ООПТ, экологического просвещения населения о положительном санитарном и другом значении хищных птиц в природе, а также жёсткое уголовное наказание браконьеров, уничтожающих взрослых птиц и изымающих птенцов из гнёзд на продажу, фотографирование, изготовление чучел и т.д. В противном случае современная тенденция роста скорости и количества вымирания и уничтожения хищных птиц в результате деструктивной экологической деятельности человека будет углубляться.

Литература

1. Бахтин Р.Ф., Важов С.В. Новые данные о гнездовании большого подорлика в

окрестностях г. Бийска, Алтайский край, Россия // Пернатые хищники и их охрана. – 2010. – № 20. – С. 204–207.

2. Важов С.В. О гнездовании орлана-белохвоста в пойме Оби, Алтайский край, Россия // Пернатые хищники и их охрана. – 2009. – №17. – С. 151–152.

3. Важов С.В., Бахтин Р.Ф., Макаров А.В., Карякин И.В., Митрофанов О.Б. Результаты мониторинга гнездовых группировок крупных пернатых хищников в Республике Алтай в 2010 г. // Пернатые хищники и их охрана. – 2010. – №20. – С. 54–67.

4. Важов С.В., Важов В.М., Черемисин А.А. Материалы к изучению ястребиных птиц Салаирского края // Русский орнитологический журнал. – 2018. – Т. 27 (1664). – С. 4393–4403.

5. Важов С.В., Карякин И.В., Николенко Э.Г., Барашкова А.Н., Смелянский И.Э., Томиленко А.А., Бекмансуров Р.Х. Пернатые хищники плато Укок, Россия // Пернатые хищники и их охрана. – 2011. – №22. – С. 153–175.

6. Карякин И.В., Бакка С.В., Важов С.В., Бахтин Р.Ф., Эбель А.Л. URL: <http://raptors.wildlifemonitoring.ru/>. Дата обращения: 18.07.2022 г.

7. Карякин И.В., Смелянский И.Э., Бакка С.В., Грабовский М.А., Рыбенко А.В., Егорова А.В. Крупные пернатые хищники Алтайского края. – Пернатые хищники и их охрана. – 2005. – №3. – С. 28–51.

8. Красная книга Алтайского края. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 3-е изд., переработ. и доп. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. – 312 с.

9. Красная книга Республики Алтай (животные, 3-е изд.). Под ред. А.В. Бондаренко. – Горно-Алтайск, 2017. – 368 с.

10. Куминова А.В. Основные закономерности распределения растительного покрова на юго-восточной части Западно-Сибирской низменности // Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд.-ния АН СССР, 1963. – С. 7–34.

11. Кучин А.П. Птицы Алтая. – Горно-Алтайск, 2004. – 777 с.

12. Митрофанов О.Б., Кучин А.П. Орлан-белохвост – *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758) // Красная книга Республики Алтай (животные, 3-е изд.). Под ред. А.В. Бондаренко. – Горно-Алтайск, 2017. – С. 178–179.

13. Эбель А.Л., Карякин И.В., Важов С.В. URL: <http://altayredbook.wildlifemonitoring.ru/>. Дата обращения: 11.07.2022 г.

CHERDANTSEVA Elena Vladimirovna

student, Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University,
Russia, Biysk

KISELEVA Elena Viktorovna

master's student, Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University,
Russia, Biysk

USOLTSEVA Alina Alexandrovna

master's student, Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University,
Russia, Biysk

ABOUT THE STAY OF RARE BIRDS IN ALTAI

Abstract. *There are 379 bird species in Altai. 162 species are rare, including the white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*), the pygmy eagle (*Hieraaetus pennatus*) and the great spotted eagle (*Aquila clanga*). The factors limiting the process of existence of these three species of rare birds of prey are death during the wintering period and within the limits of nesting sites due to lack of food resources, shooting by poachers, disturbance during logging, drainage of marshes, death on power lines, etc.*

Keywords: *Altai Territory, Republic of Altai, white-tailed eagle, pygmy eagle, greater spotted eagle, distribution.*

ЧЕРДАНЦЕВА Елена Владимировна

студент,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

САБИТОВ Алексей Рафаэлович

магистрант,

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,
Россия, г. Бийск

К ВОПРОСУ О БИОРАЗНООБРАЗИИ ЕЛЬЦОВСКОГО ЗАКАЗНИКА (САЛАИРСКИЙ КРЯЖ)

Аннотация. На территории Алтайского края расположены 118 особо охраняемых природных территорий. Флора заказника преимущественно складывается из производных березовых и осиновых лесов, изредка наблюдаются фитоценоз с участием кедра. Животный мир заказника отображен характерным комплексом черневой тайги. Деятельность заказника Ельцовский, как природоохранная, так и научно-исследовательская сейчас сосредоточена на анализе и урегулировании существующих экологических проблем повышения эффективности сохранения экосистем, объектов флоры и фауны, как по отдельным видам, так и их комплексам.

Ключевые слова: Алтайский край, Ельцовский заказник, биоразнообразие, флора, фауна, черневая тайга.

На территории Алтайского края расположены 118 особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые служат не только для сохранения и восстановления численности редких видов, находящихся под угрозой исчезновения, но и для поддержки в своем первоначальном состоянии биотопов и их биоценозов, т.е. сохранению биоразнообразия. Одним из таких объектов является заказник Ельцовский, территория которого входит в состав национального парка «Салаир» [1].

Флора заказника преимущественно складывается из производных берёзовых и осиновых лесов, также леса, формирующегося высоко-травьем с густо разросшимися кустарниками, изредка наблюдаются фитоценоз с участием кедра [1, 4, 12]. Под пологом леса произрастают такие деревья, как черёмуха (*Padus avium*), рябина (*Sorbus sibirica*), ива пепельно-серая (*Salix cinerea*). Подлесок содержит: боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*), калину (*Viburnum opulus*), смородину колосистую (*Ribes spicata*), малину (*Rubus idaeus*). Травянистый покров формируется папоротниками и высокой травянистой растительностью – борцом северным (*Aconitum septentrionale*), дудником низбегающим (*Angelica decurrens*), пионом

марьин-корень (*Paeonia anomala*), ежой сборной (*Dactylis glomerata*). В нижней части долины р. Мостовая преобладают еловые, сосновые, берёзовые и луговые скопления, а в верхней части долины расположены болота, заросшие кустарниками.

Кроме того, в заказнике присутствуют редкие растения, занесенные в Красную книгу Алтайского края [7] – кандык сибирский (*Erythronium sibiricum*), волчник обыкновенный (*Daphne mezereum*), пион марьин-корень (*Paeonia anomala*), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon*).

Семейство орхидные (*Orchidaceae*) занимает заслуженное место среди растений, которым уделено особое внимание, связанное с их биологией и экологией [5, 12]. Возобновление орхидных естественным путем происходит очень медленно, от десяти до нескольких десятков лет.

Животный мир заказника отображен характерным комплексом черневой тайги [8]. Наибольшую популяцию имеет отряд хищных. Волк, рысь, бурый медведь, ласка, горноста́й, колонок, американская норка, кроме того, многочисленная россомаха – вот небольшой

список характерных для заказника хищных животных. Типичными представителями отряда копытных является лось, кроме того, в малом количестве, но имеющие потенциал роста численности, марал и кабан. Кроме того, в заказнике были обнаружены в относительно небольшом количестве ондатра, степной хорек, барсук. Для обыкновенного бобра здесь есть все условия – множество ручьёв и рек. Типичен здесь также заяц-беляк.

Орнитофауна заказника включает в себя около 135 видов [8]. Отряду воробьинообразных (*Passeriformes*) принадлежит – 75–85 видов, соколообразных (*Falconiformes*) – 13 видами, гусяобразных (*Anseriformes*) – 10, дятлообразных (*Piciformes*) – 6, совообразных (*Strigiformes*) – 5 и курообразных (*Galliformes*) – 4, еще 5 отрядов имеют здесь по одному – два представителя.

Следует отметить, что многие виды соколообразных чутко реагируют на антропогенные угрозы и являются редкими обитателями не только Ельцовского заказника и Салаирского края, но и региона в целом.

Скопа *Pandion haliaetus*, редкий вид. В прошлые годы в Алтайском крае распространение скопы было более широким, чем в настоящее время [6, 8, 11].

К местам гнездования скопы прилетают во второй половине апреля. Прилёт скоп происходит поодиночке, самец появляется на несколько дней раньше самки. Начало прилёта скопы на Алтай совпадает с вскрытием водоёмов. На Телецкое озеро скопа прилетает в среднем 22 апреля [10].

Скопы своё гнёздо устраивают на безвершинных или с плоскими кронами, чаще всего сухих деревьях. Располагают гнёздовые сооружения в местах, обеспечивающих хороший обзор и свободный полёт к гнезду [10, 11].

Старое гнездо скопы находили на старой крупной лиственнице без вершины на опушке леса в 0,5 км от Теньгинского озера, а в верховьях Большого Абакана наблюдали гнездо на вершине сухого кедра [9].

Орёл-могильник (*Aquila heliaca*). Редкий вид. На Алтае могильник распространён достаточно широко. В Алтайском крае гнездится в горно-предгорной его части и ленточных борах, расположенных в степной и лесостепной зонах [8, 9, 13].

Весенний прилёт могильника в Алтайский край и Республику Алтай определяется в основном временем выхода сусликов из нор после зимней спячки, зачастую выступающих

основным кормом орла. На местах гнездования в Алтайском крае могильник появляется в марте. Гнездовые участки приурочены к колониальным поселениям сусликов *Spermophilus undulatus* и *S. erythrogenys* или алтайского цокора *Myospalax myospalax* [13].

После прилёта могильник приступает к гнездованию. Новые гнёзда строит не часто, в основном подновляет старые, их бывает два и более на гнездовом участке одной пары. Гнездясь в борах, предпочитает их опушки, в том числе и внутренние, больше всего встречается на опушках, граничащих с пастбищами. В лесостепных и степных ландшафтах предгорий и низкогорий охотнее селится поблизости с пастбищами и скотоводческими стоянками, не избегает агроценозов. Пары постоянны и могут занимать гнездовой участок много лет. Все гнёзда могильника, известные на Алтае, располагались на деревьях, причем этот орёл предпочитает сооружать их на вершинах крупных лиственниц *Larix sibirica* или сосен *Pinus sylvestris* [13].

Отлёт могильника осенью в предальтайских равнинах происходит в конце августа – начале сентября и длится до октября. На осеннем пролёте могильники наблюдались небольшими группами в 3–5 птиц, реже – одиночно и большими стаями [9].

Балобан – *Falco cherrug*. Редкий вид. В Алтайском крае отмечался на гнездовании в Бие-Чумышской лесостепи и на Кулундинской равнине [2, 3, 8].

Появляется на гнездовой территории во второй половине марта – первых числах апреля. Гнёзда строит на деревьях на опушке и на одиночно стоящих деревьях, нередко по соседству с гнездовыми постройками, занимаемыми другими пернатыми хищниками. В горной местности Алтая гнёзда балобана располагаются на скальных выступах, защищённых стеной или навесом, а также в нишах скал.

Балобан, как одна из самых популярных ловчих птиц, до сих пор подвержен беспрецедентному отлову на местах гнездования и пролёте с целью контрабандной торговли на соколиных рынках стран Персидского залива [3]. Не снизилась угроза продолжающихся рубок леса в ленточных борах и колочных лесах Алтая. Уничтожаются гнездовые скалы в предгорьях в ходе разработки полиметаллов и других полезных ископаемых.

Для спасения популяций балобана в Алтайском крае необходимо безотлагательное устранение указанных угроз.

На территории пихтовых и осиновых лесов заказника находится наибольшее разнообразие видов. Типичными являются глухарь, рябчик, желна, трёхпалый дятел, кедровка, лесной конёк, длиннохвостая синица.

В березовых и осиновых лесах гнездятся тетеревины, дятлы (белоспинный, седой, пестрый), тетерев, рябинник, обыкновенная иволга, обыкновенная горихвостка, обыкновенный соловей, московка, зяблик, черноголовый щегол и др.

Полевой жаворонок, белая и желтоголовая трясогузка, черноголовый чекан, дубровник, лесной дупель, коростель, перепел останавливают свой выбор на местах без большого скопления деревьев – крае леса, полянах, недавних вырубках. В большинстве мест обитаний водятся овсянки-обыкновенная, белошапочная и седоголовая, зяблик, славка-завирушка, пеночка-теньковка, большая синица.

Из представителей герпетофауны обнаружены остромордая лягушка, серая жаба, живородящая ящерица, обыкновенная гадюка. Фауна рыб р. Мостовая представлена сибирским хариусом и тайменем.

Заказник имеет большое значение в системе особо охраняемых природных территорий потому, что здесь в наиболее полном виде сохранился фаунистический комплекс черневой тайги [1, 4, 8]. Большая часть видов птиц этого комплекса расположены на Салаире у западной границы местообитания, они, вероятно, уязвимы. Территорию заказника облюбовали такие «краснокнижные» виды, как черный аист, балобан, скопа, змея, орел-карлик, сапсан, трёхпалый дятел, иглохвостый стриженец, серый сорокопуд. Пребывание змея установлено по правому притоку Чумыша [6], а в бассейне р. Мостовой – орла-карлика [2].

Также на территории вероятно пребывание большого крохале, малого перепелятника, могильника, балобана, филина, соловья-свистуна, таежного сверчка, синего соловья, синехвостки, пятнистого конька. Кроме всего прочего, здесь в заказнике, на р. Мостовая находится единственное в крае место нереста тайменя [1].

Наличие разнообразия видов непосредственно представляет ценность. Больше видов в экосистеме – значит, что она устойчивее ко всем видам внешних влияний и действий.

Деятельность заказника Ельцовский, как природоохранная, так и научно-исследовательская в составе национального парка «Салаир» сейчас сосредоточена на анализе и урегулировании существующих экологических проблем повышения эффективности сохранения экосистем, объектов флоры и фауны, как по отдельным видам, так и по их комплексам. В связи с этим, знание видового биологического разнообразия охраняемой территории является очень важным.

Литература

1. Андреева И.В. Заказник Ельцовский // Красная книга Алтайского края: особо охраняемые природные территории. – Барнаул, 2009. – С. 50–52.
2. Важов С.В. Материалы к изучению ястребиных птиц Салаирского края // Русский орнитологический журнал. – 2018. – Т. 27 (1664). – С. 4393–4403.
3. Важов С.В., Важов В.М. Балобан *Falco cherrug* в Алтайском крае и Республике Алтай // Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29 (1970). – С. 4073–4090.
4. Важов С.В., Важов В.М., Яськов М.И. Территориальная оценка национального парка «Салаир» для реализации орнитологических туров // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 1. – С. 39–44.
5. Важова Т.И., Черных О.А., Сулименкина О.Ю. Орхидеи г. Бийска Алтайского края // Алтай: экология и природопользование: Тр. 11 росс. – монг. научн. конф. – Бийск, 2012. – С. 62–68.
6. Инвентаризация заказников Алтайского края. // Отчёт о научно-исследовательской работе 2. Барнаул, 1995.
7. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Барнаул, 2016. – 290 с.
8. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. – Барнаул, 2016. – 312 с.
9. Кучин А.П. Птицы Алтая. Горно-Алтайск, 2004. – 777 с.
10. Митрофанов О.Б., Кучин А.П. Скопа – *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758) // Красная книга Республики Алтай (животные, 3-е изд.). – Горно-Алтайск, 2017. – С. 155–156.
11. Vazhov S.V., Matsyura A.V. (2020). Distribution of osprey *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758) in the Altai Krai // Ukrainian Journal of Ecology, 10(6), 185–189.

<https://www.ujecology.com/articles/floristic-finds-in-the-southeastern-part-altai-krai.pdf>

12. Vazhov S.V., Rusanov G.G., Vazhov V.M., Matsyura A.V. (2020). Floristic finds in the southeastern part Altai Krai // Ukrainian Journal of Ecology, 10(6), 178-184.

<https://www.ujecology.com/articles/floristic-finds-in-the-southeastern-part-altai-krai.pdf>

13. Vazhov V.M., Bakhtin R.F. (2019). To the study of the Imperial Eagle in the Altai. Acta Biologica Sibirica, 5 (3), 1-11. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i3.6350>

CHERDANTSEVA Elena Vladimirovna

student,

Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University,
Russia, Biysk

SABITOV Alexey Rafaelovich

master's student,

Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University,
Russia, Biysk

**ON THE QUESTION OF THE BIODIVERSITY OF THE ELTSOVSK RESERVE
(SALAIR RIDGE)**

Abstract. *There are 118 specially protected natural areas on the territory of the Altai Territory. The flora of the reserve mainly consists of derivative birch and aspen forests, occasionally there are phytocenosis with the participation of Siberian pine. The animal world of the reserve is displayed by a characteristic black taiga complex. The activities of the Yeltsovsky Reserve, both environmental and research, are now focused on the analysis and settlement of existing environmental problems to increase the efficiency of conservation of ecosystems, flora and fauna, both for individual species and their complexes.*

Keywords: *Altai Territory, Eltsovsky Reserve, biodiversity, flora, fauna, black taiga.*

Как видно из рисунка, перрон имеет большое количество мест стоянок. Схемы движения спецтранспорта и средств перронной механизации проходят преимущественно вдоль мест стоянок воздушных судов, а также находятся на пересечении рулежных дорожек [5].

На перронах аэропорта Пулково для обслуживания воздушных судов и пассажиров осуществляется движение различных спецтранспорт. Спецтранспорт предназначен для обслуживания пассажиров, воздушных судов, обслуживания и обработки грузов, содержания и уборки аэродрома, а также существует вспомогательное оборудование и оборудование для службы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов [5].

На основе Инструкции по организации движения спецтранспорта и средств перронной механизации на гражданских аэродромах Российской Федерации к Приказу № 82 Минтранса РФ от 13.07.2006 года, отмененного в 2021 году, разрабатывались локальные нормативно-правовые акты в аэропортах. Например, ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» была разработана Инструкция ДП СООДП 528-2020 «Организация движения спецтранспорта и средств механизации на аэродроме «Санкт-Петербург (Пулково)», в которой определены порядок движения спецтранспорта и средств механизации и иных транспортных средств на аэродроме Санкт-Петербург (Пулково), действия водителей и должностных лиц, ответственных за руководство подъездом (отъездом) спецмашин при обслуживании ВС [4].

Согласно инструкции, движение спецмашин на аэродроме осуществляется по установленным маршрутам – схемам расстановки и организации движения воздушных судов, спецтранспорта и средств механизации на перронах №1-7 [5].

Спецтранспорт во всех случаях обязан уступить дорогу рулящим или буксируемым воздушным судам, при этом расстояние между крайними точками воздушных судов и спецтранспорта должно составлять не менее 10 м [4].

Скорость движения спецтранспорта должна составлять:

1) при подъезде к обслуживаемому воздушному судну, отъезде от него и при маневрировании в зоне обслуживания составляет не более 5 км/ч;

2) при движении спецтранспорта по перрону к местам стоянок воздушных судов - 20 км/ч;

3) при движении спецтранспорта по аэродрому – 40 км/ч [5].

Нарушение скорости движения спецтранспортом на аэродроме может нести за собой серьезные последствия – столкновение с воздушными судами, с другим транспортными средствами, со зданиями аэропортового комплекса и т.д [4].

На период обслуживания специальных рейсов на территории аэродрома действует режим «СТОП», который предусматривает прекращение движение спецмашин на перронах или его участках. Ввод и отмена команды «СТОП» осуществляется по средствам внутренней радиосвязи [5].

Стоянки спецмашин на аэродроме находятся вблизи перрона. Они отведены с учетом безопасных расстояний до зданий, сооружений и воздушных судов. В зоне стоянки определены площадки для различного типа спецмашин и места для каждой спецмашины. Вне установленных мест на перроне стоянка, остановка, парковка и оставление спецмашины запрещены [4].

Подъезд (отъезд) и установка спецтранспорта в рабочее положение при обслуживании ВС выполняется в соответствии со «Схемами подъезда (отъезда) и маневрирования спецмашин при обслуживании воздушных судов в аэропорту «Пулково»» по сигналам подъезда (отъезда) под руководством работника, имеющего удостоверение на право руководства подъездом (отъездом). Несоблюдение схемы подъезда (отъезда), непонимание сигналов, невнимательность работника может привести к дорожно-транспортным происшествиям [5].

При совершении маневра водитель спецтранспорта обязан подавать световой сигнал указателя поворота, а также соблюдать дистанцию и учитывать габариты спецтранспорта. Не соблюдение данных требований может с легкостью привести к дорожно-транспортным происшествиям [4].

Нарушение организации движения спецтранспорта и средств перронной механизации на перронах, также, как и на дорогах общего пользования, может привести к дорожно-транспортным происшествиям. Спецтранспорт может столкнуться друг с другом, с оборудованием, расположенным на территории аэродрома, а также с воздушными судами. За 2021 год в аэропорту Пулково произошло около 160 нарушений правил движения. Наглядно это можно увидеть на рис. 2.



Рис. 2. Диаграмма распределения количества нарушений Правил движения на перроне аэропорта Пулково

Для организации безопасного движения спецтранспорта и средств перронной механизации, а также минимизации количества нарушений на перронах аэропортов необходимо комплексно подходить к данному вопросу. Для начала необходимо заняться вопросами обучения водителей: уделять большее внимание подготовки водителей, внедрять автоматизированные тренажерные комплексы, имитирующие движение по перрону определенного аэропорта. Также необходимо внедрять автоматизированные системы управления и контроля за спецтранспортом на основе правил и инструкций движения на перронах.

Литература

1. Инструкция по организации движения спецтранспорта и средств механизации на аэродроме «Санкт-Петербург (Пулково)» (ДП СООДП 528-2020).
2. Руководство по организации работы и обслуживания спецтранспорта аэропортов Российской Федерации (РОРОС-95).
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа – «<https://pulkovoairport.ru/>».
4. Тецлав И.А., Ярошенко Д.С. «Организация движения спецтранспорта и средств перронной механизации на аэродромах гражданской авиации Российской Федерации». Автомобильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика. Сборник научных трудов кафедры «организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск. – 2021.
5. Тецлав И.А., Кузнецов Д.Е. «Анализ количества нарушений спецтранспорта и средств перронной механизации на аэродроме «Санкт-Петербург (Пулково)». Транспорт России: проблемы и перспективы – 2021. Материалы Международной научно-практической конференции, Том 2. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко, Санкт-Петербург. – 2021.

IVANOV Roman Andreevich

cadet, Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after General of the Army
I.K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation, Russia, Novosibirsk

**ORGANIZATION OF THE MOVEMENT OF SPECIAL VEHICLES
AND APRON MECHANIZATION FACILITIES AT THE PULKOVO AIRFIELD
(ST. PETERSBURG)**

***Abstract.** Due to the increasing volume of traffic, the movement of special vehicles and apron mechanization is very intense. The more vehicles move around the airfield, the greater the possibility of their collision and the higher the risk of an accident. Another thing is that a large number of violations occur at the airfields of the Russian Federation, which in turn can lead to road accidents. This article discusses the basic principles of the organization of this movement.*

***Keywords:** special transport, apron, airfield, traffic organization.*



DOI 10.51635/27131513_2023_9_1_21

РЫСИН Андрей Владимирович

радиоинженер, АНО «НТИЦ «Техком», Россия, г. Москва

БОЙКАЧЕВ Владислав Наумович

директор, к. т. н., АНО «НТИЦ «Техком», Россия, г. Москва

НАЯНОВ Алексей Михайлович

нач. сектора, АНО «НТИЦ «Техком», Россия, г. Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ (НССС) ДЛЯ НАВИГАЦИИ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация. На современном этапе развития космических систем остро стоит вопрос о засорённости космоса спутниками различного назначения. Причём количество спутников возрастает громадными темпами. Так в системе Starlink предполагается использовать до 12000 спутников. В данной статье на основе анализа характеристик известных систем предлагается многофункциональное использование спутников при их оптимальном количестве.

Ключевые слова: цифровая фазовая автоподстройка частоты, схема Костоса, методы навигации.

Современные космические системы в радиодиапазоне, несмотря на своё разнообразие, имеют достаточно схожие характеристики, поэтому возникла необходимость в рассмотрении возможности их многофункционального использования с целью унификации устройств и уменьшения экономических затрат на создание аппаратов отдельного функционального назначения. Кроме того, современные системы связи потребовали для абонента знаний о его точной привязке к рельефу местности, а также знаний о местоположении КА для многопользовательской связи и Интернет, а это связано с использованием навигационных систем, что позволяет убрать ошибки связанные с неточностью определения координат. Помимо этого, при оптимизации радиотехнических параметров возникла необходимость многократного использования частотных диапазонов, что потребовало точной временной синхронизации для обеспечения перестройки по частоте и фазе по известным пользователю законам с целью сокрытия сигнала до уровня шумов при одновременной селекции по угловому направлению с целью улучшения энергетических характеристик и исключения влияния

на другие устройства. Ниже приведён анализ такого многофункционального использования.

Так как улучшение характеристик связано с навигацией, то сначала немного истории [1]. Впервые использовать спутники для навигации предложил проф. В.С. Шебшаевич в 1957 году. Такая возможность была открыта им при исследовании приложений радиоастрономических методов в самолетовождении. После этого в ряде советских институтов были проведены исследования, посвященные вопросам повышения точности навигационных определений, обеспечения глобальности, круглосуточного применения и независимости от погодных условий. Данные исследования были использованы в 1963 году при проведении опытно-конструкторских работ над первой отечественной низкоорбитальной системой «Цикада». Для осуществления навигационных измерений каждый спутник передает непрерывный сигнал на двух фиксированных когерентных частотах в УКВ-диапазоне (близких к 150 и 400 МГц). Приёмная аппаратура «Шхуна», размещённая на судне пользователя, регистрирует изменение частоты сигналов при прохождении спутника в зоне видимости, вызванное эффектом

Доплера, и по этому изменению, а также по закодированным в сигнале данным о параметрах движения спутника, рассчитывается местонахождение пользователя.

Передача навигационного сигнала на двух частотах используется для того, чтобы можно было ввести поправку на запаздывание радиосигналов при их прохождении через ионосферу Земли. В 1967 году был выведен на орбиту первый навигационный отечественный спутник «Космос-192», который обеспечивал непрерывное излучение радионавигационного сигнала на частотах 150 и 400 МГц в течение всего времени активного существования. Система «Цикада» была сдана в эксплуатацию в составе четырех спутников в 1979 году. Навигационные спутники были выведены на круговые орбиты высотой 1000 км с наклоном 83° и равномерным распределением плоскостей орбит вдоль экватора. Система «Цикада» позволяла потребителю в среднем через каждые 1.5...2 часа входить в радиокontakt с одним из спутников и определять плановые координаты своего места при продолжительности навигационного сеанса до 5...6 мин. Навигационная система «Цикада» использовала без запросные измерения дальности от потребителя до навигационных спутников. Наряду с совершенствованием бортовых систем спутника и корабельной навигационной аппаратуры, серьезное внимание было уделено вопросам повышения точности определения и прогнозирования параметров орбит навигационных спутников. В дальнейшем спутники системы «Цикада» были дооборудованы приемной измерительной аппаратурой обнаружения терпящих бедствие объектов, оснащенных специальными радиобуями. Их сигналы принимались спутниками системы «Цикада» и ретранслировались на специальные наземные станции, где производилось вычисление точных координат аварийных объектов (судов, самолетов и др.). Дооснащенные аппаратурой обнаружения терпящих бедствие спутники «Цикада» входили в систему «Коспас», которая совместно с американско-франко-канадской системой «Сарсат» образовывали единую службу поиска и спасания

«Коспас-Сарсат», на счету которой уже несколько тысяч спасенных жизней. Создавалась КНС «Цикада» (и её модернизация «Цикада-М») для навигационного обеспечения военных потребителей и эксплуатировалась с 1976 года. После 2008 года потребители КНС «Цикада» и «Цикада-М» были переведены на обслуживание системой ГЛОНАСС и эксплуатация этих систем была прекращена. Выполнить требования большого числа потребителей низкоорбитальные системы в силу существовавших тогда принципов, заложенных в основу их построения, не могли. Успешная эксплуатация низкоорбитальных спутниковых навигационных систем морскими потребителями привлекла широкое внимание к спутниковой навигации, что обусловило необходимость создания универсальной навигационной системы, удовлетворяющей требованиям подавляющего большинства потенциальных потребителей.

Недостатки системы «Цикада»:

1. Требует независимого задания скорости приёмника.
2. Даёт только 2 координаты.
3. Погрешность определения координат более 100 метров.

В связи с параметрами орбиты определение координат возможно только в течение 5-6 минут с интервалом от одного до полутора часов;

Существует достаточно много методов навигации, которые описаны в [2], но распространение получили разностно-дальномерные методы с наличием КА на геостационарных орбитах. Поэтому детально рассмотрим принцип функционирования системы ГЛОНАСС [3], которая пришла на смену, и выявим её преимущество и недостатки по сравнению с другими системами.

Задача системы навигации заключается в выделении сигнала по коду и передаче информации для выстраивания оптимального определения местоположения. Оптимальная когерентная обработка сигнала при наличии информации, заложенной при фазовом манипулировании с выделением необходимых параметров по частоте Доплера, осуществляется с помощью схемы Костоса [4], рисунок 1.

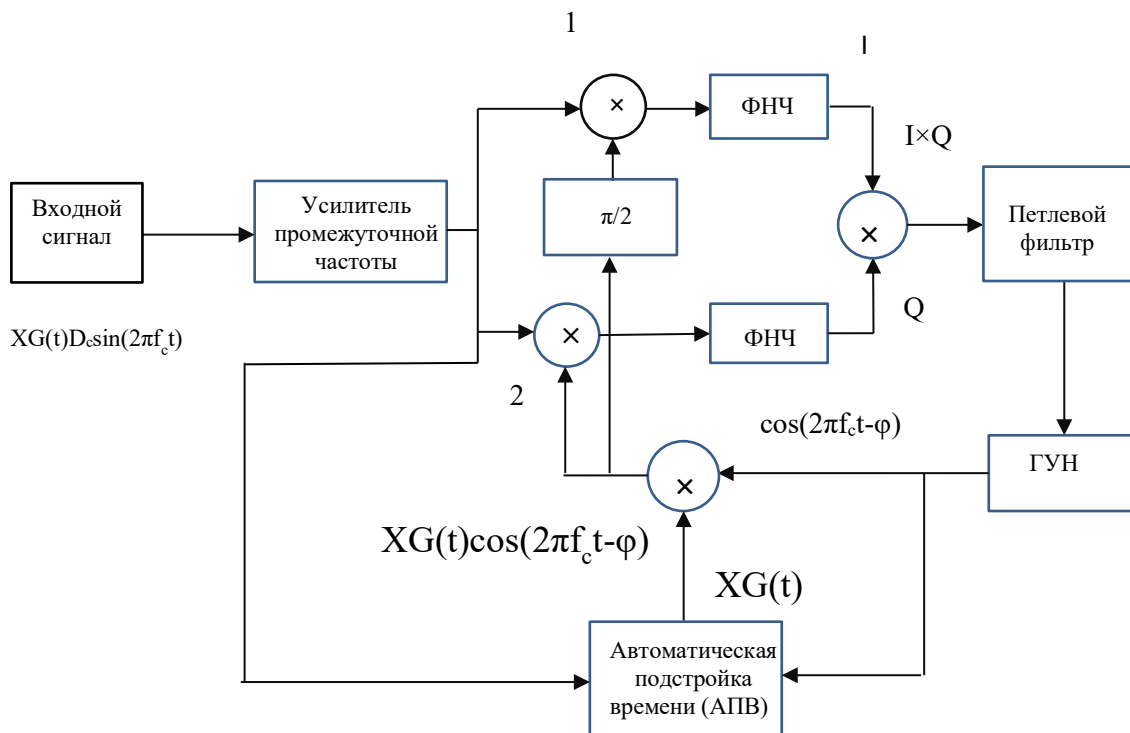


Рис. 1. Фазовая автоподстройка частоты по схеме Костаса

Здесь, с выхода усилителя промежуточной частоты (УПЧ) сигнал $XG(t)D_c(t) \sin(2\pi f_c t)$ поступает на фазовый дискриминатор, куда с другой стороны подаётся опорное напряжение $XG(t)D_c(t) \cos(2\pi f_c t - \phi)$. Фаза несущей частоты элементарных радиоимпульсов опорного напряжения отличается от фазы импульсов сигнала на ϕ . Близость времени запаздывания сигнала и опорного напряжения поддерживается системой АПВ (автоматическая подстройка по времени прихода). Фазовый дискриминатор имеет два канала, отличающиеся тем, что их опорные напряжения сдвинуты по фазе на $\pi/2$, т.е. находятся в квадратуре. Каждый из каналов представляет собой умножитель сигнала на опорное напряжение. Вырабатываемые ими напряжения фильтруются в фильтрах нижних частот (ФНЧ) в результате

$$U_{cm} \sin(2\pi f_c t) \times U_{om} \sin(2\pi f_c t - \phi) = 0,5 \times U_{cm} U_{om} [\cos(\phi) - \cos(4\pi f_c t - \phi)]. \tag{1}$$

$$U_{cm} \sin(2\pi f_c t) \times U_{om} \cos(2\pi f_c t - \phi) = 0,5 \times U_{cm} U_{om} [\sin(\phi) - \sin(4\pi f_c t - \phi)]. \tag{2}$$

На выходах ФНЧ:

$$I = 0,5 \times U_{cm} U_{om} \cos(\phi). \tag{3}$$

$$Q = 0,5 \times U_{cm} U_{om} \sin(\phi). \tag{4}$$

Сигнал ошибки:

$$I \times Q = 0,25 \times U_{cm}^2 U_{om}^2 \cos(\phi) \times \sin(\phi) = 0,125 \times U_{cm}^2 U_{om}^2 \times \sin(2\phi). \tag{5}$$

Нечто подобное было предложено в цифровой форме в системе навигации GPS [5] и ГЛОНАСС, рисунок 2.

чего образуются квадратурные составляющие (I и Q) сигнала рассогласования по фазе. В связи с тем, что исходный дальномерный сигнал $XG(t)D_c(t) \sin(2\pi f_c t)$ имеет манипулирование по фазе сообщением $D_c(t)$, составляющие сигнала ошибки I и Q изменяют свой знак в такт с информационными символами сообщения $D_c(t)$. Для устранения этого влияния используется операция умножения $I \times Q$, в результате чего сигнал ошибки освобождается от модуляции символами сообщения. Проанализируем правило формирования ошибки. Сигналы и квадратурные опорные напряжения на входе умножителей 1 и 2 (рисунок 1) будем считать гармоническими $U_{cm}(t) \sin(2\pi f_c t)$, $U_{om}(t) \sin(2\pi f_c t - \phi)$, $U_{om}(t) \cos(2\pi f_c t - \phi)$. Тогда на выходах умножителей получим:

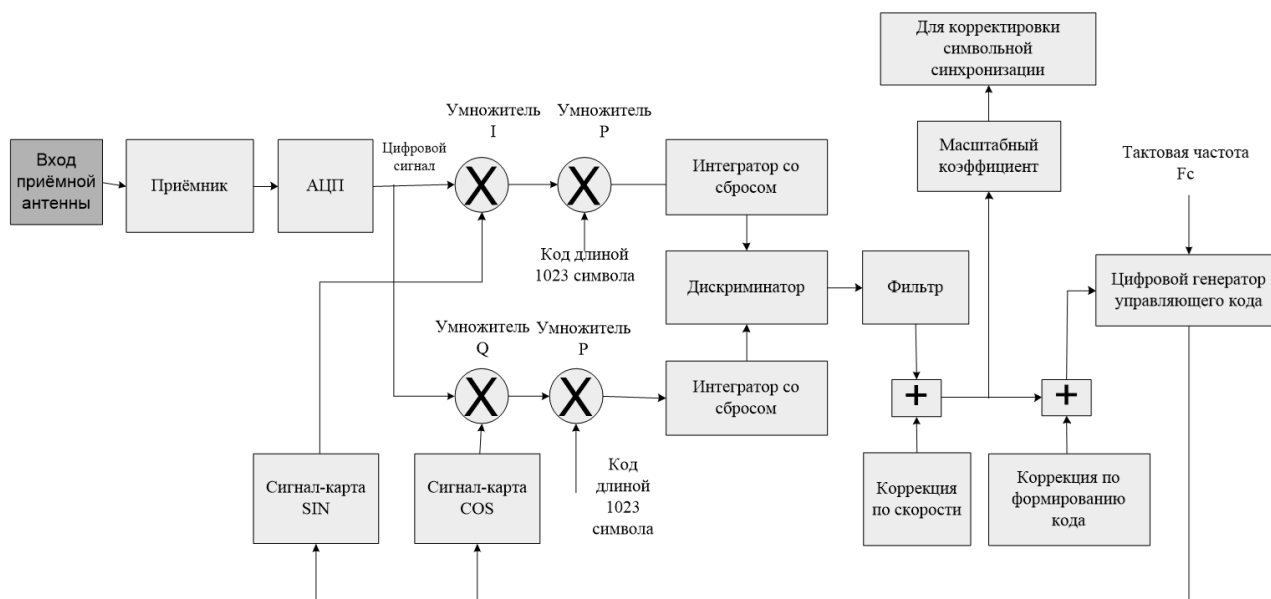


Рис. 2. Схема цифровой обработки, применяемая в системах GPS и ГЛОНАСС

При этом принцип подстройки основан на выделении сигнала по коду длительностью для GPS в 1023 импульса в 1 Мбит/сек и для ГЛОНАСС в 511 импульсов в 0,5 Мбит/сек. Соответственно при этом возможное смещение по доплеровской частоте относительно основной несущей частоты должно быть не более 500 Гц, так как изменение фазы из-за частоты Доплера в течении 1 мсек не позволяло правильно накапливать сигнал для подстройки по коду. Именно поэтому в системе GPS со спутников навигации используется передача сигнала на одной несущей частоте с использованием приёма сразу нескольких кодовых сигналов от 3-4 спутников с учётом того, что один из них будет обязательно захвачен на сопровождение. А далее по нему априорно выставляется доплеровское смещение частоты для других спутников. Понятно, что с системой ГЛОНАСС ситуация сложнее, так как используются разные несущие частоты с одним общим кодовым сигналом. Здесь приходится ждать пока спутник не окажется в нужной полосе доплеровских частот. Поэтому, так как используется общая микросхема иностранного производства для навигации, то при таком подходе, с использованием одинаковой цифровой обработки, система ГЛОНАСС уступает системе GPS по точности и времени подстройки в силу того, что накопление сигнала в 2 раза меньше и требуется иметь перестройку частоты с захватом по доплеровской частоте на каждый спутник для приёма кодового сигнала, который один на все спутники. При этом, как и в системе GPS

подстройка по доплеровской частоте может вестись только после подстройки по коду. Кроме того, используется наложение на кодовый сигнал навигационного сообщения со скоростью 50 бит/сек. Суперкадр длиной 7500 бит требует 150 секунд (2,5 минуты) для передачи полного сообщения и состоит из 5 кадров по 1500 бит (30 секунд). Каждый кадр состоит из 15 строк по 100 бит (2 секунды на передачу каждой строки), 85 бит (1,7 секунды) данных и контрольных сумм и 15 бит (0,3 секунды) на маркер времени. Строки 1-4 содержат непосредственную информацию о текущем спутнике и передаются заново в каждом кадре; данные включают эфемериды, смещения тактовых генераторов частот, а также состояние спутника. Строки 5-15 содержат альманах; в кадрах I-IV передаются данные на 5 спутников в каждом, а в кадре V – на оставшиеся четыре спутника. Это означает, что на выдачу первых данных в навигаторе уходит не менее 2,5 минуты. Эфемериды обновляются каждые 30 минут с использованием измерений наземного контрольного сегмента; используется система координат ECEF[en] (Earth Centered, Earth Fixed) для положения и скорости, и также передаются параметры ускорения под действием Солнца и Луны. Альманах использует модифицированные Кеплеровы элементы и обновляется ежедневно. Система ГЛОНАСС обеспечивает определение местонахождения объекта с точностью до 2,8 метра. При этом по состоянию на 2014 год сеть наземных станций насчитывала 14 станций в России, одну станцию в Антарктиде и одну в Бразилии.

Развитие системы предусматривало развёртывание восьми дополнительных станций на территории России и нескольких станций за рубежом (дополнительные станции будут размещены в таких странах как Куба, Иран, Вьетнам, Испания, Индонезия, Никарагуа, Австралия, две в Бразилии, и ещё одна дополнительная будет размещена в Антарктиде).

Защищённый сигнал повышенной точности предназначен для авторизованных пользователей, таких как Вооружённые силы РФ. Сигнал передаётся в квадратурной модуляции с открытым сигналом на тех же самых частотах, но его псевдослучайный код имеет в десять раз большую скорость передачи, что повышает точность определения координат. Хотя защищённый сигнал не зашифрован, формат его псевдослучайного кода и навигационных сообщений засекречен. По данным исследователей, навигационное сообщение защищённого сигнала $L1-1602 \text{ МГц} + n \times 0,5625 \text{ МГц}$ ($L2-1246 \text{ МГц} + n \times 0,4375 \text{ МГц}$) передаётся со скоростью 50 бит/с без использования манчестер-кода, суперкадр состоит из 72 кадров размером

по 500 бит, где каждый кадр состоит из 5 строк из 100 бит и требует 10 секунд для передачи. Таким образом, всё навигационное сообщение имеет длину 36000 бит и требует для передачи 720 секунд (12 минут). Предполагается, что дополнительная информация используется для повышения точности параметров солнечно-лунных ускорений и коррекции частоты тактовых генераторов. Так как значения частоты Доплера на низких орбитах превышают частоту Доплера на геостационарных орбитах более чем в 100 раз, то поэтому желательно, в качестве достижения преимущества навигационной системы ГЛОНАСС над системой GPS, использовать подстройку по доплеровской частоте не дожидаясь выделения по коду за счёт разделения сигналов спутников по частоте на 400-500 кГц, как это предложено в [6, 7], что исключает попадание несущих частот от двух спутников в один и тот же канал приёма навигационного кода. При этом, можно применить обработку радиосигнала на ПЛИС по схеме рисунок 3.

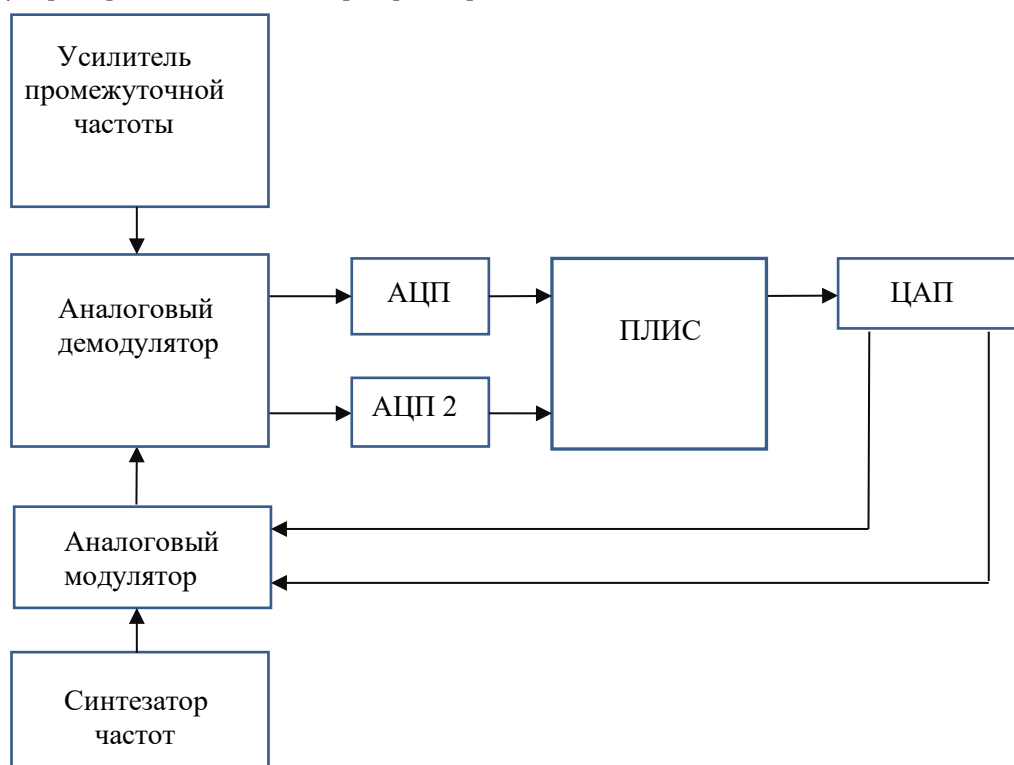


Рис. 3. Схема навигатора на ПЛИС с подстройкой по частоте Доплера вне ПЛИС

Такая схема позволяет использовать независимую подстройку по частоте и кодовому сигналу. Причём использование АЦП в 14 бит позволяет получить преимущество и в точности определения по местоположению при наличии 8192 градаций по амплитуде, так как

повышение точности между дискретными тактами АЦП обеспечивается при накоплении сигнала на основе разницы амплитуд по ближайшим 3-4 выборкам тактов следующих через 152 МГц. Возможен также вариант навигатора и более простой по исполнению на рисунке 4.

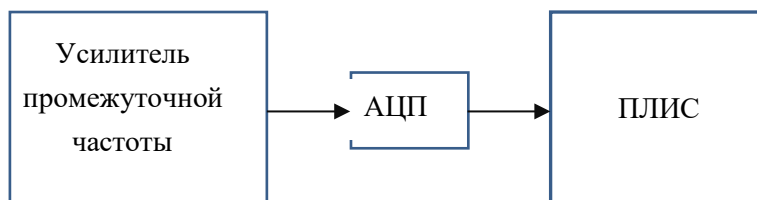


Рис. 4. Вариант навигатора на ПЛИС с подстройкой по частоте Доплера внутри ПЛИС

Однако в варианте рисунка 4, точность подстройки по фазе по смещению доплеровской частоты будет не 3 градуса как по рисунку 3, а порядка 45 градусов. При этом схема по рисунку 4 работает на промежуточной частоте порядка 10 МГц и скорость передачи при этом будет 3 Мбит/сек, и это не позволяет использовать импульсы в 38-40 Мбит/сек, что необходимо для Интернет. Неточность по фазе можно сократить до 11,25 градусов, но потребуется увеличить количество АЦП и ПЛИС в 4 раза со смещением тактовых импульсов в каждом АЦП на 90 градусов по отношению друг к другу. Если для навигации вариант по рисунку 4 вполне достаточен, то для Интернет нужен вариант по рисунку 3. Однако это не значит, что для выполнения частных задач, например, при телефонном способе связи (ТЛФ) с совмещением навигационных функций, нельзя использовать соответствующим переключением режимов вариант по рисунку 4, так как он требует меньшие энергетические затраты. Эта схема предпочтительна при многочастотной обработке сигналов от абонентов, что будет показано несколько ниже.

Как известно приемник GPS использует небольшие и довольно точные электронные часы. Их точность составляет 10^{-9} с, в то время как точность атомных часов, используемых спутниками – 10^{-12} с. Это вызывает появление существенной ошибки в определении координат, для устранения которой необходимы дополнительные данные спутниковых измерений. В итоге, для получения точной информации необходимы данные по четырем спутникам для наземных и воздушных измерений и по трем - для морских (радиус и координаты центра четвертой сферы совпадают соответственно с радиусом Земли и координатами центра Земли).

Аналогичные проблемы оказались и для системы ГЛОНАСС, где необходимо было решить две задачи.

Первая - взаимная синхронизация спутниковых шкал времени с точностью до миллиардных долей секунды (наносекунд). Эта проблема

была решена за счёт установки на спутниках высокостабильных бортовых цезиевых стандартов частоты с относительной нестабильностью 10^{-15} и наземного водородного стандарта с относительной нестабильностью 10^{-14} , а также создания наземных средств сличения шкал с погрешностью 3...5 нс. Понятно, что погрешность в 3-5 нсек (330-200 МГц) не может дать точность определения местоположения выше 0,9 -1,5 метра, если не учитывать амплитуду накопленных выборок с использованием сплайнов по 3-4 выборкам. Второй проблемой является высокоточное определение и прогнозирование параметров орбит навигационных спутников. Данная проблема была решена в результате проведения научных работ по учету факторов второго порядка малости, таких как световое давление, неравномерность вращения Земли и движение ее полюсов и т.п. Однако, требования к стабильности частоты в системе ГЛОНАСС выше в 10 раз по сравнению с GPS.

К недостаткам системы GPS и ГЛОНАСС можно отнести:

1. Необходимость использования раз и навсегда одних и тех же кодов и частот, что снижает их помехозащищённость, так как расположение станций помех на низких орбитах позволяет пере излучать такие коды на соответствующих частотах, что приводит к полной потере возможности определять местоположение объектов.

2. Накопление кода в 1 мксек с последующим сбрасыванием и использованием накопленных выборок для дальнейшей фазовой автоподстройки, даёт худшие характеристики по фазовой автоподстройке, чем, например, непрерывная цифровая фильтрация выборок с тактовой частотой 38 МГц из-за отсутствия мгновенной динамики реагирования на ошибку. Например, чтобы обеспечить первоначальную подстройку по частоте в 1 кГц надо иметь выборки для подстройки не реже чем через 4 кГц исходя из формирования дискриминационной характеристики с частотой в 4 кГц.

3. Отсутствует возможность реализовать метод отдельной начальной подстройки по частоте и коду, которая реализована в [6, 7], что не позволяет обеспечить подстройку за 100-300 мксек, а это необходимо для исключения влияния движения абонента на точность расчёта местоположения при использовании суммарно-разностного дальномерного метода, который позволяет сократить количество одновременно наблюдаемых спутников.

4. Такое накопление в ГЛОНАСС и GPS в течение 1 мсек со сбросом исключает её использование для подстройки по доплеровской частоте на низких орбитах, так как для низкоорбитальных спутниковых систем навигации скорость изменения частоты по Доплеру может составлять 1 кГц/сек при изменении самой частоты от нуля до 150 кГц. То есть за 1 мсек частота Доплера выйдет из петли обратной связи ФАПЧ.

5. Принцип непрерывного излучения навигационных спутников на геостационарных орбитах при обслуживании одновременно многих абонентов в угловой зоне всей видимой поверхности Земли не позволяет использовать преимущество концентрации энергии для обслуживания в нужном направлении для частных абонентов с повышением точности определения координат за счёт оценки уровня накопленных сигналов от нескольких соседних выборок тактовых сигналов с использованием сплайнов.

6. При геостационарной навигационной системе невозможно повышать помехозащищённость за счёт последовательной смены кодов для каждого бита информации, их длительности, а также менять несущие частоты, так как отсутствует частная линия связи с каждым абонентом.

7. Непрерывное излучение при геостационарном обслуживании изначально проигрывает запросно-ответной системе низкоорбитальных спутников также по энергетическим параметрам из-за дальности, нет возможности излучать сигнал навигации с разнесением во времени между абонентами со сменой параметров сигнала и когда это необходимо.

8. Непрерывное излучение сигналов GPS и ГЛОНАСС даёт возможность средствам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) легко находить и определять сигнал для реализации помех, в то время как запросно-ответная система имеет минимальное время работы на абонента, узконаправленный сигнал и возможность смены, как частоты, так и кодов, что исключает нахождение такого сигнала.

9. Отсутствие возможности использовать многофункциональные режимы, например, с совмещением функции связи (низкая скорость передачи информации в 50 бит/сек), навигации и дистанционного зондирования Земли.

10. Невозможность абонента платить за своё конкретное пользование услугами по радионавигации.

11. Отсутствие возможности определять местоположение при наличии только одного или двух КА в силу использования только разностных сигналов.

12. Невозможность передавать информацию о своём местоположении близлежащим абонентам, на КА, а также командные пункты.

Поэтому, для устранения этих недостатков необходимо использовать низкоорбитальные комплексы навигации с наличием узконаправленных антенн на объекты, запрашивающие навигационные данные с возможностью гибкого использования мощности сигналов и различных кодов, частот и многофункциональных режимов.

Вначале остановимся на применении варианта определения местоположения объекта (абонента) на основе низкоорбитальных комплексов по методу ГЛОНАСС. В принципе режим ГЛОНАСС возможно было бы организовать и для низкоорбитальных систем спутниковой связи (НССС), если бы одновременно было бы видно четыре спутника. Собственно в таких низкоорбитальных системах для Интернет как One Web ($18 \times 36 = 684$ КА) и Starlink (12000 КА) эта проблема была бы решена, если бы антенны КА этих систем имели бы пересечение секторов обзора при реализации размещения антенн с соответствующими секторами обзора по всей поверхности Земли даже на экваторе как показано на рисунке 5.

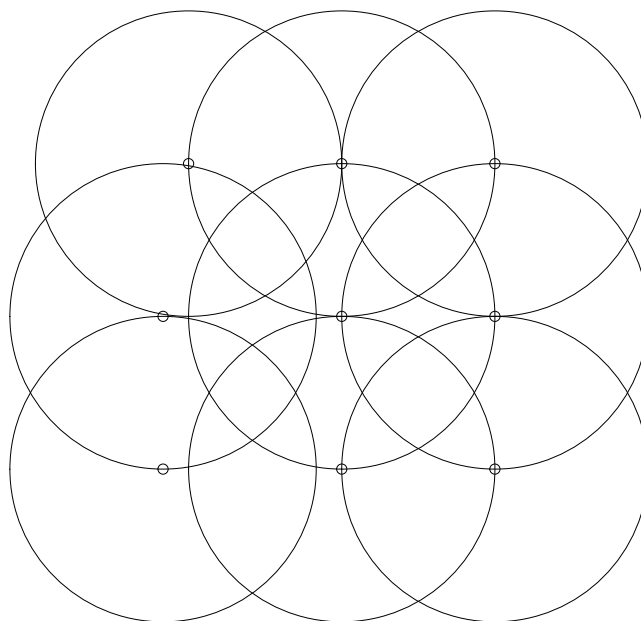


Рис. 5. Расположение пятен от спутников НСС с зоной перекрытия на широтах около полюсов Земли

Однако для функционального использования One Web и Starlink с целью обеспечения Интернет требуется поток информации до 150 Мбит/сек при ограниченном количестве спутников. Здесь требуется минимальная дальность до абонента, и используются узконаправленная антенна не только для КА, но и для абонента, и здесь уже необходимо использовать данные от GPS для направления антенны абонента на спутник. Это сужает сектор обзора и обслуживаемого пятна Земли. Именно поэтому используется большое количество КА (не менее 600-684 для One Web, вес 147,7 кг, высота 1200 км). Общая масса спутников, выводимая на орбиты, равняется 101026,8 кг. У низкоорбитальных комплексов связи, таких как Iridium, сектор обзора достаточно большой (пятно диаметром 5185,6 км при высоте 780 км, вес спутника 689 кг), но используется малое количество КА (66 КА=6 КА×11 орбит). Поэтому вариант четырёхкратного перекрытия секторов обзора наблюдается только в широтах полюсов Земли по рисунку 5. Однако на экваторе такое необходимое перекрытие может быть обеспечено при использовании 66 КА×4=264 КА. Это количество КА конечно меньше, чем количество КА для One Web (684) в 2,59 раза, но всё равно достаточно велико. При этом общая выводимая масса спутников Iridium на орбиты равняется 181896 кг, что почти в 2 раза выше, чем выводимая общая масса спутников One Web. Экономический проигрыш в 1,2 раза сохраняется даже если учесть энергетические затраты по разнице высот выведения спутников. Но минимальное количество одновременно видимых КА от абонента для определения местоположения с учётом пересечения с рельефом

местности (привязка к рельефу местности необходима и КА для систем ГЛОНАСС и GPS) или при знании высоты полёта ЛА, в котором находится абонент, требует всего 3-х КА. И в этом случае требуется всего 198 спутников, с общей массой 136422 кг. И это уже сравнимо с вариантом One Web по общей массе и помимо связи здесь могут быть обеспечены функции по определению местоположения абонента. Если предположить вариант использования 98 КА×2=196 КА при весе одного спутника как у Iridium, то общая масса будет равняться 2×67522 кг, и даже при наличии 600 спутников One Web с учётом разницы высот выведения спутников по энергетическим затратам мы будем иметь преимущество над группировкой спутников One Web в 1,2 раза по экономической выгоде. Отсюда понятно, что для удовлетворения условиям определения местоположения объектов в любой точке Земли для НССС с выполнением многофункциональности надо искать оптимальное решение по количеству спутников, необходимому энергетическому потенциалу, угловому сектору обзора и методу определения местоположения, который позволяет сократить количество необходимых спутников для навигации. Понятно, что энергетический выигрыш получается в том случае, если луч антенны АФАР КА с максимальным коэффициентом усиления направлен на абонента, и при этом при реализации метода ГЛОНАСС и GPS на низких орбитах необходимо соблюсти максимальный угловой сектор обзора, что позволяет обеспечить перекрытие зон обслуживания. Реализацию такого КА с соответствующим размещением антенн АФАР мы показали в [6, 7], рисунок 6.

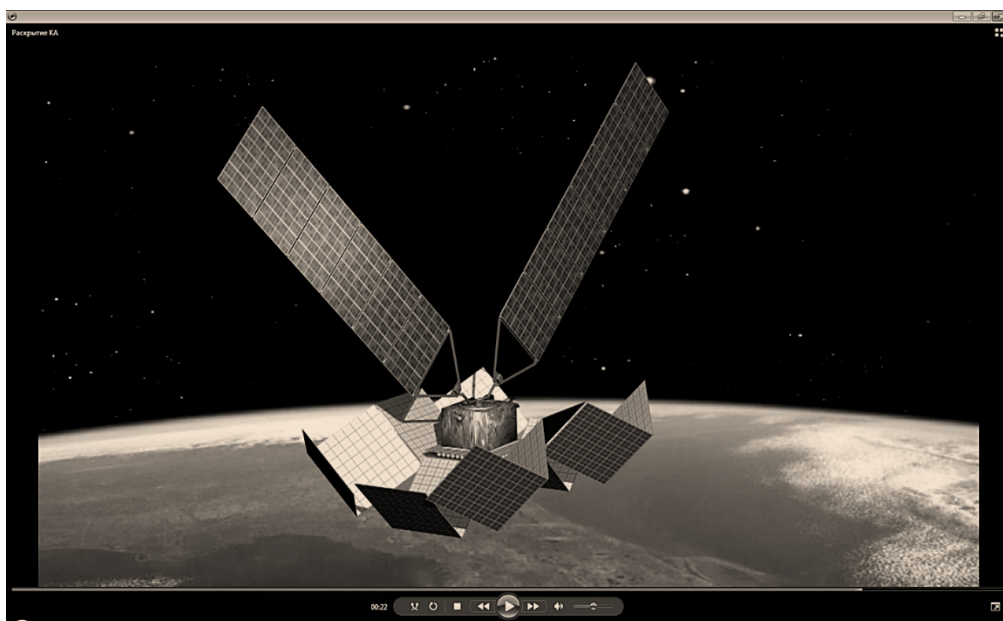


Рис. 6. Пример модели спутника для реализации способа навигации и связи при группировке в $7 \text{ КА} \times 14 \text{ орбит} = 98 \text{ КА}$ с расположением антенн для обзора пятна на Земле (диаметр 4852 км при высоте 650 км) в секторе 360° по углу азимута и 150° по углу места

Мы неслучайно говорили о схожести радиотехнических параметров, так, например, сам вид кодового сигнала подобного навигационному, но для связи и при коде в 128 бит используется (скорость передачи кода 1,23 Мбит/сек), например, в космической системе связи Globalstar, а это уже наталкивает на мысль по совмещению функций, так как в системе ГЛОНАСС также используются навигационные коды для передачи информации и цель заключается в том, чтобы увеличить скорость передачи информации до длины кода, что было сделано в [6, 7]. Таким образом, проблема использования навигационной системы по методу ГЛОНАСС (GPS) с наличием связи при соответствующем энергетическом потенциале касается лишь изменения доплеровской частоты порядка 150 кГц, как показано в [6,7] с увеличением при этом скорости передачи информации до уровня необходимого для ТЛФ и видеоконференций. Понятно, что при скорости передачи кода в 38 Мбит/сек при том же количестве пользователей и скорости передачи информации как в Globalstar длина кода может достигать 3954 импульса. Отметим, что, из-за высоких значений изменения частоты Доплера более 100 кГц, и отсутствии на тот момент времени необходимой элементной базы, в таких системах как Iridium и Globalstar были вынуждены использовать для подстройки отдельно пилот-сигнал, что даёт частотную подстройку на несущей частоте передаваемой информации вместо фазовой автоподстройки, и это ухудшает соотношение сигнал/шум. Соответственно сигнал кода в 1024 бит от системы GPS

тем более не мог быть схвачен для подстройки по частоте Доплера, так как вначале осуществляется подстройка по коду, а потом по частоте Доплера. Другого варианта система GPS не допускает, так как чтобы разделить сигналы от спутников по частоте Доплера надо вначале получить выделение сигнала по коду. Изменение частоты Доплера выше, чем 1 кГц, что эквивалентно накоплению кода в 1024 бита в течение 1 мсек в системе GPS разрушает код из-за смены фазы по доплеровской частоте. Поэтому необходимы технические решения, которые бы позволили убрать влияние изменения частоты Доплера в таких широких значениях. Одним из таких решений является использование расположения АФАР по рисунку 6. В этом случае при таком расположении лучей общим числом 60, в пределах одного луча происходит изменение частоты Доплера на $150 \text{ кГц} / [3 \text{ антенны} \times 2 \text{ луча}] = 25 \text{ кГц}$ (в Iridium используется для целей синхронизации по частоте 4 канала управления от КА на абонента и 9 каналов управления от абонентов на КА с учётом несущей частоты в 1,6 ГГц). Зная расположение антенн и лучей, можно в излучаемую несущую радиочастоту внести поправку так, чтобы в приёмном устройстве частота Доплера находилась в пределах от нуля до 25 кГц. Это позволяет использовать код длительностью всего в 20 мсек по методам навигации ГЛОНАСС и GPS, что соответствует скорости передачи информации в 50 кбит/сек (50 кГц), и такая скорость передачи информации применяется в системе Iridium. При этом подстройка по частоте Доплера в этом случае будет отличаться от метода GPS

тем, что многоуровневое квантование по амплитуде и использовании цифровых фильтров с тактом в 38 МГц для накопления по методу [6, 7], вместо накопления со сбросом в 1 мсек (1 кГц), обеспечивает лучшие условия для подстройки по частоте Доплера за счёт динамики мгновенного ответа по цепи обратной связи, и это обеспечивает возможность равенства в скорости передачи информации на уровне длительности кода навигации, а не в 20 раз меньше, как в системе GPS (50 бит/сек при длительности кода в 1 мсек). То есть, использование отдельной подстройки по частоте Доплера, а затем по коду, как показано в [6, 7] позволяет улучшить характеристики по чувствительности, точности сопровождения и длительности кода. В этом случае при приёме сигналов от разных КА или абонентов используется разделение по несущей частоте, что применяется в системе ГЛОНАСС. Ещё раз напомним, что излучение сигналов на одной несущей космическими аппаратами НССС, но с разными кодами не позволяет использовать отдельный режим подстройки по частоте Доплера и кодам.

В отличие от системы связи Iridium в 66 КА (возможно и 77 КА), где каждый КА имеет 6 активных фазированных антенных решёток (АФАР) по 53 активных элемента (патч) в каждой АФАР, в КА по рисунку 6 используется 15 разнонаправленных АФАР по 256 активных элемента (патч) в каждой. Это соответствует отклонению луча узконаправленной антенны в пределах $\pm 15^\circ$ в дальней зоне. При этом с помощью АФАР системы Iridium формируется одновременно 48 лучей. В этом случае в совокупности 48 лучей формируют подспутниковую зону диаметром примерно 5185,6 км при высоте КА

780 км. Общая группировка в целом формирует квазиплошную подспутниковую зону, охватывающую поверхность Земли. При этом в системе Iridium есть также межспутниковая связь на частоте 23,18 ГГц - 23,38 ГГц с полосой 200 МГц, что необходимо для обеспечения режима синхронизации. Всего каждый КА, для осуществления межбортовой связи, имеет 4 антенны и 4 тракта радиоэлектронного оборудования. В качестве антенн применены щелевые антенные решетки с усилением 36 дБ, управление диаграммой направленности каждой из антенн осуществляется по азимуту в пределах $\pm 5^\circ$. План частот предусматривает размещение в полосе 200 МГц 8-ми отдельных частотных полос для исключения взаимных помех между каналами. Скорость передачи в каждой линии 25 Мбит/сек (общая скорость передачи информации 200 Мбит/сек). Есть также метод временного разделения каналов, структура кадра неизвестна.

Таким образом, видно, что при совмещении свойств НССС типа Iridium и Globalstar их КА способны в многофункциональном режиме, если, есть межспутниковая связь и осуществляется отдельная подстройка по частоте Доплера, по навигационному коду выполнять роль навигационной системы по методу ГЛОНАСС при обработке сигнала показанной в [6, 7]. Надо отметить, что при использовании узкого луча АФАР в 30 дБ одного из 15 полотен КА по рисунку 6, мы не обеспечим одновременного обзора и обслуживания абонентов в режиме навигации. В этом случае каждое полотно из 15 АФАР разбивается на 4 секторных (сегментальных) антенны по 64 активных элемента (патч) в каждом по рисунку 7.

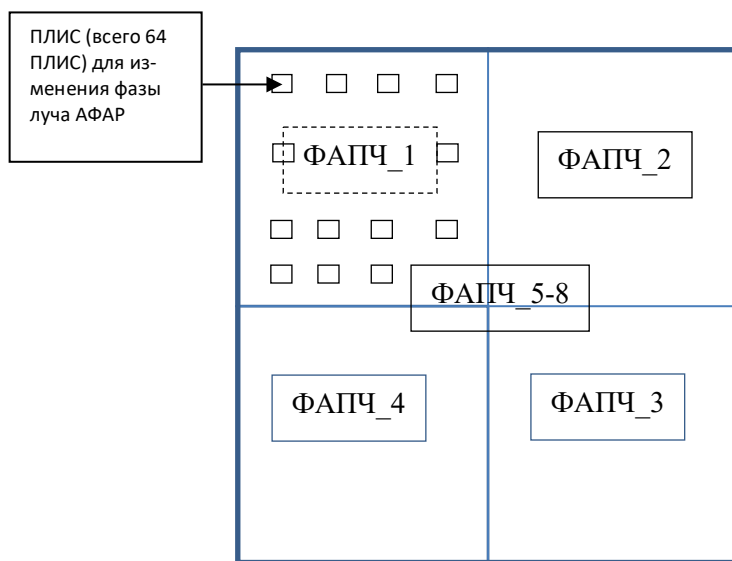


Рис. 7. Расположение ФАПЧ (рис. 3) при работе устройства по способу в режиме Iridium при 60 лучах одновременно и разбиении полотна антенны на 4 зоны по 64 элемента ПАТЧ (всего 256 активных элемента в полотне АФАР)

В результате мы получаем коэффициент усиления антенн в каждом секторе аналогично коэффициенту лучей Iridium, и имеем 60 лучей одновременно, но с тем преимуществом, что у нас нет потерь связанных с большим отклонением луча в $\pm 60^\circ$ с ослаблением энергетического потенциала в 2 раза, а также не используется схема Батлера (размер в Iridium одного полотна из 3-х $1860 \times 860 \times 40$ мм) дающая многолучевой вариант с соответствующим уменьшением полосы пропускания антенны по частоте (в Globalstar для этих целей используется схема Бласса), что также вносит потери и не даёт возможности расширить диапазон частот до необходимых 200-300 МГц с целью исключения влияния среды на точность измерения по местоположению и снижает помехозащищённость. В варианте рисунка 6 отклонение луча от перпендикуляра к плоскости полотна антенны в дальней зоне всего $\pm 15^\circ$.

Оценим необходимую наименьшую длительность кода для навигации. В случае навигации по методу ГЛОНАСС (GPS) требуется одновременный приём сигналов от нескольких спутников, а это означает использование антенны абонента с приёмом со всех сторон $G_{аб} = 0,5$ (-3 дБ), что соответствует параметрам мобильного устройства Iridium. Надо отметить, что в системах Iridium, Globalstar, One Web, Starlink используются многочастотные режимы, что в усилителях мощности требует использование линейного режима («А»), но при этом снижается коэффициент полезного действия (КПД) в потребляемой мощности по сравнению с режимом («В») [8]. То есть, КПД выше при работе на одной частоте в усилителях мощности в режиме («В») вместо режима («А»), и это

$$F_{прм} = P_{прд} \times G_{прд} \times G_{прм} \times \lambda^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_{ш} \times D^2] = 13 \times 251 \times 0,5 \times (0,111)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (2,5 \times 10^6)^2] = 0,123 \text{ МГц} \quad (6)$$

Иными словами мы имеем полосу 0,1 МГц для передачи информации (минимальный код для навигации) в два раза выше, чем та, что используется в Iridium с потоком в 50 кбит/сек. Это связано с большей мощностью в дальней зоне и меньшей дальностью до пользователя. Кроме того отметим, что вариант с $G_{прд} = 251$ (24 дБ) применяется только в момент вхождения в связь, что позволяет использовать узкополосные сигналы в варианте 60 лучей одновременно, а далее используется $G_{прд} = 30$ дБ. При этом при анализе полосы в 0,1 МГц мы не учитывали преимущество из-за отсутствия потерь от диаграммо-образующих схем Батлера или Бласса и отсутствия потерь от отклонения луча

повышает коэффициент полезного действия усилителей мощности, работающих в режиме «В» (78%) в 1,625 раза больше, чем в режиме «А» (30%-48%). Собственно это видно по усилителям мощности стоящих в антенне Globalstar, которые выдают в многочастотном режиме 4,5 Вт, а в одночастотном режиме выдавали бы $4,5 \text{ Вт} \times 1,625 = 7,3 \text{ Вт}$, при том же энергетическом потреблении, то есть, столько же, сколько мобильное устройство Iridium. Соответственно мы можем повысить мощность в лучах (порядка 30 лучей), которые работают в дальней зоне в одночастотном режиме с 8 Вт как в Iridium до $8 \text{ Вт} \times 1,625 = 13 \text{ Вт}$. Одновременно для лучей, работающих в ближней зоне, мы это значение мощности можем снизить по сравнению с мощностью системы Iridium в 1,625 раз. Общий баланс потребляемой мощности в Iridium ($8 \text{ Вт} \times 48 \text{ лучей}$)/[2 скважность] = 192 Вт. В одночастотном случае с учётом увеличения КПД по режиму «В» он составит $(8 \text{ Вт} \times 1,625 \times 30 \text{ лучей} + 8 \text{ Вт} / 1,625 \times 30 \text{ лучей}) / [2 \text{ скважность} \times 1,625] = 165,4 \text{ Вт}$. Тогда, при дальности $D = 2500$ км, и частоте $f = 2,7$ ГГц ($\lambda = 0,111$ м) с коэффициентом усиления для каждой антенны КА из четырёх в одном полотне $G_{прд} = 251$ (24 дБ), $G_{прм} = G_{аб} = 0,5$ (-3 дБ), при мощности передатчика на один луч $P_{прд} = 13$ Вт и отношении сигнал/шум $q = 20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала $10^{-5} - 10^{-6}$ [9], для Iridium в разговорном (телефонном) режиме (ТЛФ) это $10^{-3} - 10^{-4}$), шумовой температуре $T_{ш} = 600$ К, k – постоянная Больцмана, необходимая полоса частот мобильного устройства для возможного приёма кодового сигнала навигации (потока информации) вычисляется по формуле:

в дальней зоне $\pm 60^\circ$ как в Iridium (у нас $\pm 15^\circ$). Отсюда минимальная длительность кода для навигации 10 мксек (380 импульсов в коде), это в 100 раз меньше необходимой длительности кода в 1 мксек для ГЛОНАСС и GPS (то есть, повышение частоты Доплера на низких орбитах в 100 раз компенсируется уменьшением длительности кода также в 100 раз) и даёт возможность сочетания режима навигации и передачи информации. Иными словами сигнал навигации может восприниматься как 1 бит информации в разговорном режиме по обслуживанию абонентов в такой системе как Iridium. Это даёт многофункциональное использование, с той лишь разницей, что для навигационного

сигнала будет использоваться свой код в 380 бит (напомним, что в Globalstar используется код в 128 бит). Неоднозначность по дальности от разных КА в пределах видимости, которая связана с тем что длительность кода равна 10 мксек, что составляет 3 км (для ГЛОНАСС это 300 км), может быть также решена на основе формата времени отсчёта кодов через каждые

8,28 мксек (2484 км), например, подобно тому как это осуществляется в системе Iridium, где без временной синхронизации КА и абонента невозможно обеспечить временное разделение сигналов. Из рисунка 8 можно видеть, что это эквивалентно времени выделяемого на приём (передачу) по обслуживанию одного абонента в системе Iridium в течение 90 мксек.

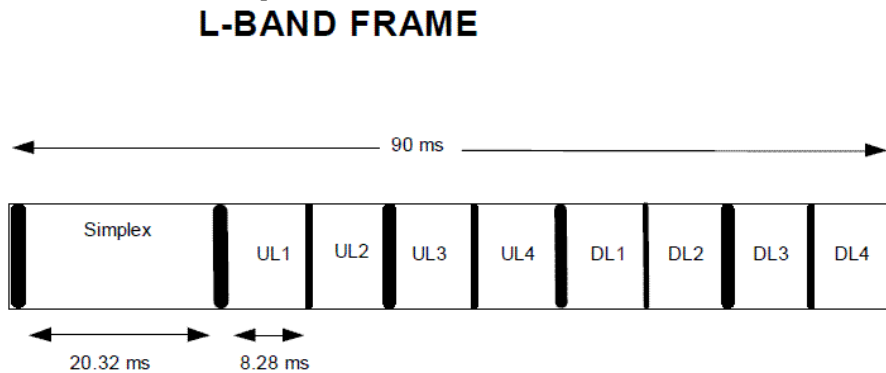


Рис. 8. Формат МДВР – кадра КА Iridium (UL1-UL4 – восходящие каналы, D4 – нисходящие каналы)

То есть, спутники Iridium, как и в системе ГЛОНАСС (15 бит (0,3 секунды) на маркер времени для абонента), требуют общую временную синхронизацию, и формат МДВР по рисунку 8 может быть обеспечен либо через знания о местоположении спутников и абонентов, либо на основании запросного сигнала от абонента (для этого используют сейчас в НССС Iridium пилот-сигнал) с анализом времени прихода по отдельному частотному каналу (иначе разделения во времени не получить) и подстройкой по частоте Доплера. То есть, всегда стоит вопрос подстройки по частоте и времени (коду). Однако не желательно использовать метод пилот-сигнала, так как при пилот-сигнале когерентная фазовая автоподстройка по частоте заменяется частотной автоподстройкой из-за переноса значения частоты Доплера на другую частоту. То есть требуется перенос значения частоты Доплера на несущую частоту информационного сигнала с ухудшением отношения сигнал/шум из-за отсутствия когерентной обработки непосредственно на сигнале и здесь необходимо использовать многочастотный режим с расходом мощности на пилот-сигнал. Отметим, что в способе быстрой фазовой подстройки [6, 7] можно использовать гибкий подход, и применить для подстройки по частоте и коду некоторое количество повторяющихся кодов навигации или с заранее известной последовательностью.

Определим вначале метод подстройки по частоте при излучении навигационного сигнала от КА на абонента. Как мы указывали

выше, в пределах одного луча происходит изменение частоты Доплера от нуля до 25 кГц с учётом использования поправки в КА несущей радиочастоты в зависимости от номера луча. Это может достигаться за счёт смещения несущей частоты на значение поправки по Доплеру за счёт балансного модулятора. При использовании метода быстрой подстройки по частоте по методу [6,7] за 100 мксек, полоса пропускания цифрового фильтра для определения начальной частоты Доплера должна быть порядка 100 кГц, то есть в 4 раза выше и эта величина соответствует необходимой вычисленной полосе в дальней зоне по формуле (6). При этом необходимо обеспечить начальный поиск по частоте Доплера так, чтобы частота Доплера попала в полосу от 20 кГц до 25 кГц, так как в этом случае определение начальной частоты по тактам в пределах 3-4 повторяющихся циклов будет в зоне 100 мксек. То есть, вначале, надо определить начальную частоту Доплера по количеству тактов, уместяющихся в полупериоде дискриминационной характеристики как это подробно описано в [6, 7] так чтобы подсчёт тактов не давал ошибку более 1-2,5 кГц. Само такое определение с установкой начала замыкания петли обратной связи в ноль дискриминационной характеристики фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) позволяет избежать захвата на сопровождение гармоник и выход из сопровождения от шумов. С целью попадания в полосу от 20 кГц до 25 кГц в устройстве абонента, последовательно, через 100 мксек смещается либо частота синтезатора

частот, либо изначально формируется в ПЛИС частота Доплера со смещением на 5 кГц с поступлением этого сигнала через ЦАП на балансный модулятор по рисунку 3. Возможно также изменение тактовой частоты подаваемой на АЦП, с учётом того, что АЦП работает как смеситель с переносом частоты. При этом, если сигнал тактовой частоты формируется в ПЛИС, то смещение может осуществляться за счёт переключения кварцевых источников генерации сигналов, поступающих на ПЛИС с их малым разносом по частоте. Возможно обеспечить такое периодическое смещение через каждые 100 мксек по частоте Доплера в излучаемом сигнале от КА в режиме «дозвона». В итоге максимальное время подстройки по частоте Доплера возьмём 1000 мксек с учётом возможного максимального изменения частоты Доплера в луче в дальней зоне на 50 кГц. Понятно, что использование параллельных каналов для подстройки по частоте Доплера сократит время подстройки, но приведёт к росту энергопотребления и масса – габаритных характеристик приёмника мобильного устройства абонента. Определим теперь необходимое время подстройки по коду. С этой целью отмечаем, что в ПЛИС используется разложение выборок с частотой 152 МГц на выборки с тактами по 38 Мбит/сек [6, 7]. Время на подстройку по коду на импульс в 38 Мбит/сек будет определяться длительностью кода (10 мксек, это 380 бит) и параллельной обработкой импульсов при распределении по тактам в 38 Мбит/сек [$380 \text{ бит}/4\text{ такта} \times 20 \text{ мксек}$]=1,9 мксек. Если определить сдвиг по тактам не через импульс, а через половину импульса, что улучшает точность подстройки, то будем иметь на подстройку по коду 3,8 мксек и добавим сюда подстройку по частоте Доплера в 1 мксек. В итоге время подстройки по частоте и коду составит 4,8 мксек. Далее в конце сигнала от КА мы можем использовать с учётом подстройки по коду удлинённый навигационный код почти в 100 мксек (3800 бит в коде), что в 10 раз повысит отношение сигнал/шум, а значит и точность определения такта с максимальной выборкой при накоплении для определения относительного времени прихода. Напомним, что в военных целях в GPS используется скорость передачи кода в 10 Мбит/сек с кодом накопления более 10000. Здесь также можно использовать фазовую подстройку уже на основании накопленного кодового сигнала по принципу GPS ещё большей длительности с учётом

первоначальной быстрой фазовой автоподстройки и более узких по полосе частот цифровых фильтров как это показано в [6, 7]. В общей сумме получаем 4,9 мксек на приём и обработку сигнала в мобильном устройстве от одного из 3-4-х КА для навигации без учёта в конце информации о КА. Так как у нас осуществляется отдельная подстройка по частоте и коду, то точность определения частоты Доплера может быть доведена за один цикл подстройки до 250 Гц (4 мксек), в то время как для ГЛОНАСС (GPS) она составляет за один цикл накопления кода 1 кГц (1 мксек).

Однако для учёта влияния среды необходимо с КА принимать и навигационный сигнал на другой частоте с разнесением порядка более 200 МГц. Например, для связи [10] используется диапазон 2,35 ГГц-2,55 ГГц, и эти значения соответствуют частоте передатчика системы HCCC Globalstar 2,4835 ГГц-2,5 ГГц при сужении полосы пропускания из-за диаграммо-образующей схемы. Напомним, что для системы «Цикада» этот разнос частот составляет 250 МГц (несущие 150 МГц и 400 МГц). Поэтому для более точной оценки влияния среды распространяющегося сигнала желательно переходить на диапазон 2,7 ГГц-3 ГГц с увеличением полосы пропускания, либо использовать иные способы по расширению диапазона. Как известно патч-антенна простейшей конструкции узкополосная (<5 %) [11], но специальные технические решения позволяют расширить рабочую полосу частот до 50 % и более или строить многодиапазонные антенны. Ширина полосы пропускания патч-антенны сильно зависит от расстояния между лепестком и металлической поверхностью играющей роль «земли-металлической поверхности». Чем ближе лепесток к «земле», тем меньше энергии излучается и больше запасается в ёмкости и индуктивности и тем выше добротность антенны. Грубо полосу пропускания антенны можно оценить по формуле:

$$\delta f / f_{res} = Z_0 \times d / (2 \times R_{rad} \times W) \quad (7)$$

Где d – расстояние от лепестка до земли, W – ширина лепестка (обычно половина длины волны), Z_0 – импеданс воздушного промежутка между лепестком и землёй, R_{rad} – сопротивление излучения антенны, Относительная полоса пропускания антенны линейно зависит от её толщины. Характерное значение импеданса воздушного промежутка 377 Ом, а сопротивление излучения 150 Ом, что позволяет упростить формулу:

$$\delta f / f_{res} = 1,2 \times d / W \quad (8)$$

Для квадратного лепестка на 3 ГГц, W будет 5 см. Толщина антенны в $d=0,5$ см (это обычное соотношение, которое берётся между квадратом лепестка и толщиной антенны, что видно по полосе пропускания антенны используемой в [10] $\{W=0,2$ [ГГц]/ $(1,2 \times 2,4$ [ГГц]) $=0,07\}$) даст относительную ширину полосы пропускания 12%. Отсюда имеем полосу 360 МГц. Напомним, что для ГЛОНАСС разнос частот между несущими частотами L1 и L2 составляет 356 МГц (для GPS порядка 347 МГц). Таким образом, проблема исключения влияния среды решается даже простым переходом в диапазон 3 ГГц. При такой частоте ещё допустимо планарное (параллельное) размещение плат по полотну антенны, в то время как при больших частотах уже требуется слотовое (перпендикулярное к полотну антенны) размещение плат, что даёт увеличение габаритных характеристик.

Однако одновременное излучение двух частот означает и наличие 2-х параллельных каналов на приём в мобильном устройстве. Также требуется, либо повышение мощности в каждом луче КА из 60 в 2 раза, либо увеличение кода навигации в два раза, возможно и компромиссное решение между мощностью и длительностью кода. Но в варианте навигации по методу ГЛОНАСС (GPS), можно начальные значения подстройки по коду и частоте, для каждой из несущих частот смещённых предположительно на 300 МГц, разнести во времени на величину 4,8 мксек, и только после этого выдавать от абонента последовательно (с наличием прерывания приблизительно на величину в 3 такта (152 МГц), что равно разнице прихода в 6 метров при ошибке от влияния среды в 4,5 метра) два кода по определению местоположения в 100 мксек с разнесением частот в 200-300 МГц. Это позволит выбрать среднюю величину по относительному времени прихода сигнала с учётом влияния среды. Итого, общее время $2 \times 4,8$ мксек + 200 мксек = 9,8 мксек. При этом последовательный разнос частот во времени для длинных навигационных кодов в 100 мксек не влияет на местоположение абонента и КА, так как первая космическая скорость составляет 8 км/сек, то за 100 мксек последнего навигационного кода изменение местоположения КА может составить всего 0,8 метра. Это в пределах точности определения местоположения в системах ГЛОНАСС и (GPS). Но и эта величина может быть учтена, так как движение КА имеет

постоянную траекторию. Это позволяет вычислить изменение по дальности по формуле:

$$d_{ка} = F_{доп} \times c \times T_{ка} / (2 \times f_0) \quad (9)$$

Здесь $d_{ка}$ – значение изменения дальности за время $T_{ка}=100$ мксек, c – скорость света, $F_{доп}$ – частота Доплера, f_0 – несущая частота. Соответственно здесь стоит задача определения поправки из-за последовательного излучения на основе длин треугольника, а это возможно при известной дальности от абонента до КА на начальной частоте, что возможно реализовать только при запросно-ответной системе. Кроме того, навигационные кодовые последовательности на разных несущих частотах можно ещё разбить с чередованием по времени по 20-50 мксек с кодами накопления 760-1900 бит. В этом случае неточность определения местоположения из-за последовательного излучения на разных частотах составит всего 0,16-0,4 метра. Далее необходимо определить потребность в навигационном сообщении для абонента. Заметим, что на передачу всего навигационного сообщения по методу ГЛОНАСС (GPS) в 36000 бит требуется 720 секунд (12 минут). Это составляет поток информации всего 50 бит/сек. В рассматриваемом случае обеспечивается поток информации в 100 кбит/сек, что даст передачу навигационной информации за 0,36 сек.

Однако для точного определения местоположения абонента по методу ГЛОНАСС (GPS) требуется одновременно принимать сигналы ещё от двух или трёх других спутников. Отсюда сложность этого метода в том, что необходимо устройству абонента одновременно принимать сигналы на 4 каналах, так как если для разнесённых частот от одного КА есть общий путь прохождения радиосигнала, то для разных КА этот путь прохождения радиосигнала не совпадает, и могут быть наложения сигналов во времени. Это приводит при использовании параллельно четырёх каналов на разных несущих частотах разнесённых, например, на 500 кГц-1 МГц, к росту энергопотребления и габаритных размеров устройства связи, которое в многофункциональном режиме будет использоваться для навигации. Как будет показано ниже энергопотребление и габаритные размеры возрастут ещё в 4 раза, если использовать метод повышения точности определения местоположения, что закладывается в новых разработках ГЛОНАСС и GPS. Таким образом, метод навигации ГЛОНАСС и GPS имеет ещё один существенный недостаток, который связан с

необходимостью использования параллельных каналов в мобильном устройстве абонента, и который, как это будет показано ниже, может быть решён за счёт запросно-ответной системы с определением дальности.

Поэтому в случае запросно-ответной системы более предпочтителен вариант, когда, наоборот, с мобильного устройства поступает запросный сигнал навигации на одной несущей частоте на 4 спутника в зоне обзора, и здесь нет проблемы наложения сигналов из-за разного расстояния прохождения сигналов. Соответственно возникает вопрос: «Хватит ли чувствительности приёмника КА, чтобы принять сигнал от мобильного устройства?» Так как система НССС предназначена для связи, то эта проблема решается, что реализовано в НССС Iridium. При этом мощность мобильного устройства в системе Iridium составляет 7 Вт. Это конечно меньше, чем мощность в 13 Вт, что может использоваться на больших дальностях в передатчике КА, и это приводит к падению полосы пропускания для информации с 0,1 МГц до 0,05 МГц как в Iridium. Поэтому, на первоначальном этапе, в этом случае имеется увеличение длительности кода до 20 мксек, вместо 10 мксек. Так как максимальная частота для необходимой чувствительности вместо 100 кГц имеет значение 50 кГц, то в этом случае для определения начальной частоты Доплера по тактам необходимо перейти к значениям в два раза ниже, и вместо подстройки в полосе 25-20 кГц использовать подстройку в полосе 12,5 - 10 кГц. Это в 2 раза увеличивает время на поиск для попадания в необходимую полосу частот Доплера. Однако если использовать более точное определение местоположения абонента по обработке в КА (а это кстати хотят добиться в системах ГЛОНАСС и GPS), например, в 4 раза, то для этого необходимо использовать параллельные каналы в приёмнике КА, тем более, что необходимость этого связана и с повышением количества обслуживаемых абонентов и для реализации многофункциональных режимов как это будет показано ниже. При этом рост масса-габаритных характеристик КА здесь не значителен по сравнению с самим полотном и есть источник в виде Солнца для пополнения энергетических затрат.

Рассмотрим сам метод повышения точности определения местоположения с учётом того, что повышение точности требуется для многофункционального использования и в качестве дистанционного зондирования Земли

(ДЗЗ). Здесь, сигналы аналогичные тем, что используются для ГЛОНАСС и GPS принимаются приёмным устройством КА, и при этом обработка сигнала на основе тактовой частоты дискретизации в 152 МГц позволяет получать точность местоположения с учётом накопления сигнала не менее 1-2 м. Эта величина только за счёт тактовой частоты в 152 МГц без учёта накопленных значений амплитуд по близстоящим 3-4 тактам частоты дискретизации в АЦП и использования сплайнов. Но, можно ещё повысить точность определения до 0,25 м-0,5 м (без учёта влияния среды распространения), если использовать 4 ПЛИС с наличием прямого и инверсного сигнала тактовой частоты, а также с учётом сдвига тактового сигнала дискретизации по фазе как синуса и косинуса. Иными словами аналого-цифровые преобразователи (АЦП) для каждого из 4-х ПЛИС отличаются друг от друга по смещению такта в прямом и инверсном виде и из-за сдвига тактов на 90 градусов. Это эквивалентно применению тактовой частоты дискретизации в АЦП порядка 608 МГц (это соответствует варианту требования наземных средств сличения шкал с погрешностью 3...5 нс), но с той лишь разницей, что мы будем иметь при нашем методе выигрыш по энергопотреблению, связанный с тем, что у нас энергетические потери возрастут в 4 раза, но при использовании одной частоты в 608 МГц, вместо четырёх значений по 152 МГц со сдвигом на 90 градусов, они возрастают в квадрате от частоты, то есть в 16 раз. Кроме того, уже в режиме слежения по частоте Доплера при приёме последнего удлинённого навигационного кода с учётом выборок от всех 4 ПЛИС при их усреднении повышается и точность когерентной подстройки. Понятно, что в нашем случае меньше и шумы квантования в АЦП и это позволяет повысить точность определения амплитуд накопленных сигналов в выборках, что также позволяет повысить точность определения координат с использованием сплайнов. Соответственно, такая общая суммарная тактовая частота в 608 МГц с использованием 4 ПЛИС нужна и в режиме радиовысотомера при дистанционном зондировании Земли при применении ЛЧМ сигнала с полосой модуляции (девиацией) в 300 МГц для точности определения рельефа местности как минимум в 0,5 метра. То есть, наличие параллельных каналов в приёмнике КА определяется как необходимостью обслуживания большого количества пользователей при связи, так и

повышением точности при навигации и применением многофункциональных режимов.

Далее отметим, что при обработке навигационного кода от абонента на КА можно также сократить время подстройки по коду в 4 раза, если использовать 4 ПЛИС в которых используется разложение выборок с частотой 152 МГц на выборки с тактами по 38 Мбит/сек. В итоге имеем время подстройки по коду на одной частоте

$$760 \text{ бит} / [4 (\text{ПЛИС}) \times 2 (\text{такта})] \times 20 \text{ мксек} = 1,9 \text{ мксек}.$$

Понятно, что подстройке по коду должна предшествовать подстройка по частоте, где важно попасть в область начального определения частоты в случае навигационного сигнала с мобильного устройства мощностью в 7 Вт в область частот Доплера лежащих в полосе от 12,5 кГц до 10 кГц. По рисунку 7 в каждом квадранте полотно в случае повышения точности по определению местоположения мы имеем по 4 ПЛИС, которые могут обрабатывать сигналы со сдвигом по частоте на 2,5 кГц и есть ещё 4 ПЛИС в центре полотна, которые можно связать по отдельности с ПЛИС каждого квадранта полотна АФАР. В этом случае общее время на поиск по частоте Доплера в полосе 12,5 кГц займёт 200 мксек, после чего на основании данных от ПЛИС в котором обнаружен сигнал превышающий порог с соответствующими характеристиками по частоте замыкается через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) данного квадранта петля обратной связи. Если исходить из изменения частоты Доплера в пределах одного луча из 60 в дальней зоне в пределах 50 кГц, то поиск по частоте Доплера составит 800 мксек. С учётом последовательной подстройки по коду по двум несущим частотам, разнесённым не менее, чем на 200 -300 МГц, времени на поиск по частоте Доплера на двух частотах по 800 мксек и времени накопления навигационных кодов по 200 мксек на каждую несущую частоту, мы получим информацию о временной задержке через $2 \times 800 \text{ мксек} + 2 \times 1,9 \text{ мксек} + 2 \times 200 \text{ мксек} = 5,8 \text{ мксек}$. Напомним, что время на обработку навигационного сигнала только от одного КА в устройстве абонента составило 9,6 мксек без учёта необходимости приёма одновременно навигационных сигналов от 4-х КА. Это означает, что вариант использования навигационного сигнала от абонента на КА для НССС более предпочтителен, чем вариант от КА на абонента, что сейчас используется в ГЛОНАСС и GPS. Отметим, что затраченное время в 5,8

млсек относится к варианту использования разностно-дальномерного метода с наличием двух излучаемых несущих частот для исключения влияния среды. Однако далее мы покажем использование суммарно-разностного дальномерного метода с сокращением количества используемых КА и с излучением от абонента одной частоты, что сокращает подстройку до 2,9 млсек.

Многофункциональный режим работы НССС с определением местоположения абонента требуется и для Интернет, режима видеоконференций, а также для разговорного режима при большом количестве абонентов, когда возможно использование узконаправленного луча в 30 дБ всего АФАР. Это означает, что режим в 60 лучей должен использоваться в короткие промежутки времени, в которые и следует на КА формировать навигационный сигнал. Но для того, чтобы использовать навигационные сигналы от абонента на космические аппараты оптимально с учётом выполнения функций связи необходимо вначале сделать привязку во времени начиная со «звонка». То есть, в режиме молчания мобильное устройство абонента должно потреблять как можно меньше энергии, но при этом, чтобы не расходовать энергию зря, необходимо знать (хотя бы приблизительно), когда космические аппараты работают в режиме 60-ти лучей. Это может осуществляться, например, через каждые 1-5 секунд, когда 4 КА, расположенные наиболее близко друг к другу будут каждый на своей несущей частоте ($f_{ка1}, f_{ка2}, f_{ка3}, f_{ка4}$) осуществлять передачу (в Globalstar время на дозвон составляет 10 сек). Причём данные частоты ($f_{ка1}, f_{ка2}, f_{ка3}, f_{ка4}$) в режиме 60-ти лучей повторяются через один КА как по долготе, так и по широте. Как было показано ранее, при коде длительностью в 10 мксек (380 бит) и при поиске по коду со сдвигом на половину импульса нам потребуется $(380 \text{ бит} / 2) \times 20 \text{ мксек} = 3,8 \text{ мксек}$. С учётом подстройки по частоте Доплера при наличии одной несущей и удлинённом навигационном коде в 100 мксек мы имеем сигнал по времени длительностью [1 мксек (поиск по частоте Доплера) + 3,8 мксек (поиск по коду) + 100 мксек (удлинённый навигационный код)] = 4,9 мксек. При этом остаётся ещё 3,38 мксек на дополнительную информацию, если исходить из общего сообщения от одного КА в 8,28 мксек как в Iridium (такое сравнение мы используем с целью указания, что режим навигации вписывается в общий режим работы по связи в

разговорном телефонном стиле {ТЛФ} и можно оценить преимущество по количеству обслуживаемых абонентов в дальнейшем) и решения проблемы по неоднозначности по дальности из-за времени распространения сигнала (8,09 мсек). При этом количество пользователей по связи равно количеству пользователей по навигации автоматически. Будем считать, что 1 бит информации у нас занимает 30 мсек, что повышает отношение сигнал/шум в 3 раза (это 112 бит информации). Соответственно на идентификацию спутника по номеру мы оставляем с запасом 9 бит (возможно 512 спутников). Это больше, чем необходимо для перекрытия по 4-м спутникам. Один бит даёт информацию о направлении движения спутника от северного полюса к южному полюсу, или наоборот. Далее 42 бит уйдут на указание значения счётчика времени во временном интервале от 1 часа до 1 нсек на КА. С учётом обновления эфемерид каждые полчаса этого интервала времени достаточно. Можно также указать местоположение КА в момент излучения запросного сигнала на связь с точностью до 0,1 метра с запасом, и если далее будет известно местоположение абонента, то можно обеспечить синхронизацию часов с выбором времени на излучение и принятие сигнала. Так при длине по экватору Земли 40075,696 км нам потребуется 29 бит, а по долготе при движении по меридиану от северного полюса до южного мы имеем 20 004, 275 км. Соответственно это 28 бит. Итого 57 бит определяет привязку КА по местности в самом худшем случае. Такая привязка по карте в дальнейшем позволит определять местоположение объекта при его движении относительно КА с помощью его собственных акселерометров, компаса или гироскопа, и датчиков скорости по координатам и обеспечивать определение нового местоположения используя данные от одного КА. Излучение запросных сигналов от космических аппаратов в режиме 60 лучей мы осуществляем одновременно, но с повторением 4 раза как в кадре системы Iridium по рисунку 8, то есть КА излучает запросный сигнал на своей частоте $4 \times 8,28 \text{ мсек} = 33,12 \text{ мсек}$. Поэтому два бита мы используем под информацию о номере запросного сигнала при его 4-х кратном повторении. То есть мы использовали 111 бит информации из 112 бит. При таком запросном режиме от КА нам достаточно обеспечить захват сигнала даже от одного КА. Понятно, что привязка к величине 8,28 мсек в режиме «дозвона» не обязательна и мы можем также

увеличить длительность сигнала от КА который формируется через каждые 1-5 секунды, если потребуется ещё поднять чувствительность запросного сигнала, так как сам кадр имеет длительность 90 мсек, и отсюда на режим передачи от КА можно использовать 45 мсек. Далее, после приёма и определения сигнала хотя бы от одного КА от времени начала сообщения через интервал в $4 \times 8,28 \text{ мсек}$ мы можем формировать запросно-ответный сигнал навигации уже от абонента на КА, в течении также 8,28 мсек. Иными словами, сигнал от абонента является навигационным по разностно-дальномерному методу с учётом его передачи на 4 КА, где в одном из КА будет осуществляться местоположение абонента. При этом сам навигационный сигнал для определения задержек с использованием двух частот, разнесённых на 200 -300 МГц для выявления ошибки от среды распространения, как это было показано ранее, составит по длительности 5,8 мсек. При этом не будет никаких мешающих воздействий от окружающей среды, так как захват будет осуществляться по информации по первому такту дискретизации с максимальной амплитудой. Если исходить из использования режима излучения для абонента как в системе Iridium, то у нас остаётся 2,48 мсек для информации от абонента. При использовании суммарно-разностного дальномерного метода, который будет показан ниже и с излучением от абонента одной частоты нам потребуется 2,9 мсек и для информации от абонента остаётся 5,38 мсек.

Для выявления необходимой информации от абонента, рассмотрим алгоритм определения задержек, и какая информация будет обратно поступать на абонента. Ранее мы отмечали, что время излучения на абонента при режиме в 60 лучей по всем КА имеет общую временную синхронизацию, и при этом передаётся информация о времени излучения в виде 42 бит. Оно потом используется для синхронизации по времени КА и абонента, исходя из известной дальности. Мобильное устройство абонента имеет режим первоначального поиска для вхождения в связь с одним КА из четырёх предполагаемых КА по значениям их частот ($f_{ка1}, f_{ка2}, f_{ка3}, f_{ка4}$). Мы знаем номер КА с каким была осуществлена связь (9 бит) и направление движения с севера на юг или обратно (1 бит), а также нам известен номер повторяющегося излучения от КА кратного четырём (2 бит) при цикле 8,28 мсек, так как мы фиксируем время захвата на сопровождение по превышению

сигнала над пороговым значением по удлинённому коду навигации. Эта информация передаётся от абонента к КА после циклов подстройки по частоте и коду. Отсюда мы можем вычислить в относительных временных единицах время, потраченное на обработку сигнала от КА в устройстве абонента. Так как нас интересует относительное время, а оно не превышает 8,28 мсек, а частота такта составляет 152 МГц (6,578947 нсек), то при грубом определении мы получаем величину в 1258560, что аналогично 21 биту информации. Далее 1 бит информации, мы потратим на определение того, подвижен абонент (например, это может быть летательный аппарат и тогда необходимо 4 КА для определения местоположения при разностно-дальномерном методе или знать высоту полёта относительно Земли) или находится в статичном состоянии. При этом отметим, что за 8,28 мсек пока идёт обработка сигнала в мобильном устройстве абонента при скорости 180 км/час объект переместиться на расстояние в 0,414 метра, что меньше, чем ошибка за счёт частоты такта в 152 МГц, которая составляет ±1 метр. Далее, мы должны указать в сообщении, какой режим работы нужен абоненту, это может быть чисто навигационный режим, смс-сообщение, телефонные переговоры, видеоконференция или Интернет, срочность заказа. На это уйдёт 4 бита. Один бит используется для указания отсутствия или наличия своей навигационной системы. Итого необходимо иметь 39 бит

информации для передачи от абонента на КА. Будем считать, что у нас один бит информации составляет 60 мсек, так как у нас чувствительность ниже в 2 раза на линии от абонента к КА. В этом случае мы имеем (2,48 мсек/69 мсек)=41 бит на информацию. Таким образом, у нас остаётся ещё 2 бита на случай выбора метода навигации. И ещё раз отметим, что информационный код может быть расширен, так как в кадре 90 мсек, и мы имеем 45 мсек на режим от абонента к КА, что составляет добавочно 11,88 мсек.

Далее мы используем тот же принцип, что применяется в системе ГЛОНАСС, но с передачей навигационного сигнала от абонента на 4 КА. То есть, навигационный сигнал от абонента длительностью в 8,28 мсек с указанием номера КА с кем была осуществлена связь принимается близлежащими КА, где формируется относительное время задержки исходя из времени превышения уровня сигнала над пороговым уровнем по удлинённому коду и времени синхронного начального излучения от КА. Эти относительные времена от КА с другими номерами, помимо того, который был указан в сообщении от абонента, передаются на КА номер которого был указан от абонента. В этом КА мы получаем задержки по формулам: $T_{зад1}=T_{ка1-аб} + T_{обр} + T_{аб-ка1}$; $T_{зад2}=T_{ка1-аб} + T_{обр} + T_{аб-ка2}$; $T_{зад3}=T_{ка1-аб} + T_{обр} + T_{аб-ка3}$; $T_{зад4}=T_{ка1-аб} + T_{обр} + T_{аб-ка4}$. Напомним сам принцип использования разностно-дальномерного метода рисунок 9.

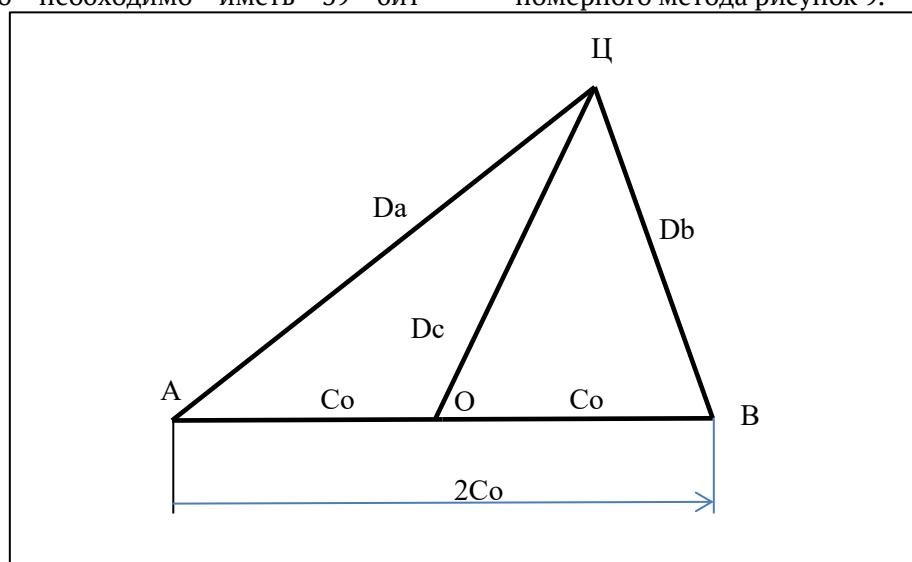


Рис. 9. Разностно-дальномерный метод

Этот метод измерения по задержкам, который является разностно-дальномерным методом, описан в [12]. Здесь измерение дальности осуществляется по формуле:

$$D_c = (2C_o - \Delta D_a^2 - \Delta D_b^2) / [2(\Delta D_a + \Delta D_b)] \quad (10)$$

Где: $2C_o$ = расстояние между двумя КА в метрах, $\Delta D_a = \tau_{за}c - C_o$ – разность дальности до абонента (точка Ц) между пунктами, расположенными в точке А (первый КА) и В (второй КА), учитывающего при расчёте значение базы C_o

между пунктами и время задержки $\tau_{за}$. $\Delta D_b = \tau_{за}c - C_0$ – разность дальности до абонента (точка Ц) между пунктами, расположенными в точках А и В, учитывающего при расчёте значение базы C_0 между пунктами и время задержки $\tau_{за}$. Однако в методе навигации по ГЛОНАСС (GPS) нам неизвестны значения $\tau_{за}$ и $\tau_{заб}$, а известно значение разности $\Delta\tau_{аб} = \tau_{за} - \tau_{заб}$.

Понятно, что в частном случае равнобедренного треугольника мы имеем $\Delta\tau_{аб} = 0$. Тогда, при неизвестных значениях D_a и D_b мы должны рассматривать плоскость значений дальности, для которых выполняется условие $\Delta\tau_{аб} = 0$. Если есть ещё одна некоторая точка С (третий КА) у которого, например, с точкой А (первый КА) или точкой В (второй КА) также выполняется условие равнобедренного треугольника, то мы будем иметь линию (пересечение плоскостей от значений дальности, в которых выполняются условие равенства задержек), которая будет иметь единственное пересечение с поверхностью Земли (при нахождении абонента на летательном аппарате (ЛА) это может быть поверхность высоты ЛА вместо рельефа местности), что и будет определять местоположение объекта. Использование четвёртого КА позволит определить местоположение абонента в виде точки, и без необходимости знать рельеф местности. В случае не нулевых разностей задержек $\Delta\tau \neq 0$, мы также будем иметь единственное место пересечения при трёх КА с поверхностью Земли, а учёт задержки от четвёртого КА также обеспечит наличие одной общей точки местоположения абонента, и которая может находиться даже не на поверхности Земли, например, на некотором летательном аппарате (ЛА). Таким образом, зная задержки: $T_{з12} = T_{аб-ка1} - T_{аб-ка2}$; $T_{з23} = T_{аб-ка2} - T_{аб-ка3}$; $T_{зад34} = T_{аб-ка3} - T_{аб-ка4}$; и другие их комбинации между КА, а также расстояния между КА и их местоположение относительно Земли можно определить местоположение абонента, используя на основе удовлетворения уравнений по определению дальности при котором выполняются указанные задержки по времени прихода навигационного сигнала на КА от абонента по нашей версии использования метода ГЛОНАСС (GPS). Далее, полученное значение по координатам абонента, а также координаты наиболее близко расположенного КА, а также скорректированное время для синхронизации счётчиков времени с учётом местоположения и временные параметры на режимы приёма и передачи, в

качестве информационного сообщения, передаются на приёмное устройство абонента от того КА с кем была уже налажена связь. Скорректированное время для синхронизации часов КА и абонента передаётся с учётом дальности, то есть времени прохождения от КА до абонента с осуществлением поправки от времени конца удлинённого навигационного кода от абонента до КА, по сигналу которого первоначально была осуществлена в устройстве абонента подстройка по частоте и коду. По навигационному сообщению от абонента на КА с учётом двухчастотного режима, общего тактирования сигнала на выборки в 608 МГц (это даёт точность по дальности $\pm 0,25$ метра и выше с учётом сплайнов по амплитуде накопленного кода по тактовым выборкам) с применением двухчастотного последовательного режима с коррекцией расстояния по формуле (9) и дальнейшего уточнения дальности во времени, мы можем получить синхронизацию счётчиков КА и абонента вплоть до такта с частотой 152 МГц, что составляет точность определения по дальности ± 1 метр и выше с учётом сплайнов по амплитуде накопленного кода по тактовым выборкам. При этом синхронизация часов позволяет в дальнейшем использовать для определения местоположения уже один КА, вместо трёх или четырёх КА как в системе ГЛОНАСС. Понятно, что нам не нужно передавать на абонента эфемериды, если мы уже можем сразу передать местоположение абонента, и при этом уже можно использовать однолучевой режим с коэффициентом усиления антенны в 30 дБ, так как местоположение известно, и можно подобрать режим излучения несущей КА такой, чтобы сразу обеспечить режим подстройки по частоте Доплера. Это в 4 раза улучшает отношение сигнал/шум по сравнению с режимом 60-ти лучей. Понятно, что местоположение абонента также передаётся по межспутниковой связи на все те КА которые прислали сообщение и это позволяет использовать для навигации и связи однолучевой режим для каждого из пятнадцати полотен АФАР КА, так как уже есть синхронизация часов КА и абонента и можно выбрать время когда лучи в 30 дБ всех четырёх КА будут одновременно направлены на абонента. После определения местоположения абонента, как показано в быстром способе подстройки по частоте Доплера [6, 7], мы можем улучшить отношение сигнал/шум (с учётом использования направленной антенны абонента, например, из двух патч {5 дБ вместо -3 дБ} на ближайший КА)

по сравнению с Iridium в 20 раз в режиме связи с абонентами, или снизить мощность излучения от устройства абонента. Это очень важно при использовании аккумуляторов как источников питания. Желательно также и некоторое компромиссное решение. Таким образом, режим запросно-ответной системы для НССС по сравнению с такими системами как ГЛОНАСС и GPS позволяет:

1. Сократить длину используемого навигационного кода с 1 мсек как в ГЛОНАСС до 1-10 мсек, что позволяет сочетать режимы связи с навигационным режимом (напомним, кодовый сигнал в 128 бит, который также может быть навигационным, уже используется для передачи сообщений в НССС Globalstar).

2. Поднять точность определения местоположения абонента за счёт передачи навигационного сигнала, наоборот, от абонента на КА, так как на борту КА возможно использование эквивалента по тактам в 608 МГц вместо 152 МГц как в устройстве абонента. Это позволяет повысить точность определения местоположения в 4 раза с ± 1 метра до $\pm 0,25$ метра, при условии точного определения координат КА и временной синхронизации счётчиков на КА, и это без учёта сплайнов при накоплении сигнала навигации по амплитуде.

3. Обеспечить синхронизацию часов абонента с часами КА вплоть до такта в устройстве абонента (если использовать синхронизацию по значению амплитуд в сплайне между тактами, то ещё выше), что позволяет определять дальность от КА до абонента без использования данных от других КА и определять

местоположение объекта по одному КА за счёт измерения дальности из разных точек по местоположению КА с исключением вариантов не лежащих на поверхности Земли при минимизации ошибки в точки пересечения дальностей от разных точек измерения.

Следовательно, уже на этапе перехода от геостационарных систем навигации по методу ГЛОНАСС (GPS) к низкоорбитальным системам есть неоспоримые преимущества, однако наблюдение одновременно 4-х КА обычно может происходить только в районе полюсов, поэтому желательно рассмотреть вопрос: «А можно ли сократить количество КА при использовании запросно-ответной системы навигации, например, до трёх КА и менее, вместо четырёх?».

Действительно, для однозначного построения пирамиды в пространстве достаточно знать три точки её основания по координатам от трёх КА и дальность до точек основания (КА) при разностно-дальномерном методе, и ясно, что роль трёх КА можно заменить одним КА, имеющим движение, если использовать запросно-ответную систему от трёх пунктов в движении.

Предположим, что рассматривается вариант определения местоположения абонента на плоскости (так как через любые три точки можно провести плоскость в пространстве), и ищется точка пересечения на основе известных сумм и разностей по дальности. Значение местоположения 3-х точек на плоскости (рисунок 10) определяется координатами $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_0, Y_0$.

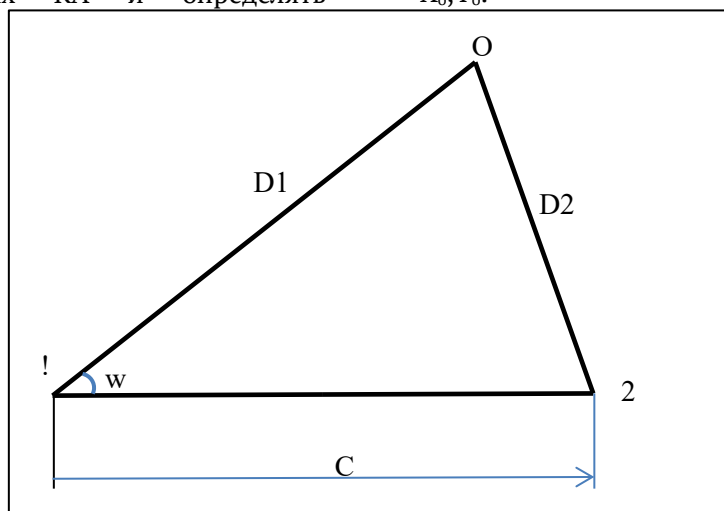


Рис. 10. Расположение двух КА и абонента в одной плоскости

При этом известны координаты и расстояние между точками 1 и 2, но неизвестны координаты точки O. Однако известна величина

суммы расстояний от точки 1 до точки O и от точки 2 до точки O: $D=D1+D2=const$. Данная постоянная величина образует некоторую

поверхность в пространстве. Известна также разность расстояний от точки 1 до точки O и от точки 2 до точки O: $d=D_1-D_2 = \text{const}$. Эта постоянная величина разности расстояний до точки O также формирует некоторую поверхность точек в пространстве. То есть, по отдельности использования эти два метода определения дальности требуют такое же количество КА, но у разностного метода преимущество в том, что для него не требуется наличия запросно-ответной системы с минимальной аппаратной задержкой для переизлучения, а недостаток касается того, что нельзя определить дальность (хотя бы приближённо) используя один КА, в то время как суммарный метод такую приближённую дальность позволяет определить. Поэтому мы считаем более перспективным использование сочетания этих двух способов, так как законы изменения суммы и разности разные, и это, несомненно, даёт пересечение поверхностей в объеме в виде линии. В этом случае мы имеем простейшую задачу на решение системы из двух уравнений с двумя неизвестными, которая имеет однозначное решение. Отсюда, можем записать $D_2 = D_1 \pm d$ (выбор знака d зависит от разности), $D = 2D_1 \pm d$. Далее можно вычислить значение $D_a = D_1 = (D \mp d)/2$, $D_b = D_2 = D - D_1$. Однако это решение касается значений на некоторой оси координат, на плоскости будет множество решений. Поэтому при решении на плоскости необходимо иметь ещё две точки расположенные на этой плоскости $(X_1, Y_1; X_2, Y_2)$, которые будут определять два симметричных решения, и эта неоднозначность устраняется за счёт известных углов от КА. Собственно, подставляя значения $D_a=D_1$, $D_b=D_2$ в формулу (10) мы получаем треугольник со всеми известными сторонами. Иными словами, все стороны треугольника на плоскости при известных значениях двух точек (с вычислением базы C), суммы от двух сторон и разности этих сторон дают однозначное местоположение.

Однако в пространстве, мы имеем равнозначное местоположение точки O в

перпендикулярной плоскости, что эквивалентно окружности по возможному местоположению абонента. Понятно, что эта проблема может быть решена с помощью третьего КА, что даст точку пересечения двух окружностей, если рассматривать вариант размещения абонента (точки O) на поверхности Земли или когда известна высота полёта абонента над Землёй, что также обеспечит точку пересечения. Таким образом, запросно-ответная система позволяет определять суммарно-разностным дальномерным методом местоположение абонента, если он виден одновременно двум или трём КА, а не четырём КА как в разностно-дальномерном методе в системах ГЛОНАСС (GPS).

Отметим, что здесь рассматривается возможность использования самого суммарно-разностного дальномерного метода в идеальном случае без задержек на обработку сигнала и аппаратной задержки, и в предположении неподвижных КА за время определения общей дальности, чего не бывает на низких орбитах из-за движения КА со скоростью 8 км/сек. Так за 17 мсек (прохождение сигнала от КА и обратно) КА изменит своё местоположение на 136 метров. Поэтому рассмотрим вариант использования двух КА в движении при запросно-ответной системе как эквивалент применения 4-х КА по системе ГЛОНАСС (GPS), так как за время запроса и ответа с задержкой внутри устройства абонента КА уже переместится в новую точку местоположения и отсюда мы имеем 4 точки. То есть, преимущество запросно-ответной системы для НССС состоит в том, что возможно оценить общую дальность от КА к абоненту и обратно, с учётом задержки в устройстве приёмника абонента, а перемещение КА за это время запроса и ответа даст ещё две дополнительные точки местоположения. Если абонент неподвижен на Земле или имеет малую скорость движения, то мы имеем перемещение КА с учётом вращения Земли по рисунку 11 с учётом 4-х точек местоположения двух КА.

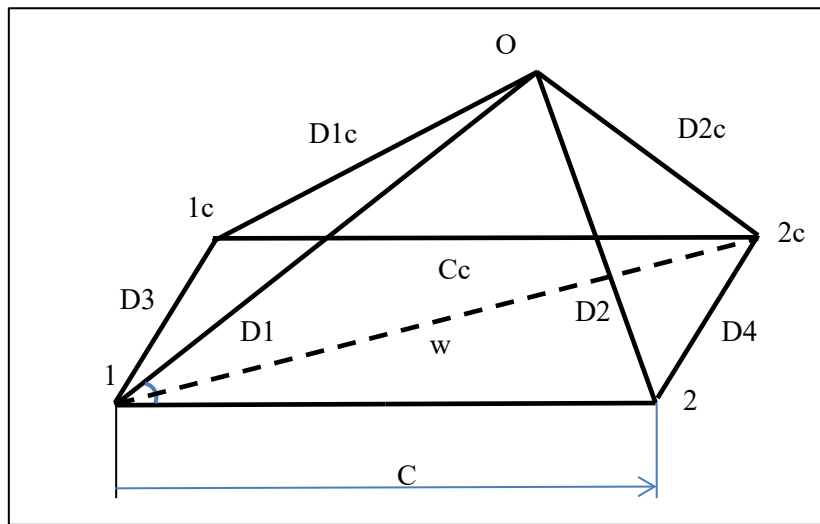


Рис. 11. Расположение двух движущихся КА и абонента с учётом перемещения при запросно-ответной системе навигации от точки 1 до точки 1с и от точки 2 до точки 2с

Решение задачи имело бы простейший характер, если бы между абонентом и КА была бы временная синхронизация, но в начальный момент определения местоположения абонента её нет. В этом случае при двух КА работающих по запросно-ответной схеме при суммарно-разностном дальномерном методе можно определить 2 значения расстояния от КА до абонента и обратно ($D_{1ka}=D1+D1c$, $D_{2ka}=D2+D2c$). Кроме того, можно вычислить разность расстояний от абонента до двух КА по нисходящей линии в момент прихода излучений от двух КА $D2 - D1 = \pm d$, где разность $\pm d$ вычисляется в устройстве абонента по разности времени прихода сигналов от двух КА с учётом последовательного их разнесения во времени и исключения этой последовательной задержки за счёт наличия синхронизации часов от двух КА. Соответственно определяется и разность расстояний от абонента до КА по восходящей линии в момент прихода излучения от абонента на КА $D2c - D1c = \pm d_c$. Так как мы имеем временную синхронизацию между КА, то при неподвижном абоненте даже в случае последовательного приёма абонентом сигналов от каждого из КА, мы можем учесть эту временную разницу в относительных единицах времени, и также вычислить разность прихода сигналов от КА с учётом местоположения КА за время последовательной обработки. Понятно, что время на обработку сигналов внутри устройства абонента также может быть учтено в относительных временных единицах и передано на КА для вычисления местоположения. Так как мы не имеем синхронизацию часов абонента и КА, то мы не можем вычислить разность между временем распространения излучения сигнала КА на

абонента и временем распространения излучаемого сигнала от абонента до КА в новой точке приёма. Поэтому вместо двух разностных значений мы имеем два суммарных значения по распространению сигнала от КА и обратно, которые мы можем вычислить. В этом случае две поверхности разностных значений от $\pm d$ и $\pm d_c$, дают в пространстве линию, одновременно и две поверхности от суммарных значений D_{1ka} , D_{2ka} также образуют линию. Точка пересечения этих линий даст местоположение абонента. Аналогичный результат мы получим, если вычислим значение $D1c$ через значение $D1$ в виде $D1c=D_{1ka}-D1$. Далее представим значение $D2c$ через $D1$: $D2c = D_{1ka} - D1 \pm d_c$. Соответственно $D2 = D_{2ka} - D2c = D_{2ka} - (D_{1ka} - D1 \pm d_c)$; $D1 = D_{1ka} - D_{2ka} + D2 \mp d_c$; $D1 = D2 \mp d$; $D - D2 = D2 \mp d$, $D2 = (D \pm d)/2$, $D1 = D_{1ka} - D_{2ka} + (D \pm d)/2 \mp d_c$. Величина $D = D1 + D2$ нам неизвестна, но является некоторой константой, и отсюда изменение $D1$ может касаться только изменения величин $X1$, $Y1$, $Z1$ относительно друг друга при неизменном значении $D1$. Таким образом, мы имеем шарообразную поверхность. Аналогичные шарообразные поверхности будут давать и значения $D2$, $D1c$ и $D2c$. Точка пересечения от этих всех шарообразных поверхностей определит местоположение абонента. В этом случае мы имеем равенства $X1 = X_{D2} \pm X2$, $Y1 = Y_{D2} \pm Y2$, $Z1 = Z_{D2} \pm Z2$, $X1 = X_{D1c} \pm X1c$, $Y1 = Y_{D1c} \pm Y1c$, $Z1 = Z_{D1c} \pm Z1c$, $X1 = X_{D2c} \pm X2c$, $Y1 = Y_{D2c} \pm Y2c$, $Z1 = Z_{D2c} \pm Z2c$. Соответственно: $D1 = (X1^2 + Y1^2 + Z1^2)^{1/2}$, $D2 = [(X1 \pm X2)^2 + (Y1 \pm Y2)^2 + (Z1 \pm Z2)^2]^{1/2}$, $D1c = [(X1 \pm X1c)^2 + (Y1 \pm Y1c)^2 + (Z1 \pm Z1c)^2]^{1/2}$, $D2c = [(X1 \pm X2c)^2 + (Y1 \pm Y2c)^2 + (Z1 \pm Z2c)^2]^{1/2}$. Таким образом, мы имеем три

неизвестных величины $X1, Y1, Z1$, но при этом с учётом времени обработки сигнала $t_{обр}$ и аппаратной задержки $t_{ап}$ имеем $D_{1ka}^* - c \times (t_{обр} +$

$$\begin{aligned} \pm d &= [(X1 \pm X2)^2 + (Y1 \pm Y2)^2 + (Z1 \pm Z2)^2]^{\frac{1}{2}} - (X1^2 + Y1^2 + Z1^2)^{\frac{1}{2}}; \\ D_{1ka} &= (X1^2 + Y1^2 + Z1^2)^{\frac{1}{2}} + [(X1 \pm X1c)^2 + (Y1 \pm Y1c)^2 + (Z1 \pm Z1c)^2]^{\frac{1}{2}}; \\ D_{2ka} &= [(X1 \pm X2)^2 + (Y1 \pm Y2)^2 + (Z1 \pm Z2)^2]^{\frac{1}{2}} + [(X1 \pm X2c)^2 + (Y1 \pm Y2c)^2 + (Z1 \pm Z2c)^2]^{\frac{1}{2}}; \\ \pm d_c &= [(X1 \pm X2c)^2 + (Y1 \pm Y2c)^2 + (Z1 \pm Z2c)^2]^{\frac{1}{2}} - [(X1 \pm X1c)^2 + (Y1 \pm Y1c)^2 + (Z1 \pm Z1c)^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (11)$$

Это система имеет решение даже при наличии трёх уравнений из четырёх, в силу того, что переменные на основе уравнений взаимосвязаны друг с другом и здесь неоднозначность от знака (\pm) решается на основе расположения лучей АФАР КА. Однако, в силу сложности разделения переменных, решение лучше искать методом последовательных приближений. При этом для исключения влияния среды на распространение сигнала можно излучение от КА на абонента проводить на несущих частотах, например, в области нижних частот диапазона антенны, а излучение от абонента на КА осуществлять в области диапазона верхних частот антенны с разномом на 250-350 МГц. В этом случае комбинации уравнений по три, в одном случае с использованием разности d , а в другом случае разности d_c позволят учесть влияние среды. Иными словами, запросно-ответная система с использованием суммарно-разностного дальномерного метода позволяет заменить параллельное излучение двух частот для исключения влияния среды на последовательное, в силу того, что местоположение абонента в одной точке как бы определяется два раза. На основе разностного сигнала от КА к абоненту и разностного сигнала от абонента к КА. При этом суммарные сигналы при использовании несущих частот на краях диапазона антенны сразу дают усреднённые значения.

Таким образом, в случае использования КА НССС в качестве навигационной системы, и отсутствии синхронизации часов абонента и КА, мы можем сократить количество используемых КА при применении суммарно-разностного дальномерного метода в 2 раза по сравнению с разностно-дальномерным методом. При этом появляется возможность учесть влияние среды не за счёт параллельного излучения несущих частот по краям диапазона антенны, а при последовательном излучении от КА до абонента на одной частоте, а от абонента до КА на другой частоте. Как и в разностно-дальномерном методе время обработки сигнала в устройстве абонента, при использовании суммарно-

$$t_{ап}) = D1 + D1c, \quad D_{2ka}^* - c \times (t_{обр} + t_{ап}) = D2 + D2c, \quad D2 - D1 = \pm d, \quad D2c - D1c = \pm d_c.$$

Отсюда получаем четыре уравнения с тремя неизвестными:

разностного дальномерного метода, также незначительно будет влиять на точность определения местоположения объекта, так как при скорости движения абонента в ЛА в 2500 км/час и обработке сигнала в течение 1 мсек местоположение меняется всего на 0,69 метра. Казалось бы, что суммарно-разностный метод подразумевает измерение сумм от КА до абонента и обратно, и при движении абонента в ЛА в 2500 км/час и времени распространения сигнала от КА до абонента и обратно $2 \times 8,28 \text{ мсек} = 16,56 \text{ мсек}$ ($2 \times 2484 \text{ км}$), мы будем иметь изменение местоположения абонента в 11,5 метра, что может восприниматься как ошибка. Но фиксируется местоположение по дальности в момент прихода сигнала (с учётом его общей длительности по времени, которая известна) на абонента и местоположение в момент излучения сигнала через время обработки в устройстве абонента (например, через 1 мсек). При этом местоположение абонента определяется не в момент прихода суммарного сигнала на КА, а фактически в момент излучения абонентом ответного сигнала. Отсюда делая периодические замеры, и зная разницу в местоположении абонента между замерами, мы можем также вычислить скорость и перемещение в пространстве ЛА. Следует отметить, что и эта величина ошибки из-за времени обработки в устройстве абонента может быть существенно снижена, если учесть тот факт, что ЛА при скорости в 2500 км/час имеют свою навигационную систему по измерению относительного движения в пространстве, что может быть также учтено и эти данные могут быть переданы на КА. Кроме того, относительная дальность изменения положения за время обработки между абонентом и КА на основании частоты Доплера может быть учтена по формуле (9). С учётом того, что в импульсе в 38 Мбит/сек мы имеем 4 такта в 152 МГц и расстояние между тактами равняется практически 2 метрам, то вхождение в режим синхронизации с выявлением максимальной амплитуды такта при накоплении навигационного кода уже

будет достигнуто при ошибке определения местоположения в 8 метров, что меньше чем ошибка из-за влияния среды в 4,5 метра и движения ЛА. Соответственно постоянная погрешность по выборкам позволяет определить и скорость движения абонента.

Чтобы сократить время обработки в устройстве абонента, которое также влияет на точность определения местоположения движущегося абонента, желательнее сократить как длительность самого запросного навигационного кода от КА к абоненту, так и время, затрачиваемое на формирование ответного навигационного кода от абонента к КА. Так, при длительности обработки навигационного кода в течение 8,28 мсек внутри ПЛИС с учётом первоначальной подстройки по частоте Доплера и навигационному коду, как это было показано выше при использовании 4-х КА в режиме ГЛОНАСС, при скорости движения абонента в ЛА в 2500 км/час, мы будем иметь неточность в местоположении в 5,75 метра, и это добавит ошибку вычисления дальности и местоположения, если не делать дополнительные замеры по определению скорости ЛА или не иметь дополнительных данных о движении ЛА в пространстве на основе его внутренней навигационной системы по относительному изменению местоположения в зависимости от его скорости. Поэтому для исключения ошибок, связанных с обработкой сигнала в устройстве абонента здесь необходим иной алгоритм определения местоположения, чем тот, который мы использовали выше при 4-х КА в варианте НССС, так как при разностно-дальномерном методе время обработки в устройстве абонента не влияет на результат. Но, благодаря запросно-ответной системе можно менять как навигационные коды, так и их длительность с учётом сосредоточения энергетического потенциала в нужном направлении на абонента с синхронизацией по времени и с учётом подстройки по частоте Доплера и навигационному коду с повышением отношения сигнал/шум. И это невозможно сделать в системе ГЛОНАСС и GPS.

В этом случае вначале необходимо обеспечить связь двух КА с абонентом в режиме 60-ти лучей с получением подстройки по частоте и коду. Напомним, что как, указывалось выше, по системе ГЛОНАСС подстройка по 4-ём КА происходит параллельно в режиме поиска и подстройки по кодам в мобильном устройстве на 4-х частотах. На это затрачивается 4,9 мсек в каждом параллельном канале и 3,38 мсек

уходило на информацию от КА (итого 8,28 мсек). С учётом того, что необходимо также использовать двухчастотный режим для исключения влияния среды, то общее количество параллельных каналов в устройстве абонента должно равняться восьми. Это конечно реализуемо, но требует неоправданного увеличения энергетических затрат и масса – габаритных характеристик. Кроме того, абонент будет в зоне обзора одновременно 4-х КА только в районах близких к полюсам (это удобно для привязки подводных лодок по координатам в северных широтах) и при методе ГЛОНАСС нет никакой возможности улучшить энергетические характеристики за счёт использования увеличения коэффициента усиления антенны в однолучевом режиме.

Поэтому, чтобы улучшить характеристики по энергетическому потенциалу, масса-габаритным характеристикам, а также по количеству используемых для навигации КА необходимо чтобы подстройка по частоте Доплера по этим четырём несущим частотам от КА и коду осуществлялась последовательно до захвата первых двух частот при применении суммарно-разностного дальномерного метода. Поэтому, запросный навигационный сигнал для первоначальной подстройки от КА должен излучаться каждые 1-5 секунд в течении 33,12 мсек по рисунку 8, так как мы не знаем, какие из 2-х близлежащих КА из 4-х КА с частотами ($f_{ка1}$, $f_{ка2}$, $f_{ка3}$, $f_{ка4}$) будут в пределах видимости абонента. Излучение запросного сигнала через 1-5 сек позволяет не тратить в режиме молчания энергоресурсы самого мобильного устройства абонента на обработку шумов без сигнала, а привязку часов с точностью до 10 мсек обеспечить достаточно легко, если в запросном сигнале указывать время КА с точностью до 1 мсек (в режиме молчания абоненту также не обязательно принимать запросные сигналы каждые 1-5 сек). Как указывалось ранее в сигнале от КА на абонента при рассмотрении метода навигации ГЛОНАСС в величине 4,9 мсек учитывается, что 1 мсек уходит на поиск по частоте в полосе 50 кГц, 3,8 мсек идут на подстройку по коду в 10 мсек, конечная подстройка по коду в 100 мсек сделана для улучшения отношения сигнал/шум в 10 раз. Кроме того, мы должны в конце последнего длинного навигационного кода, дающего улучшение сигнал/шум, выдать информацию, где 80 мсек (8 бит) определяют номер КА с какого пришло сообщение, 30 мсек (3 бит) определяют номер

повторяющегося цикла, который потом будет передан на КА и укажет цикл при котором обеспечена подстройка, 210 мксек (21 бит) это временной счёт от 3 минут до 0,1 мксек (заметим ещё раз, что обновление данных счётчика как и эфемерид на КА происходит каждые 30 минут). Напомним, что можно использовать короткий сигнал в 10-20 мксек (1 бит) для временной синхронизации, выдаваемый с интервалом 8,28 мксек, который обеспечит неточность выставления часов КА и абонента относительно друг друга до режима навигации на величину не более 8,28 мксек так как дальность от КА до абонента не превышает эту величину. Итого 4,9 мксек +320 мксек=5,22 мксек на один цикл. В интервале 33,12 мксек по рисунку 8 для режима приёма как в системе Iridium при 6 циклах мы можем выделить на цикл 5,52 мксек. То есть, у нас остаётся ещё 30 бит на добавочную дополнительную информацию от КА. Будем считать, что значение в $2 \times 5,52 \text{ мксек} = 11,04 \text{ мксек}$ учитывает тот факт, что сигналы от КА при излучении их одновременно в варианте 60-ти лучей могут приходиться к абоненту с разносом во времени в 8,28 мксек из-за задержки на распространение по дальности в разницу 2484 км.

После захвата сигналов от двух ближайших КА, в ответ от абонента излучается сигнал на одной общей частоте от мобильного устройства и подстройка по нему в приёмниках КА, как было показано ранее, займёт 2,9 мксек. Соответственно после кодового сообщения от абонента на запросный сигнал следует информация о времени окончания накопленных удлинённых кодов (максимально необходимое число, при такте в 152 МГц и при интервале задержки в устройстве абонента 33,12 мксек, соответствует величине 3634320), для чего требуется $2 \times 23 \text{ бита} (1,84 \text{ мксек})$ с соответствующими номерами КА по 8 бит ($2 \times 320 \text{ мксек}$) и указанием номера повторяющегося цикла по 3 бита ($3 \times 2 \times 40 \text{ мксек}$). Таким образом, от мобильного устройства на одной общей частоте передаётся сигнал длительностью 2,9 мксек +2,72 мксек=5,62 мксек.

Понятно, что для случая неподвижного абонента время обработки в устройстве абонента в 33,12 мксек роли не играет и может быть учтено в относительных временных единицах. Для абонента в виде движущегося ЛА со скоростью 2500 км/час мы будем иметь перемещение за это время на величину 23 метра. То есть, в реальности объект (абонент) может перемещаться. Однако мы уже говорили, что для

определения местоположения достаточно выбрать 3 уравнения из системы (11). Например, при выборе 3-х нижних уравнений с разностным сигналом d_c , с вычетом для суммарных сигналов D_{1ka} , D_{2ka} времени на обработку $t_{обр}$ и аппаратную задержку $t_{ап}$ которые умножаются на скорость света, мы будем определять местоположение абонента в момент излучения им сигнала на КА величиной 5,62 мксек из которых только первые 2,9 мксек необходимы для вычисления местоположения абонента. Соответственно ошибка определения местоположения при скорости ЛА в 2500 км/час составит 2 метра, что равно ошибке расстояния между выборками такта в 152 МГц без учёта сплайнов амплитуд этих выборок. Иными словами, такая ошибка находится в пределах одного импульса в 38 Мбит/сек при четырёх тактах в 152 МГц внутри импульса (8 метров). То есть, подстройка по коду уже будет осуществлена даже при такой скорости абонента. Таким образом, на первом этапе, представленном выше, при первоначальной подстройке по частоте и коду при запросно-ответных сигналах от двух КА мы можем суммарно-разностным дальномерным методом уже грубо определить местоположение абонента. Отсюда на втором этапе мы с учётом приближённых значений по местоположению абонента можем повысить энергетический потенциал в 4 раза, используя один луч в направлении абонента и в нужное время. Это позволит сократить длительность навигационного кода и соответственно время обработки этого сигнала в ПЛИС. Так, при коэффициенте усиления антенны в 30 дБ мы имеем ширину диаграммы направленности порядка 6 градусов [13] (на первом этапе при 60-ти лучах на КА это было 12 градусов). Таким образом, чтобы минимизировать влияние движущегося объекта из расчётов по дальности и для учёта влияния среды за счёт двухчастотного последовательного режима, необходимо разбиение на этапы, когда вначале осуществляется вхождение в синхронизацию по частоте Доплера и коду для двух КА с грубым определением местоположения абонента. При этом мы не учитываем, что на короткое время излучения запросного сигнала в течение, которое повторяется через 1-5 сек, можно повысить энергетический потенциал с улучшением отношения сигнал/шум с 13 Вт до $7 \text{ Вт} \times 64 \text{ патч} = 448 \text{ Вт}$ так как в многофункциональном режиме с учётом дистанционного зондирования Земли (как это будет показано ниже) всё равно требуются

использовать усилители мощности для патч в 7 Вт). То есть в этом режиме, нам как для системы GPS может не потребоваться вначале осуществлять поиск по частоте Доплера и сразу можно использовать подстройку по коду порядка 10 бит за время 10 мксек. В этом случае скважность импульса в 10 мксек с мощностью 448 Вт будет равняться $Q=35$ с равенством энергетических потерь как при 13 Вт. Понятно, что такой режим исключает практически влияние на определение местоположения в зависимости от обработки сигнала в устройстве абонента. Следовательно, мы имеем ещё одно преимущество многофункционального использования КА НССС, которое однозначно обеспечит подстройку по частоте и коду с необходимой точностью, с учётом использования режима определения местоположения абонента, в КА. После первого этапа наступает время второго этапа метода запросно-ответного определения местоположения на основе суммарно-разностного дальномерного способа с учётом двух КА и минимальным временем обработки в устройстве абонента.

Вычислим, что нам даёт использование луча в 30 дБ вместо 24 дБ.

Так, при дальности $D=2500$ км, и частоте $f=2,7$ ГГц ($\lambda=0,111$ м) с коэффициентом усиления для каждой антенны КА в одном полотне $G_{прд}=1000$ (30 дБ), $G_{прм}=G_{аб}=0,5$ (-3 дБ), при мощности передатчика на один луч $P_{прд}=13$ Вт и отношении сигнал/шум $q=20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-5} - 10^{-6}), шумовой температуре $T_{ш}=600$ К, k – постоянная Больцмана, необходимая полоса частот мобильного устройства для возможного приёма кодового сигнала навигации (потока информации) от КА вычисляется по формуле (6) и составляет 0,4 МГц. Отсюда минимальная длительность кода для навигации 2,5 мксек (95 импульсов в коде), это в 400 раз меньше необходимой длительности кода в 1 мксек для ГЛОНАСС и GPS. Так как подстройка по частоте с выбором полосы в 20-25 кГц уже осуществлена, то необходимая максимальная подстройка по частоте не будет превышать 100 мксек при соотношении сигнал/шум в 4 раза выше, чем это было на первом этапе. В данном случае подстройка по коду при его длительности как бита информации 2,5 мксек (95 импульсов в коде) будет определяться $95/2 \times 2,5$ мксек = 118,75 мксек и далее используется удлинённый код с повышением отношения сигнал/шум в 10 раз, что будет составлять 25 мксек (950 бит в коде). То есть, на

втором этапе мы ещё сохраняем режимы подстройки по частоте Доплера, но в уже выбранной полосе 20 -25 кГц и также осуществляем подстройку по коду, но при сокращении навигационного кода за счёт энергетического выигрыша в 4 раза за счёт антенны. Отсюда общее время на определение и захват сигнала от одного КА составляет 243,75 мксек. Такое же время отводится и на второй КА. Здесь мы используем такое время излучения по вычисленным значениям задержек от КА до абонента на первом этапе, чтобы это время излучения от КА учитывало вариант последовательного приема, и задержка определялась лишь неточностью при грубом определении разности времени прихода. В результате в сумме мы имеем на обработку с учётом расхождения по задержкам сигналов от КА порядка 500-600 мксек. Потом осуществляется излучение от абонента на одной частоте с указанием информации, какая передавалась от абонента и на первом этапе. Соответственно при скорости ЛА (абонент внутри ЛА) в 2500 км/час за 600 мксек изменение его положения составит 0,416 метров. Повторим, что эта величина задержки на обработку практически не влияет на точность местоположения по сравнению со среднеквадратичной ошибкой из-за распространения в среде (4,5 метра) и неопределённости пространственного расположения спутника (2 метра) [14]. Отсюда на втором этапе мы можем исключить влияние среды за счёт использования последовательного двухчастотного режима за счёт суммарно-разностного метода при запросно-ответной системе. При этом местоположение по дальности будет определяться в момент прихода сигнала к абоненту и его излучения с задержкой. Соответственно, КА при скорости в 8 км/сек (с учётом вращения Земли 463,839074 м/сек) за время распространения от КА к абоненту и обратно (почти 17 мксек), переместиться на 136 метров как показано на рисунке 11. Если же абонент движется с дозвуковой скоростью порядка 100 км/ч, то за это время 17 мксек он переместиться на 0,47 метров. Понятно, что в этом случае синхронизация часов КА и абонента может быть доведена до одного такта в 152 МГц, что составляет ± 1 метр, а дальше точность может быть увеличена за счёт использования накопления сигнала кода и применения сплайнов. То есть ошибка здесь больше будет связана со средой распространения (4,5 метра), которая уменьшается за счёт использования двухчастотного

последовательного метода. Однако многократное измерение может и эту ошибку значительно уменьшить. Напомним, что обычно на движущихся с большой скоростью объектах возможно размещение своих указателей скорости в пространстве, что также может быть учтено при определении местоположения абонента. Соответственно на третьем этапе мы переходим к варианту исключения предварительной подстройки по частоте Доплера и коду, так как подстройка осуществляется в самом навигационном сигнале. Здесь уже априорно известно значение частоты Доплера и его фаза в момент начала кодовой последовательности. В этом случае для несущих частот от КА можно обойтись излучением удлинённых кодов порядка 25 мксек (950 бит). Итого на первые несущие частоты от двух КА уйдёт на обработку в устройстве абонента порядка 50 мксек. Это даёт ошибку из-за движения ЛА со скоростью 2500 км/час в 0,0347 метров. Отсюда на третьем этапе мы будем уже достаточно точно определять местоположение ЛА и скорость его движения при повторяющихся периодически замерах.

Таким образом, при 2-х КА основная ошибка в определении местоположения из-за времени обработки внутри устройства абонента при использовании суммарно-разностного дальномерного метода связанная с движением абонента при подстройке по частоте Доплера и коду ничтожна мала, и она значительно меньше даже той ошибки, которая связана с длительностью сигнала ГЛОНАСС в 1 мксек из-за движения абонента.

Однако при использовании НССС в 98 КА есть зоны, где только один КА находится в пределах видимости абонента. Поэтому, далее, после временной синхронизации КА и абонента (это может происходить на экваторе каждые 6 минут при видимости 2-х КА), что также необходимо для режима разделения сообщений от абонентов к КА с минимальными зонами отсутствия сигналов, как это видно по рисунку 8, мы можем перейти на точное определение местоположения абонента, используя запросно-ответную систему по методу радиолокации с наличием только одного КА, и с учётом перемещения этого КА, где точки новых местоположений будут эквивалентны наличию дополнительных КА. При этом мы можем использовать уже направленную антенну от абонента с шириной диаграммы направленности в $60^\circ \times 30^\circ$ и коэффициентом усиления в 5 дБ (3,16) вместо

всенаправленной антенны в -3дБ (0,5), что также улучшит отношение сигнал/шум на 8 дБ (6,3 раза). Напомним, что при прохождении по горизонту по углу места 150° КА требуется 6-7 минут, отсюда достаточно менять положение направленной антенны один – два раза за всё время видимости КА, и это при приёме в дальней зоне, если конечно окажется так, что не будет хватать чувствительности приёмника абонента за счёт падения мощности сигнала при обслуживании максимального количества пользователей одновременно, и тут выбор, либо иметь данные, либо нет. Кроме того, запросно-ответная система позволяет в зависимости от ситуации менять как антенны, так и излучаемую мощность, что собственно даёт устойчивую связь в любом случае. То есть, сигнал о слабом принимаемом сигнале может также выдавать мобильное устройство и этот сигнал может учитываться в КА для распределения мощности и переключения антенн, как КА, так и абонента. Необходимо отметить, что направленные антенны используются и в режиме Интернет в таких системах как Starlink и One Web. По классике радиолокации при наличии известной дальности при излучении сигнала в одной точке и приёме сигнала в другой точке при полёте одного КА, с известным при этом местоположением КА в этих точках, мы будем иметь линию точек местоположения абонента в виде окружности перпендикулярно к движению КА (при базе из двух точек). Так как синхронизация часов КА с часами абонента при выполненной подстройке по частоте Доплера и навигационному коду уже произведена, то расстояния от времени излучения от КА к абоненту и времени излучения от абонента к КА известны, и они дают точку пересечения на плоскости. При этом при вращении этой плоскости перпендикулярно этой оси движения мы будем иметь окружность местоположения точек, где может находиться объект. Соответственно разность значений по дальности от этих точек КА также будет постоянна. И в этом случае нужна поверхность рельефа местности, пересечение с которой может дать местоположение объекта (абонента) или надо знать высоту полёта ЛА по тем же причинам. Собственно такой же результат даёт и наш суммарно-разностный дальномерный метод, когда известны только общая сумма расстояний от двух КА на плоскости (рисунок 10) и их разность как постоянных величин, при неизвестных значениях самих расстояний по

отношению к каждому из двух КА. Для определения самих конкретных значений расстояний нам потребовалось два подвижных КА (четыре точки местоположения по рисунку 11) и это позволило обеспечить синхронизацию часов КА с абонентом на основе получения одной точки местоположения абонента. Чтобы с помощью только одного КА обеспечить однозначное определение дальности до абонента надо иметь точки измерения не в виде линии относительно абонента, а в виде многоугольника на плоскости (в частности треугольника) относительно абонента. В этом случае вариант линии местоположения абонента по окружности возможен только в случае расположения всех точек многоугольника на одной плоскости с абонентом, что требует пролёта КА на время его видимости непосредственно над абонентом и такой случай маловероятен, так как есть

вращение Земли со скоростью 463,839074 м/сек, он также будет скорректирован при переходе к следующему КА через 6 минут.

Отметим, что условие синхронизации часов КА и абонента на основании видимости от абонента сразу двух КА требует, чтобы эта видимость была и на экваторе. По рисунку 12 видно, что пятна КА на экваторе пересекаются так, что нет областей, где бы через 6-7 минут не было бы варианта присутствия видимости от 2-х КА. При этом время для выдачи данных о местоположении абонента по системам ГЛОНАСС и GPS, в самый начальный период вхождения в режим определения координат, связано с передачей навигационного сообщения, которое имеет длину 36 000 бит и требует для передачи 720 секунд (12 минут).

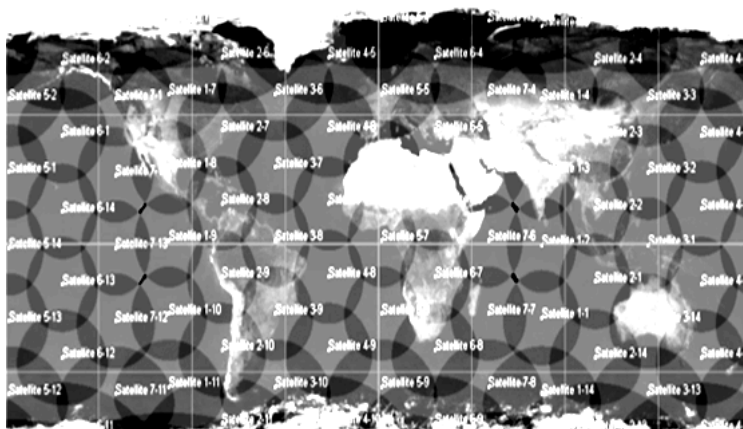


Рис. 12. Развёртка расположения КА

Однако наличие больших зон видимости абонентом только одного КА во времени порядка 6 минут и срочности определения местоположения может потребовать использование синхронизации по времени с абонентом и от одного КА. Конечно, в начале от одного замера при запросно-ответной системе можно использовать для предварительного грубого определения местоположения абонента упрощённую временную синхронизацию с выставлением луча АФАР в 30 дБ с подстройкой по частоте и коду в нужное время, не дожидаясь варианта видимости сразу двух КА. Предварительная синхронизация часов абонента и КА может быть выполнена следующим образом. Нам известно время излучения от КА на абонента - T_1 , и время прихода сигнала от абонента на КА - T_2 . Далее нам известно относительное время обработки в устройстве абонента - T_3 и время аппаратной задержки - T_4 . Кроме того, нам известна радиальная скорость между абонентом

и КА - V_r по формуле (9) по частоте Доплера. Отсюда время распространения от абонента до КА можно вычислить по формуле: $[c \times (T_2 - T_1 - T_3 - T_4) \pm V_r \times (T_2 - T_1)] / (2 \times c) = t$. Соответственно время излучения от абонента известно и для синхронизации необходимо, чтобы время излучения от абонента T_i равнялось $T_{ок} = T_2 - t$. Отсюда мы получаем время смещения для коррекции $t_k = T_i \pm T_{ок}$. Конечно, это время не является точным, так как частота Доплера всё время меняется при движении КА, но есть способ улучшения точности, который приведён ниже. Собственно сам способ аналогичен суммарно-разностному дальномерному методу представленному для двух подвижных КА с той лишь разницей, что роль второго КА принадлежит одному общему КА, но при использовании не одного одновременного замера с получением сумм и разностей по формуле (11), а двух замеров с разных точек местоположения одного и того же КА. При этом для

разностного сигнала от точки первого замера от КА к абоненту и второго замера от КА к абоненту надо сделать смещение на относительное время разности прихода между первым излучением от КА и вторым его излучением от КА – T_{12} . В этом случае разность времени прихода от первого и второго местоположения определяется $T_{\text{раз}} = T_{\text{прих1}} - (T_{\text{прих2}} - T_{12})$. Аналогично вычисляется разностный сигнал и при излучении от абонента к КА в двух точках прихода обратно. Для суммарных сигналов всё остаётся аналогичным, как это было для варианта из двух КА. Далее мы также используем систему уравнений по формулам (11). То есть, мы получаем вариант аналогичный варианту от двух КА, но с добавлением необходимости вычитать из разностных значений время задержки между излучениями сигнала от КА до абонента и от абонента до КА T_{12} между двумя замерами. Недостаток здесь в том, что абонент должен быть малоподвижен и за время T_{12} он должен переместиться на расстояние меньше метра. Однако, есть и преимущество в том, что здесь нет требования синхронизации с часами других КА, и ошибка в определении местоположения КА будет иметь одну величину, что можно скорректировать исходя из сравнения с точкой расположения абонента по рельефу местности, координаты которого точно известны. Ситуация усложнится, если объект (абонент) имеет движение. Однако и этот вариант имеет решение, если знать скоростные параметры объекта (абонента) по всем трём ортогональным направлениям, а для большинства высокоскоростных абонентов такие внутренние навигационные системы используются практически всегда. В этом случае точки новых местоположений КА полученных за время T_{12} смещаются в пространстве в соответствии с перемещением абонента по координатам. Иными словами, перемещение абонента как бы перекладывается на такое же изменение местоположения КА. Далее полученная точка пересечения может иметь сравнение с близлежащими точками рельефа местности. Отсюда мы получим необходимую дальность и обеспечим синхронизацию часов КА и абонента. Понятно, что при одном КА в случае подвижного абонента и отсутствии данных о его перемещении по координатам необходимо сокращать время T_{12} между замерами и при этом увеличивать количество замеров, что позволит решить проблему синхронизации часов. Так при времени $T_{12}=17$ мсек и скорости абонента 200 км/ч мы

получим ошибку 0,94 метра. При $f_{\text{нес}}=3$ ГГц и этой скорости, частота Доплера $F_d=555$ Гц, что мы можем определить за время нескольких измерений и учесть в расчётах. То есть, при постоянной величине этой ошибки при замерах она может быть скорректирована и учтена априорно. С этой целью также можно использовать определение выборки такта с максимальной амплитудой, что получилось в приёмнике КА в сравнении с ожидаемой априорной выборкой такта при вычисленном значении местоположения абонента. Надо отметить, что метод определения координат абонента с помощью одного КА напоминает принцип работы локатора бокового обзора, с той лишь разницей, что здесь используется разрешение по одному объекту с лучшими параметрами из-за наличия запросно-ответной системы при более высоком энергетическом потенциале и с использованием как суммарного, так и разностного дальномерного метода при методах модуляции как ФКМ, так и ЛЧМ с изменением несущей частоты. Иными словами мы использовали комбинацию существующих методов с уменьшением количества используемых КА до одного, но с учётом запросно-ответной системы и вычислением задержек на обработку сигнала в устройстве абонента с переносом определения местоположения абонентов в устройстве КА.

Понятно, что пользователи системы связи автоматически становятся пользователями навигационной системы. Соответственно, теперь определим количество пользователей в предлагаемой системе НССС по сравнению с системой Iridium исходя из того, что в разговорном телефонном режиме (ТЛФ) обслуживается наибольшее количество пользователей и система Iridium в отличие от системы Globalstar имеет межспутниковую связь.

Будем исходить из того, что система Iridium имеет 48 лучей по 8 Вт в многочастотном режиме (6 частот одновременно) в каждом луче и используется режим работы с использованием сегментов полотен (у нас это 8 патч×8 патч=64) по аналогии с рисунком 7. В этом случае, при заявленных 1100 одновременно обслуживаемых пользователя [15], мы должны, помимо разделения по времени для четырёх пользователей, использовать и многочастотный режим при передаче от КА для 6 пользователей параллельно. В итоге общее количество пользователей равняется 48 лучей×4 последовательно×6 параллельно=1152. При этом

понятно, что мощность передатчика в одном луче делится на 6 пользователей. Однако, как показывают расчеты, проведенные по формуле (6) даже на дальности в 2500 км и при 13 Вт на луч деление мощности на сигналы по 6 несущим частотам даст сокращение полосы пропускания в 6 раз, то есть вместо 100 кГц получится 16,6 кГц, при 8 Вт получится 13,3 кГц, это меньше необходимой заявленной полосы в 50 кГц в Iridium для обеспечения обслуживания 1100 пользователей. Это означает, что либо существует перераспределение мощности сигнала в зависимости от дальности, либо ухудшается качество связи до 2-3 кбит/сек и менее за счёт уменьшения отношения сигнал/шум. В случае конструкции КА по рисункам 6 и 7, если исходить из 60 лучей, то мы при тех же параметрах будем иметь 60 лучей×4 последовательно×6 параллельно=1440 с энергетическим проигрышем 1,25 раза. Поэтому нам необходимо уходить от многочастотного режима в 6 пользователей. Учитывая режим поиска и подстройки по методу [6, 7], где не требуется пилот – сигнал и подстройка происходит непосредственно по принимаемому сигналу, можно убрать преамбулу в 20 мксек (Simplex) по рисунку 8 и использовать её для ещё одного последовательного пользователя по времени. Отсюда имеем 60 лучей×5 последовательно×5 параллельно=1500 пользователей, причём сокращение количества одновременно излучаемых частот в одном луче (5 частот вместо 6 частот) позволяет снизить энергетические требования в 1,2 раза. То есть мы получили выигрыш по количеству пользователей 1,3 раза (за счёт увеличения количества лучей до 60) с проигрышем в энергопотреблении в 1,04 раза только за счёт использования режима поиска и подстройки по методу [6, 7]. То есть, конструкция, представленная на рисунке 6 с использованием способа [6, 7] даёт выигрыш в 1,25 раза даже без учёта выигрыша за счёт коэффициента усиления антенн из-за того, что угол сканирования не больше ± 15 градусов в дальней зоне, и нет потерь на диаграммы образующие схемы Батлера или Бласса. С учётом использования у нас 98 КА на высоте 650 км против 68 КА для Iridium на высоте 780 км мы имели экономический проигрыш по затратам в 1,24 раза, но с учётом выигрыша в 1,25 раз получились практически равные экономические затраты. Однако, в методе [6, 7] используется цифровая обработка при приёме с тактовой частотой в 152 МГц и обработкой в ПЛИС с наличием АЦП и ЦАП, которые

также необходимы в режиме многофункционального использования, и это требует значительных энергетических ресурсов. Но такая тактовая частота приемлема, так как даже в системе Iridium используется 7 процессоров с тактовой частотой 200 МГц. В случае необходимости сокращения энергетических потерь можно использовать вместо варианта по рисунку 3 функциональную схему по рисунку 4 с тактовой частотой АЦП в 76 МГц и без ЦАП. Заметим, что если в КА есть энергетический источник пополнения энергии за счёт солнечных батарей, то в мобильном устройстве абонента используются аккумуляторы и здесь расход энергии, при приёме, играет громадное значение, и нужно максимально сократить время приёма. Поэтому нам при передаче сигнала от КА желательно вообще убрать количество одновременно излучаемых частот за счёт использования последовательной передачи и это позволяет за счёт уменьшения длительности сигнала получить энергетический выигрыш. Собственно, если не учитывать класс режима работы усилителя мощности («А» или «В»), то, как при последовательной передаче во времени, так и при параллельной передаче, мы будем иметь схожие энергетические характеристики при передаче сигнала, так как параллельная передача позволяет сузить полосу пропускания параллельных каналов в количество одновременно излучаемых частот, но при этом увеличивается время, отводимое на приём. Последовательная передача хоть и сокращает количество одновременно излучаемых частот (N) с сокращением времени на передачу одного сигнала, но требует повышение мощности тоже в N раз. Понятно, что повышение мощности в усилителях мощности имеет ограничение. Так в системе Globalstar на усилитель мощности в многочастотном режиме она составляет 4,5 Вт при К.П.Д. 30%. Если исходить из мощности в 8 Вт на 64 излучающих элемента и в многочастотном режиме, то мы будем иметь на усилитель мощности 0,125 Вт для одного элемента излучателя (патч). При исключении многочастотного режима излучения на 5 частотах мы должны иметь необходимое повышение мощности в 5 раз, что соответствует импульсной мощности на усилитель в 0,625 Вт. Средняя мощность при скважности два (а именно такой режим используется в передатчиках КА Iridium) будет соответствовать величине 0,3125 Вт. Для сравнения средняя мощность в мобильном устройстве Iridium соответствует 0,64 Вт при

импульсе в 7 Вт, что означает, что импульсная мощность на излучатель в антенне КА в 10 раз ниже импульсной мощности для мобильного устройства. Таким образом, переход на одночастотный последовательный режим с увеличением мощности на один излучатель в 5 раз позволит принимать 250 кбит/сек вместо 50 кбит/сек, и на одного пользователя будет отводиться в последовательном режиме $8,28 \text{ мсек}/5=1,656 \text{ мсек}$. То есть время приёма на одного абонента сократится в 5 раз. Однако в этом случае вместо 8 Вт на один луч из 60-ти мы должны иметь 40 Вт. И во столько же раз должно возрасти энергопотребление, если не учитывать расход мощности при многочастотном режиме по сравнению с последовательным режимом во времени.

Таким образом, вариант на излучение одновременно 6 сигналов в Iridium явно противоречит заявленным энергетическим характеристикам или количество одновременно обслуживаемых пользователей имеет меньшую скорость по передаче информации. И с таким же противоречием мы сталкиваемся и для нашего варианта в режиме 60 лучей. Однако в нашем конструктивном варианте по рисункам 6 и 7 возможно использование одного луча в 30 дБ и за счёт этого можно увеличить количество последовательно обслуживаемых пользователей в 4 раза при этом мы не будем иметь энергетических потерь, за счёт того, что луч направлен непосредственно на обслуживаемого пользователя. Но так как раньше было 4 луча работающих параллельно, то и энергетического выигрыша не будет, так как параллельно обслуживаемые пользователи от четырёх лучей перейдут в последовательно обслуживаемые пользователи, а количество одновременно излучаемых частот от каждого луча останется прежним. При этом мы будем иметь последовательно во времени $4 \times 5=20$ угловых положений луча при необходимых 16 угловых положениях покрывающих область от четырёх ранее используемых лучей (это из-за уменьшения ширины диаграммы направленности одного общего луча до $6^\circ \times 6^\circ$, вместо 4 лучей с шириной диаграммы направленности $12^\circ \times 12^\circ$). То есть абоненты обслуживаются последовательно с выставлением луча прямо на пользователя и это также даёт выигрыш в 3 дБ. Соответственно, при приёме сигналов от КА полоса пропускания с 50 кГц (50 кбит/сек) как в Iridium может быть увеличена до $50 \text{ кГц} \times 4=0,2 \text{ МГц}$, и на одного пользователя будет отводиться в последовательном режиме

$8,28 \text{ мсек}/4=2,07 \text{ мсек}$ (4600 бит/сек). Это означает, что время приёма в мобильном устройстве абонента сократится в 4 раза по сравнению с приёмом на мобильное устройство Iridium. Но количество одновременно обслуживаемых пользователей будет $[5 \times 4=20$ (последовательно) $\times 15$ (лучей)]=300. Это явно недостаточно, хотя энергетического проигрыша нет. Но если учесть, что мощность в луче в 30 дБ возрастёт в 4 раза, так как будет равняться мощности патч от 4-лучей (а это $4 \times 8 \text{ Вт}=32 \text{ Вт}$ в одном луче одного полотна), то мы получим необходимый энергетический выигрыш в 4 раза и в этом случае мы будем иметь в последовательном режиме $50 \text{ кГц} \times 4 \times 4=0,8 \text{ МГц}$ (0,8 Мбит/сек) на одного пользователя. При этом на абонента будет отводиться уже $8,28 \text{ мсек}/16=0,5175 \text{ мсек}$. Количество одновременно обслуживаемых пользователей возрастёт и будет $[4 \times 4 \times 5=80$ последовательно $\times 15$ лучей]=1200. Это уже соизмеримо с тем, что было заявлено в Iridium, но без использования управления мощностью в зависимости от дальности и ухудшения чувствительности из-за большого количества пользователей одновременно. Если учесть, что энергетический выигрыш в усилителе мощности от использования одночастотного режима класса «В» выше по сравнению с многочастотным режимом в классе «А» в 1,625 раза, то мы можем ещё больше сократить время на приём для одного абонента до 0,3185 мсек с возрастанием количества обслуживаемых абонентов до 1950 при 52 Вт на один луч (0,2 Вт в импульсе при скважности 2 на один излучающий элемент, что даёт среднюю мощность в 0,1 Вт). При этом время приёма для абонента сократится в 26 раз по сравнению с режимом приёма в Iridium, а скорость передачи информации возрастёт до 1,3 Мбит/сек. Отметим, что эти расчёты проведены без учёта направленной антенны абонента, а именно такая тенденция наблюдается сейчас в системах One Web и Starlink для обеспечения Интернет и видеоконференций. Надо напомнить, что так называемая ненаправленная антенна также не является всенаправленной антенной и при недостаточной чувствительности на сигнал также требует поиска по направлению. С учётом использования направленной антенны абонента, состоящей из 2-х патч в 5 дБ (3,16 раза) на КА по сравнению с всенаправленной антенной в -3дб (0,5) мы получим энергетический выигрыш даже на краях ширины диаграммы направленности антенны

абонента по сравнению с антенной мобильного устройства Iridium в 3,16 раз. И этот выигрыш мы можем использовать как для повышения отношения сигнал/шум в режиме видеоконференций, так и для увеличения количества пользователей с одновременным сокращением времени приёма для одного пользователя. В этом случае скорость передачи информации возрастёт до 4,108 Мбит/сек с выделяемым временем на пользователя порядка 100 мксек и с увеличением количества обслуживаемых пользователей до 6162. Можно заметить, что мы не используем режим гибкого управления мощностью усилителей мощности АФАР, когда мощность определяется дальностью до абонента, которая меняется в $2500 \text{ км}/650 \text{ км}=3,846$ раза, и это даёт изменение мощности от максимума до минимума в 14,79 раз, что говорит о том, что в режиме передачи от КА можно обойтись без направленной антенны. Таким образом, выигрыш по времени приёма для устройства абонента будет как минимум в 82 раза. Понятно, что такое время приёма позволяет совмещать функции связи и навигации, так как за 0,1 мксек ЛА (как абонент) при скорости в 2500 км/ч сменит положение всего на 0,069 м, что ниже, чем другие ошибки в местоположении. Преимущество последовательного метода и в том, что луч АФАР будет устанавливаться непосредственно на абонента. Отсюда весь комплекс в 98 КА одновременно обслуживает 603876 пользователей. Для примера количество зарегистрированных пользователей Iridium составляет около миллиона абонентов. Ещё одно преимущество заключается в том, что при последовательном режиме на передачу от КА к абонентам нет необходимости менять несущую частоту, если это не связано с режимом исключения внешних помех или не требуется из-за обеспечения режима скрытности (здесь также можно использовать ЛЧМ-модуляцию). Отметим также, что использование направленной антенны абонента в 14,5 дБ [10] с размерами 16,5 см×16,5 см позволяет уже использовать Интернет со скоростью передачи в 36 Мбит/сек. Для примера в системе Starlink пользовательский терминал имеет диаметр – 61 см, высота ножки-подставки – около 50 см [16]. Как будет показано ниже, многофункциональное использование требует мощность на излучатель патч в антенне КА в импульсе 7 Вт, а это 1793 Вт на полотно, что позволяет при необходимости значительно повысить скорость передачи с использованием режима QAM до

38 Мбит/сек×3=114 Мбит/сек и обойтись даже приёмом сигнала Интернет на мобильное устройство без дополнительной антенны.

При этом в одном кадре в 90 мксек (рисунок 8) у нас остаётся ещё не использованных 7,2 мксек. При скорости передачи информации в 1,3 Мбит/сек без использования направленной антенны абонента мы будем иметь каждые 0,9 секунды возможность для передачи информации в 93,6 кбит. Напомним, что 36 кбит требуется для режима навигации с передачей в течение 720 секунд (12 минут). Помимо этого, так как 7,2 мксек повторяются 1,11 раз в течение секунды, то это время каждую секунду можно использовать для режима «дозвона», на который будет отводиться практически 80 мксек. Тогда в режиме 60-ти лучей для запросно-ответных сигналов для начального вхождения в связь с определением местоположения, при котором от КА на абонента и обратно уходит $23,91 \text{ мксек}+8,28 \text{ мксек}=32,19 \text{ мксек}$, можно использовать два этапа поиска и подстройки для режима навигации. Иными словами, можно на этапе «дозвона» формировать с разделением по времени 120 угловых положений лучей с разным коэффициентом усиления антенны в зависимости от дальности, что обеспечит надёжное вхождение в связь КА с абонентами. Так как, к третьему этапу подстройка по частоте и коду уже осуществлена в режиме связи, и навигационный код будет составлять 9-10 бит, при 4 Мбит/сек передаваемой информации (с использованием управления мощностью в зависимости от дальности даже ещё меньше с применением кода Баркера в 7 бит), то мы каждые 0,09 сек будем иметь обновление информации о навигации для каждого пользователя. При средней скорости абонента в 160 км/час, при отсутствии даже априорных данных, объект за 0,09 сек сместится всего на 4 метра. Так как синхронизация по коду выполнена с точностью до такта в 152 МГц, а точность определения местоположения абонента определяется по 4 тактам одного импульса в 38 Мбит/сек, которые по времени дают расхождение по дальности на 2 метра (итого 8 метров), то неопределённость в 4 метра не даст выхода из режима синхронизации по коду и эта повторяющаяся ошибка может учитываться априорно. При этом нет необходимости повторять навигационный код 100 раз (100 мксек), так как источник информации заложен в фазе кода и у нас есть временная синхронизация по коду. Это позволяет менять код для каждого бита

информации, что делает информационный сигнал шумоподобным. Понятно, что для учёта влияния среды сигнал от КА на абонента будет приходиться, например, в верхнем диапазоне принимаемых антенной частот, а от абонента на КА будет поступать сигнал в нижнем диапазоне принимаемых антенной частот. Собственно, учитывая точное определение местоположения можно в синхронном режиме использовать в течение 100 мксек и ЛЧМ сигналы с кодированием информации по фазе, что обеспечит скрытность самого сигнала в шумах. Надо отметить, что переход на последовательный режим обслуживания абонентов во времени при передаче от сигналов от КА соответствует режиму Internet с сокращением длительности импульсов и повышению мощности в импульсе с расширением полосы пропускания антенны.

Теперь надо определить параметры сигналов на передачу от мобильных устройств на КА. Здесь, наоборот, при приёме на КА лучше использовать многочастотный режим, так как мощности мобильных устройств в импульсе не зависимы друг от друга. В Iridium используется на приём 6 каналов одновременно и время приёма разбивается на 4 канала с последовательным приёмом, что и даёт одновременное обслуживание одним КА 1152 абонентов. В нашем случае в режиме 60 лучей при последовательном приёме с разделением времени приёма на 5 частей и одновременном приёме в каждой части по 5 пользователей, мы получим обслуживание 1500 пользователей, что недостаточно, так как в режиме передачи от КА на абонентов мы можем обслужить 6000 пользователей. Поэтому мы переходим в режим одного луча, в 30 дБ, который, казалось бы, не даст выигрыша, если просто перевести пользователей из одновременного параллельного режима в последовательный. Однако мы в режиме одного луча можем также увеличить количество одновременно обслуживаемых пользователей, так как 5 пользователей которые могли быть задействованы в каждом из 4-х лучей одного полотна АФАР одновременно, теперь могут все приниматься в одном луче, который за 16 последовательных угловых положений обойдёт весь сектор обзора от четырёх лучей. В итоге мы получим количество одновременно обслуживаемых абонентов за один цикл приёма в [15 лучей×20 последовательно×20 параллельно]=6000 абонентов. В этом случае длительность сигнала, излучаемого абонентом,

сокращается до $8,28 \text{ мксек}/4=2,07 \text{ мксек}$ при скорости передачи информации в 200 кбит/сек. При этом, так как время, отводимое на одного абонента, уменьшилось в 4 раза, то средняя энергия мобильного устройства упадёт также в 4 раза с 640 мВт до 160 мВт из-за увеличения скважности в 4 раза. Таким образом, мы имеем энергетический выигрыш для мобильного устройства при КА по рисунку 6 в 4 раза по сравнению с мобильным устройством Iridium. Однако при использовании 20 параллельных каналов нам необходимо использовать функциональную схему по рисунку 4. В этом случае при наличии на одном полотне АФАР – 20 ПЛИС (4 ПЛИС в центре полотна и по 4 ПЛИС в каждом квадранте) мы с использованием двух подключённых к нему АЦП по синусу и косинусу можем использовать тактовую частоту дискретизации в 38 МГц. С учётом кода в [3(Мбит/сек)/0,2 (Мбит/сек)]=15 бит мы получим 20 параллельных каналов. Так как тактовая частота на АЦП будет порядка 38 МГц, то это снижает энергетические потери по сравнению с использованием функциональной схемы по рисунку 3. Но, отметим, что при использовании направленной антенны абонента в 5 дБ (3,16 раз), мы можем сократить количество параллельных каналов с 20 до 7-8, что соизмеримо с количеством параллельных каналов в Iridium (6 параллельных каналов по 50 кГц) и в Globalstar (13 параллельных каналов по 1,23 МГц). В этом случае скорость передачи информации возрастёт до 632 кбит/сек, что важно в режиме видеоконференций. При этом длительность излучаемого сигнала от абонента уменьшится до величины в 0,655 мксек с соответствующим снижением средней потребляемой мощности в устройстве абонента до 50,63 мВт, то есть энергетический выигрыш в режиме передачи для устройств абонента возрастает в 10 раз! Однако, мы, используя направленную антенну с двумя излучающими элементами, при круговой поляризации и подключением к каждому излучающему элементу с двух перпендикулярных сторон по усилителю мощности в 7 Вт (общая мощность в импульсе $4 \times 7 \text{ Вт} = 28 \text{ Вт}$) можем увеличить скорость передачи с 632 кбит/сек до 2,528 Мбит/сек. Это не приведёт к улучшению энергетических характеристик мобильного устройства, зато сократит количество параллельных каналов с 7-8 до 2 параллельных каналов, что позволит более точно устанавливать луч АФАР на абонента и одновременно сократит энергетические потери, так как в работе на

приём буду работать только два ПЛИС с передачей кодов в 38 Мбит/сек (вместо 8-ми ПЛИС с передачей кодов в 3 Мбит/сек) с длительностью времени на каждого абонента в 165 мксек в течении 0,09 мксек (4,6 кбит/сек). Отметим, что использование более удлинённых излучаемых сигналов от абонента до КА (в 1,5-6 раз по сравнению с сигналом от КА к абоненту) не является критичным, так как не затрагивает времени на обработку внутри устройства абонента и оно меньше, чем длительность даже навигационного кода ГЛОНАСС почти в 2 раза. Отметим, что обслуживание 400 абонентов на одном из 15 АФАР требует контроля за параметрами сигналов этих 400 абонентов. Это можно обеспечить, если задействовать 64 малоразмерных ПЛИС которые определяют отклонение луча АФАР по рисунку 7 которые предназначаются для изменения фазы с целью управления лучом АФАР. В этом случае на один ПЛИС из 64-х будет приходиться обслуживание 6-7 абонентов по обеспечению синхронизации по времени и определению частоты и фазы. Однако можно использовать (за счёт дополнительных 3 ФАПЧ на полотне АФАР с передачей кодов в 38 Мбит/сек) предварительное удлинение времени излучения от абонента на КА для подстройки, с некоторым ростом энергетических потерь в устройстве абонента и в устройстве КА. Кроме того, мы можем переложить отслеживание параметров по синхронизации и частоте с учётом априорных значений на самих абонентов, передав необходимые конечные данные от КА, так как дальность нам будет известна с точностью меньше метра. Для использования передачи информации со скоростью 38 Мбит/сек и при применении антенны абонента в 14,5 дБ надо иметь мощность в импульсе в 52 Вт. С учётом четырёх патч используемых в антенне [10] и при использовании круговой поляризации при подключении двух усилителей мощности в 7 Вт (это усилители Iridium) с двух сторон перпендикулярно направленных друг к другу мы получим общую мощность $2 \times 4 \text{ патч} \times 7 \text{ Вт} = 56 \text{ Вт}$, что обеспечит Интернет от абонента к КА. Ещё раз отметим, что усилитель мощности в 4,5 Вт в системе Globalstar который использовался в многочастотном режиме «А» при использовании его в одночастотном режиме «В» тоже бы мог дать мощность $1,625 \times 4,5 \text{ Вт} = 7,3 \text{ Вт}$.

Таким образом, КА для НССС по рисунку 6 и с методом подстройки [6, 7] обеспечивает не только многофункциональное использование,

но позволяет обслуживать в 5 раз больше пользователей, чем система Iridium и даёт экономию энергопотребления мобильного устройства в 10 раз в режиме передачи. В режиме приёма мобильное устройство имеет выигрыш в 82 раза, что означает, что цифровая обработка с тактовой частотой в 152 МГц даже при росте энергопотребления при приёме в 8 раз, также обеспечит выигрыш в 10 раз. Соответственно энергопотребление в КА НССС по рисунку 6 не превышает энергопотребления в системе Iridium.

Чтобы использовать возможности быстрой фазовой подстройки в режиме сообщений с навигационными данными, надо при использовании последовательного режима заранее выставлять значение частоты Доплера с фазой этого сигнала через каждые 0,09 секунд, а также обеспечить подстройку по коду не хуже такта в 38 МГц (за это время сигнал проходит почти 8 метров). С учётом того, что точность определения местоположения абонента и КА составляет метры, а также дальнейшее их положение можно спрогнозировать, и синхронизация по времени составляет величину в 152 МГц, то данная задача вполне может быть решена. С этой целью значение частоты Доплера и значение фазы в конце сообщения запоминаются и на их основе с учётом известного времени прихода сигнала в следующий момент через 0,09 сек вычисляются новые значения с которых начнётся приём следующего сообщения от абонента. Аналогично высчитывается и время начала следующего навигационного кода. Собственно такой подсчёт делается и в системе Iridium и Globalstar (в Globalstar нельзя без подстройки по коду в 128 бит обеспечить приём информации). Необходимо отметить, что знание навигационных данных о местоположении абонента с точностью до метра позволяет не только прогнозировать саму частоту Доплера, но и знать её изменение, а также выставлять время синхронизации по коду с учётом изменения параметров по несущей частоте, что повышает помехозащищённость. В принципе можно перед сообщением отвести на установление режима некоторое время порядка 1 мксек (в устройстве КА можно за счёт дополнительных 3-х ФАПЧ использовать предварительную подстройку и по коду и по частоте Доплера), если не обеспечивать сброс значений с цифровых фильтров за 1 такт в 38 МГц, что конечно более предпочтительно. Для сигналов в приёмнике КА это время установления может

быть ещё больше. Заметим, что при передаче информации в 4 Мбит/сек при соотношении сигнал/шум $q=20$ и при длительности сообщения в 100 мксек, мы для фильтрации по частоте Доплера можем иметь полосу пропускания всего 10 кГц и менее. При этом соотношение сигнал/шум для сдвига по частоте Доплера возрастёт до $q=8000$, что означает наличие шума только в нижнем разряде АЦП. Учитывая то, что мы имеем привязку по времени, то мы можем менять навигационный код в каждом бите информации, что повышает помехоустойчивость и позволяет работать в том же диапазоне частот, в котором работают многие узкополосные системы, не мешая им. Отметим, что как Iridium (полоса 10,5 МГц), так и Globalstar (полоса 16,5 МГц) узкополосные системы и поэтому не могут выполнять роль навигационных систем и использоваться для Internet. Вместе с тем, если предположить работу КА НССС по рисунку 6 в диапазоне 2,35 ГГц-2,55 ГГц, что соответствует частоте 2,4835 ГГц-2,5 ГГц системы Globalstar, то при полосе нашего сигнала в 38 МГц по сравнению с полосой в 1,23 МГц наш сигнал будет иметь затухание в полосе приёмников абонентов в 30,89 раз, а с учётом кода в $N=128$ бит затухание возрастёт ещё в $(N)^{1/2}=11,3$ раз. Итого затухание будет в 349,48 раз (25,4 дБ). Кроме того, у нас есть возможность перестройки несущей частоты в течении каждого определённого сообщения и знание местоположения абонента с учётом режима временной синхронизации позволяет также использовать и частотную модуляцию несущей частоты. В этом случае нет дискретных составляющих из-за повторения, по которому можно было бы выделить сигнал и считать его не шумом. Иными словами, наш сигнал будет невозможно выделить из шумов в приёмнике чужого абонента, так как полоса используемых частот лежит в диапазоне 200-300 МГц с многоуровневым кодированием. С точки зрения кодирования наш сигнал может использовать все три основных вида модуляции: фазовую, частотную и амплитудную. Отсюда нет никаких препятствий с точки зрения разрешения от государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ) использовать для наших целей именно оптимальный диапазон несущих частот порядка 3 ГГц. Собственно с целью исключения влияния мешающих воздействий на другие радиотехнические устройства можно организовать предварительный режим радиотехнической разведки в данном угловом секторе, и не работать в

диапазоне, где обнаружены иные радиотехнические средства.

Однако оценим экономическую выгоду представленного варианта навигации через НССС по сравнению с группировкой ГЛОНАСС. Экономическая выгода метода уже в том, что при запросно-ответной системе абонент платит за навигационные данные, как и пользователи мобильной связи, и при этом обладатель спутниковой системы получает деньги не в зависимости от количества проданных навигационных мобильных устройств, а постоянно при предоставлении услуги по навигации. Далее, по стоимости группировка в 98 спутников связи дешевле, чем группировка в 24 спутника системы ГЛОНАСС, так как вес одного спутника системы ГЛОНАСС – К составляет 935 кг (вес GPS-ИИФ 2170 кг, но с радиационной защитой). У нас вес одного спутника в самом худшем случае, если ориентироваться на вес спутника Iridium не более 689 кг (вес спутника Globalstar – 550 кг). При этом для запуска спутника ГЛОНАСС требуется потратить топлива больше как минимум $19000 \text{ км}/650 \text{ км} = 29,2$ раза. Отсюда по стоимости новая группировка ГЛОНАСС в 24 спутника будет превосходить стоимость от нашей группировки в 98 КА как минимум $(24 \text{ (КА)} \times 935 \text{ кг} \times 29,2) / (98 \text{ (КА)} \times 689 \text{ кг}) = 9,7$ раза. При этом, система ГЛОНАСС не имеет возможности к самокупаемости, так как производство навигаторов захватили зарубежные фирмы и абоненты получают информацию по навигации бесплатно. В нашем случае навигационные данные входят в количество обслуживаемых по связи абонентов, так как данные от навигации позволяют поднять количество одновременно обслуживаемых абонентов. Кроме того, наличие связи позволяет передавать данные о местоположении непосредственно между абонентами через КА или между собой.

Понятно, что предлагаемый нами метод определения местоположения имеет высокую помехозащищённость, так как позволяет использовать разные кодовые сигналы на разных частотах и разной длительностью с учётом того, что узкий луч АФАР исключает помехи от другого местоположения. Кроме того возможно использование направленной антенны от абонента, что также улучшает характеристики и повышает помехозащищённость. Связь с другими аналогичными устройствами для совместимости можно вести через Wi-Fi, тем

самым уменьшая среднеквадратичную ошибку.

Таким образом, мы показали, что:

- возможна реализация метода навигации ГЛОНАСС (GPS) для НССС с учётом способа быстрой фазовой автоподстройки [6, 7] с использованием подстройки вначале по частоте, а затем по навигационному коду, что позволяет исключить разрушение кода навигации от перескока фаз по частоте Доплера в диапазоне от 0 до 150 кГц. При этом энергетический потенциал КА НССС, при конструктивном решении расположения антенн КА по рисунку 6, позволяет сократить длину навигационного кода в сто и более раз, а запросно-ответный режим позволяет менять как сам навигационный код, так и несущую частоту индивидуально для каждого абонента и сочетать режимы связи (смс-сообщения, разговорный, видеоконференция, Интернет) с режимом навигации;

- при использовании запросно-ответной системы навигации в целях повышения точности навигации и сокращения информации, посылаемой на абонента для определения его местоположения, а также сокращения масса – габаритных и энергетических затрат мобильного устройства абонента следует также использовать в режиме ГЛОНАСС (GPS) формирование навигационного кодового сигнала от абонента к КА;

- при применении запросно-ответной системы для НССС из-за самого движения КА и их видимости абонентом в течение 6-7 минут возникает возможность использования только двух КА для определения местоположения абонента (как неподвижного, так и подвижного) с использованием более точного суммарно-разностного дальномерного метода;

- определение местоположения абонента при отсутствии временной синхронизации КА с абонентом возможно также и при видимости от абонента только одного КА, но для случая неподвижного абонента или для случая, когда движение абонента фиксируется по его скоростным параметрам в пространстве от его собственной системы навигации, а также при скорости, когда можно спрогнозировать его параметры движения на основе анализа тактовых выборок при накоплении и частоты Доплера, с точным определением прохождения расстояния его в пространстве за заданный промежуток времени (обычно в пределах одной минуты);

- после первоначальной подстройки возможно совмещение навигационного режима и разговорного режима.

Теперь определим всю логическую цепочку предлагаемого решения. Условие сочетания разговорного телефонного режима с Интернет при передаче сообщения в 30-40 Мбит/сек потребовали повышение тактовой частоты при цифровой обработке бита информации по теореме Котельникова как минимум в 3-4 раза выше (с учётом того, что тактовый импульс дискретизации не является дельта-функцией). Однако при этом надо помнить, что повышение частоты приводит к увеличению потерь в квадрате, отсюда следует оптимальный выбор тактовой частоты в пределах 120-160 МГц. При этом выбор такой тактовой частоты, с целью сокращения энергетических потерь на обработку сигналов, требует ухода от параллельных многочастотных схем обработки сигналов к одночастотной обработке или к варианту снижения тактовой частоты. На низких орбитах пролёта КА при несущей частоте в районе 3 ГГц, частота Доплера меняется и может достигать ± 150 кГц. При этом выбор несущей частоты порядка 3 ГГц связан с использованием многофункционального режима для навигации (необходимость двух частот разнесённых на 300 МГц для исключения влияния среды), радиовысотомера и РЛС бокового обзора (с учётом частотной модуляции в 300 МГц для разрешения в 1 м). Соответственно, выбирать несущую частоту значительно выше 3 ГГц также не оптимально, так как в этом случае вместо планарного расположения плат вдоль антенны с использованием патч, что даёт выигрыш в габаритах, массе и способе раскрытия конструкции в космосе, придётся использовать перпендикулярное расположение плат к антенне («слотовое») с волноводно-щелевой конструкцией. Переход на частоту выше 3 ГГц также приводит к уменьшению чувствительности из-за уменьшения площади антенны, растут потери из-за поглощения в среде. Изменение частоты Доплера в ± 150 кГц требует отдельной подстройки по частоте и коду, в отличие от режима навигации GPS. Отдельная подстройка по частоте связана с исключением информации по фазе, что реализуется по схеме Костоса и требует использования многоуровневого АЦП чтобы иметь высокую скорость передачи информации, чего нет в GPS, и это не даёт возможности совмещения функций навигации и Интернет. Многоуровневый АЦП также

требуется при параллельной обработке сигналов от абонентов от 2-х до 20-ти с целью исключения подавления слабых сигналов сильным сигналом по амплитуде. Соответственно здесь ЦАП по рисунку 3 должен формировать не только частоту Доплера на основе синтеза частоты Доплера в ПЛИС, но и выдавать сигнал информации со скоростью 30-40 Мбит/сек. Отсюда наш выбор АЦП, ПЛИС и ЦАП [6, 7] для тактовой частоты в 152 МГц. Сокращение энергетических потерь в сочетании с режимом навигации потребовали использование одночастотного режима класса «В» вместо режима «А» при передаче сигнала от КА на абонента с сокращением, как кода навигации, так и времени выделяемого для сообщения одному пользователю, что позволяет снизить также энергетические потери при цифровой обработке в самом приёмнике абонента из-за малой длительности работы при высокой тактовой частоте в 152 МГц. При этом требуется быстрая подстройка по частоте и фазе по методу [6, 7] из-за малого времени на каждое выделяемое сообщение порядка 100 мсек, и это достигается за счёт использования одночастотного режима в импульсе с повышением чувствительности для сигналов порядка 4 Мбит/сек ($q=20$), при этом отношение сигнал/шум для выделения частоты Доплера будет в 400 раз выше ($q=8000$). Режим навигации по определению местоположения абонента благодаря временной синхронизации позволяет использовать побитное кодирование информации с использованием изменения частоты, что обеспечивает скрытность и помехозащищённость, и нет мешающего воздействия другим устройствам этого диапазона. При этом, при известном местоположении абонента и КА стало возможным применять узконаправленные лучи как в конструкции КА с соответствующим расположением антенн, так и в конструкции антенны абонента для режима Интернет. Соответственно для сохранения режима одновременного обзора всего пятна под спутником с целью первоначальной связи с абонентом должен предусматриваться режим множества лучей как в Iridium и Globalstar. Это определило разбиение одного полотна АФАР из 15-ти в КА с коэффициентом усиления луча в 30 дБ на 4 более мелких секторных антенны по квадрантам с коэффициентом усиления аналогично коэффициенту усиления антенны Iridium (24 дБ). В итоге мы получили 60 лучей в предлагаемом КА против 48 лучей в Iridium. Иными словами, гибкая конструкция

расположения антенн с изменением при необходимости углов наклона антенн и самого КА позволяет максимально использовать энергетический потенциал в нужном направлении. Конструкция антенны мобильного устройства абонента также усовершенствована, и на основе 2-х патч с 4-мя усилителями мощности по 7 Вт позволяет формировать как круговую, так и вертикальную, горизонтальную поляризации, что позволяет убрать мешающие отражения от поверхности Земли. Кроме того, мощность в импульсе может достигать 28 Вт вместо 7 Вт и с учётом направленной антенны в 5 дБ (3,16 раз) энергетический потенциал возрастает в 12,4 раза, что позволяет в любом случае обеспечить устойчивую связь даже за пределами ширины диаграммы направленности антенны абонента. При этом желательно использовать аксессуар в виде наушников и микрофона или включать «громкую связь», так как, не смотря на то, что мы имеем сокращение времени работы в импульсном режиме в 40 раз по сравнению с таким импульсным режимом при 7 Вт в мобильном устройстве Iridium с уменьшением средней мощности в 10 раз, но подносить мобильное устройство к уху нежелательно по медицинским требованиям в любом случае. Это обеспечивает повышение передачи информации с 50 кбит/сек (Iridium) до 2,5 Мбит/сек и сокращает необходимое количество параллельных каналов до 2-х в приёмнике АФАР при обслуживании одним КА 6000 пользователей с сокращением энергетических потерь на цифровую обработку. Соответственно связь с другими устройствами для совмещения функций можно реализовать через Wi-Fi. Таким образом, мы показали, что дальнейший путь развития КА будет связан с многофункциональным исполнением при оптимизации радиотехнических параметров, отсутствием мешающего воздействия на другие радиотехнические системы и соблюдением экономической эффективности при минимальном весе и габаритах, так как в противном случае катастрофическая засорённость космоса неизбежна.

Литература

1. Навигационная система «Цикада» – [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0_\(%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0_(%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0))

2. Методы навигации – <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/mai/sputniko-v-navig-2004.pdf>

3. Система навигации ГЛОНАСС – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%9B%D0%9E%D0%9D%D0%90%D0%A1%D0%A1>

4. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М. и др.; Под ред. Ю.М. Казаринова. Радиотехнические системы. – М. : Высш.шк., 1990. С. 314.

5. Система навигации GPS – IS-GPS-200, NAVSTAR GPS Space Segment/Navigation User Interfaces (Public Release Version, ARINC Research Corporation, El Segundo, CA, December 7, 2004).

6. Рысин А.В., Бойкачев В.Н., Наянов А.М. Способ быстрой фазовой автоподстройки частоты для оптимальной когерентной обработки радиосигналов в низкоорбитальных спутниковых системах связи (НСС). Науч. журнал. «Sciences of Europe» (Praha, Czech Republic)/2021, №80(2021) vol.1, p.52-70).

7. Рысин А.В., Бойкачев В.Н., Наянов А.М. Способ быстрой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и исключение ошибок связанных с дискретизацией сигнала по теореме Котельникова. Науч. журнал. «Обществознание и

социальная психология» выпуск №2-2(46)2023. С. 757-778.

https://drive.google.com/file/d/1gwc2KuWFSnpwNY6x4PSp4Y4_SHcdNqNn/view

8. Мамонкин И.Г. Усилительные устройства. Учебное пособие для вузов. Изд.2-е, доп. и перераб. М. – Связь, 1977. С. 235.

9. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Сов. радио. 1966. С. 473.

10. Дубровка Ф.Ф., Мартынюк С.Е. Полосковая антенная решётка с воздушным заполнением. Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія-Радіотехніка. Радіоапаратуобудування. 2009, №38.

11. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%82%D1%87-%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0>

12. Справочник офицера противовоздушной обороны/Под ред. Г.В.Зимины. – М.: Воениздат,1981, С. 95.

13. Бартон, Г. Вард. Справочник по радиолокационным измерениям. -М.: Сов. радио. 1976. С. 316.

14. <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS>.

15. <https://clck.ru/33dpEm>

16. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Starlink>

RYSIN Andrey Vladimirovich

radio engineer, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

BOYKACHEV Vladislav Naumovich

candidate of technical sciences,
director, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

NAYANOV Aleksey Mihaylovich

head of the sector, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

THE USE OF LOW-ORBIT SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS FOR NAVIGATION WITH OPTIMIZATION OF RADIO TECHNICAL PARAMETERS

Abstract. At the present stage of the development of space systems, the issue of space contamination by satellites for various purposes is acute. Moreover, the number of satellites is increasing at an enormous pace. Thus, up to 12,000 satellites are supposed to be used in the Starlink system. In this article, based on the analysis of the characteristics of known systems, the multifunctional use of satellites with their optimal number is proposed.

Keywords: digital phase auto-tuning, Costas scheme, navigation methods.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ВИННИК Евгений Александрович

студент, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Россия, г. Челябинск

*Научный руководитель – доцент кафедры математики, медицинской информатики и статистики, физики Южно-Уральского государственного медицинского университета, к.п.н., доцент
Диденко Галина Александровна*

БЕЗОПАСНАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Аннотация. В данной статье описываются некоторые вопросы, связанные с организацией безопасного доступа в Интернет. Был проведен обзор программного обеспечения, специализирующегося на фильтрации контента, проанализированы его возможности и функции. В результате авторы предлагают использовать в общеобразовательных учреждениях контент фильтрацию локальной сети интернет.

Ключевые слова: контент-фильтр, система контентной фильтрации, безопасный доступ, сеть Интернет.

Введение. Изначально Интернет развивался бесконтрольно и со временем превратился в массу информации, которая не всегда была безопасной. Это, а также тот факт, что возраст, в котором люди начинают пользоваться Интернетом, становится все более молодым, привело к проблемам безопасности и контроля доступа к Интернет-ресурсам, которые продолжают и по сей день. Основной целью данного исследования является выявление специализированного программного обеспечения для фильтрации контента, отвечающего всем требованиям Федерального закона "О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию".

Для достижения цели были изучены способы подключения к сети Интернет, способы организации системы контентной фильтрации, способы ограничения доступа к информационным ресурсам сети Интернет, раскрыты функции программного обеспечения системы контентной фильтрации, рекомендованного Минобрнауки РФ, функции программного обеспечения для системы контентной фильтрации, рекомендуемой авторами, а также проведен сравнительный анализ всех перечисленных видов программного обеспечения. Для

этого были рассмотрены способы подключения к сети Интернет, построения системы контентной фильтрации и ограничения доступа к информационным ресурсам сети Интернет, функции программного обеспечения системы контентной фильтрации, рекомендованного Министерством образования и науки Российской Федерации, авторские Раскрыты функции программного обеспечения системы контентной фильтрации, проведен сравнительный анализ этих программ. Также были раскрыты функции программного обеспечения системы контентной фильтрации, рекомендованного авторами, и проведен сравнительный анализ этих программ.

При подключении к Интернету учащиеся могут столкнуться с угрозами, о которых они могут не знать, такими как

- риск заражения вредоносным программным обеспечением;
- доступ к неприемлемому контенту;
- контакты с незнакомыми людьми через чаты или электронную почту;
- переписка по электронной почте;
- неконтролируемые покупки.

Изложение основного материала статьи
Угрозу заражения вредоносными

программами можно решить, установив на компьютер антивирусную программу, которая содержит модуль, постоянно контролирующей работу компьютера. Угрозу контактов с неизвестными людьми или нежелательных покупок можно предотвратить, обсудив эту тему с учениками. Но как можно решить проблему угрозы доступа к нежелательному контенту?

Для борьбы с нежелательным контентом применяются как организационные меры (например, назначение ответственных лиц, режим доступа в компьютерные классы, доведение до сведения учащихся кодексов поведения в Интернете, ответственность за незаконные действия), так и технические меры (фильтрация трафика, мониторинг поведения студентов).

Рассмотрим варианты фильтрации контента.

1. Заключение договора с провайдером на предоставление услуг фильтрации – не все провайдеры предлагают такие услуги, поэтому этот вариант не всегда доступен и где гарантия, что фильтрация будет соответствовать требованиям учебного заведения? Кроме того, зачастую учебное заведение не имеет возможности управлять списком фильтрации, что не обеспечивает удобства в работе. Провайдеры автоматически обеспечивают низкоуровневую фильтрацию интернет-ресурсов, когда заключают договор с образовательным учреждением. Такая фильтрация на уровне сервера может ограничивать доступ к определенным ресурсам, но не учитывает содержание загружаемых страниц. В этом случае персональная контентная фильтрация считается не установленной, и организация-провайдер не несет юридической ответственности. Для того чтобы провайдер обеспечил персональную контент-фильтрацию в образовательном учреждении, в договоре должно быть указано, что "...Обеспечивать персональную контент-фильтрацию и нести ответственность за соблюдение требований Федерального закона РФ от 29 декабря 2010 года № 436-ФЗ "О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию" в образовательных учреждениях". На узлах интернет-провайдеров установлены серверы с предустановленными контент-фильтрами. Контент-фильтр – это программа для ограничения веб-контента. Сервер регулярно обновляется для того, чтобы база данных ресурсов, подлежащих безусловной фильтрации, всегда была актуальной в соответствии с установленной

политикой. Схема основана на том, что пользователь посылает запрос на разрешение IP-адреса ресурса. Запрос от пользователя, желающего воспользоваться услугой, направляется провайдером на сервер фильтрации; в момент разрешения IP-адреса имя ресурса проверяется по базе данных запрещенных имен. В случае совпадения пользователю возвращается адрес блокирующего сервера. Таким образом, вместо того чтобы попасть на запрашиваемый домен, пользователь попадает на другой ресурс. Этим ресурсом является сервер управления провайдера контентной фильтрации, что позволяет как выдать пользователю простое информационное сообщение, так и реализовать особый способ обработки подобных событий.

2. Самостоятельно организовать контентную фильтрацию. В этом случае ответственность целиком ложится на образовательное учреждение, но появляется возможность самостоятельно контролировать списки разрешенных и запрещенных ресурсов.

В образовательных учреждениях на компьютерах, имеющих доступ к сети Интернет, должна быть установлена система контентной фильтрации. Назначение системы контентной фильтрации:

- сбор статистических сведений об использовании ресурсов сети Интернет сотрудниками, учащимися или иными пользователями;
- снижение издержек за счет ограничения нецелевого использования сети Интернет;
- ограничение доступа учащихся к нежелательной информации.

Назовем способы организации контентной фильтрации

образовательным учреждением:

1. Локально на каждом персональном компьютере.

2. Программа-фильтр устанавливается на компьютер, контролирующей доступ в сеть Интернет всех персональных компьютеров, входящих в локальную сеть образовательного учреждения.

Первый способ трудоемок и усложняет процесс администрирования программы контент-фильтрации, так как контролировать список доступа к ресурсам необходимо на каждом персональном компьютере. В большинстве случаев такую фильтрацию может отключить пользователь, владеющий минимальными навыками работы с компьютером, самостоятельно.

Второй способ требует от системного

администратора более высокого уровня квалификации, так как он подразумевает администрирование школьного сервера. Но при таком способе организации контроля доступа к ресурсам сети Интернет ни один компьютер не может миновать программу-фильтр, установленную на сервере. Также контролировать список доступных или запрещенных ресурсов нужно в единственном числе. Такой способ позволяет обеспечить доступ в сеть Интернет всех сотрудников и учащихся образовательного учреждения через один общий канал.

Следует отметить, что фильтрация Интернет-ресурсов на локальном уровне должна дополнять, но не подменять систему фильтрации на уровне провайдера. Для обеспечения фильтрации на локальном уровне образовательное учреждение имеет право самостоятельно выбрать систему контентной фильтрации.

Существует довольно много различных способов ограничения доступа учащихся к информационным интернет-ресурсам, содержимое которых несовместимо с целями образовательного процесса. Если использовать в комплексе несколько наиболее доступных способов, то это позволит обеспечить максимально возможную защиту от нежелательного интернет-контента.

Было время, когда все школы были подключены к сети Интернет через провайдера РТКОММ, который и занимался фильтрацией контента. Однако со временем канала со 128 кбит/с многим стало мало и некоторые решили сменить способ подключения и также провайдера. Но тут появляется проблема контентной фильтрации.

Системы, фильтрующие контент,

используют следующие технологии:

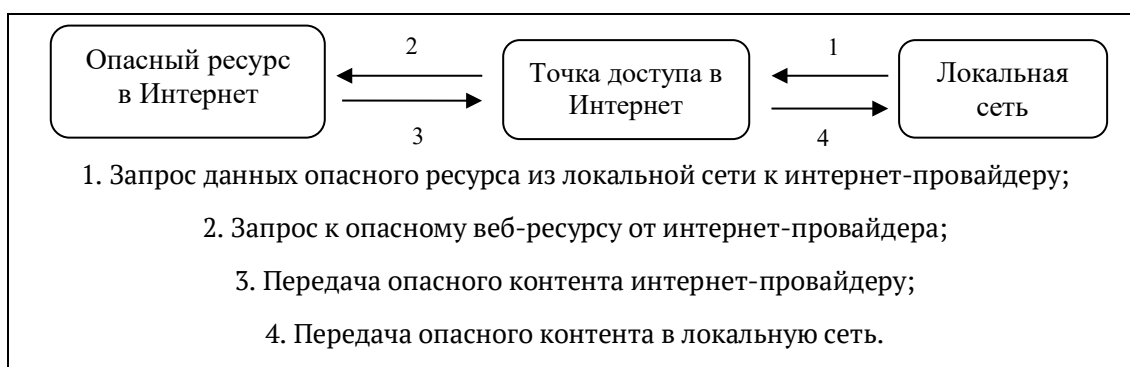
- фильтрация по ключевым словам – конкретные слова и словосочетания применяются для включения блокировки веб-сайта;
- динамическая фильтрация – содержимое запрашиваемого веб-ресурса анализируется в момент обращения и загрузка страниц ресурса в браузер блокируется, если содержимое определяется как нежелательное;
- URL фильтрация – запрашиваемая страница или целый домен могут быть определены или категоризированы как нежелательный ресурс, вследствие чего доступ к таким страницам блокируется.

Ни одна из обозначенных технологий не является универсальной – каждый подход имеет строго ограниченную область применения. Основная проблема – в правильности выдаваемых результатов.

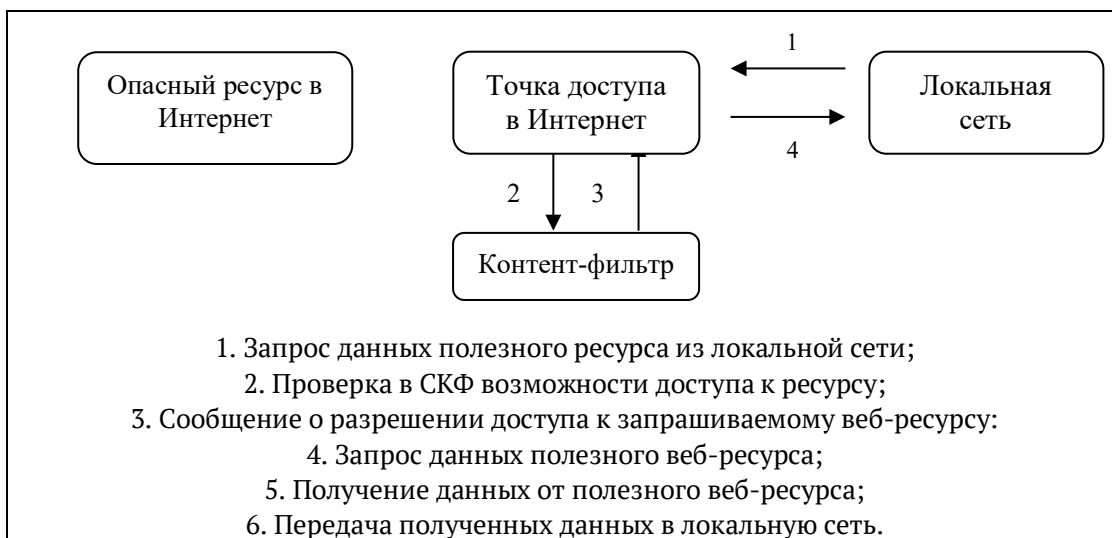
Лучшие в мире системы контентной фильтрации используют URL-фильтрацию, основанную на анализе и категоризации интернет-ресурсов. Такой механизм признан наиболее эффективным методом фильтрации контента.

Основные проблемы, с которыми сталкивается большинство систем контентной фильтрации:

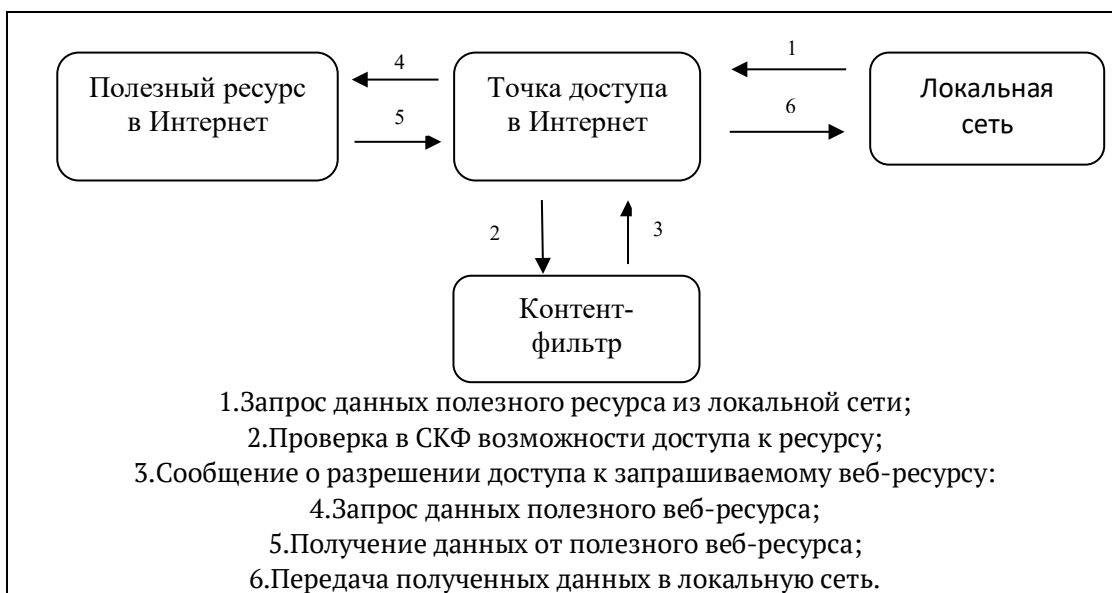
- на одном сайте могут располагаться и «плохой», и «хороший» контент;
- постоянно создаются новые сайты, которые попадают в базу только по истечении некоторого времени;
- сложно проверять зашифрованный трафик
- часто «хорошие» сайты живут за счёт рекламы «плохих».



а) запрос опасного интернет-ресурса без контент-фильтра



б) запрос опасного интернет-ресурса через контент-фильтр



в) запрос полезного интернет-ресурса через контент-фильтр

Рис. Движение запросов интернет-ресурса

Таким образом, организация контентной фильтрации – не право, а обязанность общеобразовательного учреждения. Ее наличие и эффективность регулярно проверяют специалисты управления образования и представители прокуратуры.

Способы ограничения доступа к информационным ресурсам сети Интернет:

1. Безопасный поиск и Родительский контроль. В Сети существуют различные сервисы, предоставляющие безопасный учебный контент. В режиме Безопасного поиска из результатов будут исключены изображения и видео неприемлемого характера, а также ссылки на ресурсы, где может быть размещен подобный контент. Эта функция не гарантирует стопроцентную защиту, но скрывает большую часть

подобного контента. Функция Безопасного (Семейного) поиска реализована в таких популярных поисковых машинах, как Yandex, Google, и т.д. А также можно активировать функцию родительского контроля в ОС Windows 7.

2. Специализированные браузеры. Найти всю полезную информацию для студента в сети помогут Skydns безопасный поиск.

3. Онлайн-сервисы для организации контентной фильтрации. Интернет заполнила реклама. Избавиться от нее поможет адблокер – программа или браузерное расширение для блокировки интернет-рекламы. Установив адблокер, можно избавиться от баннеров, объявлений, рекламной анимации и всплывающих окон.

4. Специализированное программное

обеспечение для контентной фильтрации. Для предотвращения интернет-угроз, таких как «взрослые» сайты; фишинговые сайты; пиратский софт; сайты, распространяющие вирусы; сайты экстремистской направленности;

социальные сети; файлообменники; фото/видео хостинги; блоги; форумы; чаты, и существует специализированное программное обеспечение, ограничивающее доступ к запрещённым или вредоносным ресурсам.

Таблица

Примеры специализированных программных обеспечений для контентной фильтрации

№	Наименование ПО	Фильтрация по ключевым словам	Динамическая фильтрация	URL фильтрация	Техническая поддержка	Стоимость
1	Контент фильтр для образовательных учреждений skydns.ru	есть	есть	есть	есть	от 450 руб. в год за 1 ПК!
2	Комплект интернет-шлюз Ideco ICS + контент-фильтр SkyDNS	есть	есть	есть	есть	15 000тыс. на 100 пользователей

Выводы

Таким образом, организация сетевой безопасности и контентной фильтрации требует от образовательных учреждений значительных временных и материальных затрат и принятия не простых управленческих решений. При этом наличие системы фильтрации не исключает необходимости обучения детей мерам безопасности и определенным правилам поведения в сети Интернет, но ограждает от часто навязываемого искаженного представления об окружающем мире. Одним из средств решения данной проблемы может стать просвещение общественности, участников образовательного процесса и специальная подготовка профессионалов, в первую очередь педагогов, в сфере безопасного поведения человека – специалиста и школьника в мире компьютерных технологий и Интернета.

Решающим фактором безопасного поведения ребенка в Интернете является внимание со стороны родителей к проблеме взаимодействия ребенка с компьютерным миром вообще и сетью Интернет, в частности. Педагогам необходимо обратить внимание родителей на эту специфическую проблему кибербезопасности, подчеркнуть важность участия родителей в безопасной коммуникации ребенка в Сети и организовать периодические встречи, посвященные теме взаимодействия ребенка с сетью Интернет.

Очевидно, что сейчас невозможно гарантировать стопроцентную защиту детей от нежелательного контента. Никакие программные

фильтры никогда такой гарантии не дадут. Но можно формировать у учащихся навык безопасного поведения в Интернете.

Самое главное – приучать детей не «проводить время» в Интернете, а активно пользоваться полезными возможностями Сети.

Для того чтобы реализовать новый подход в образовании, преподавателю необходимо не только подобрать новые методы обучения, научиться сотрудничать, но и уметь работать с технологической информацией, с информационными компьютерными сетями, знать и иметь в руках нормативную документацию, регламентирующей доступ к ресурсам сети Интернет в общеобразовательном учреждении.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2010 N 436-ФЗ (ред. от 29.06.2015) "О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию" [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Консультант Плюс». URL.: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=181927#0> (дата обращения 01.03.2023г.)
2. Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Консультант Плюс». URL.: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=200126#0> (дата обращения 01.03.2023г.)

3. Письмо Минобрнауки России от 28.04.2014 N ДЛ-115/03 "О направлении методических материалов для обеспечения информационной безопасности детей при использовании ресурсов сети Интернет" (вместе с "Методическими рекомендациями по ограничению в образовательных организациях доступа обучающихся к видам информации, распространяемой посредством сети "Интернет", причиняющей вред здоровью и (или) развитию детей, а также не соответствующей задачам образования", "Рекомендациями по организации системы ограничения в образовательных организациях доступа обучающихся к видам информации, распространяемой посредством сети Интернет, причиняющей вред здоровью и (или) развитию детей, а также не соответствующей задачам образования") [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=123707#0> (дата обращения 01.03.2023г.)

4. Интернет контроль сервер для школ и ВУЗов [Электронный ресурс] // Официальный сайт Интернет контроль сервер. URL:

<http://xserver.a-real.ru> / (дата обращения 01.03.2023г.)

5. Комплект "интернет-шлюз IdecO ICS + контент-фильтр SkyDNS" для школ [Электронный ресурс] // Официальный сайт IdecO Selecta. URL: <https://ideco.ru/> (дата обращения 01.03.2023г.)

6. Нормативно-правовая база СКФ [Электронный ресурс]. URL: <http://liitsovet.blogspot.ru/> 2012/05/blog-post.html (дата обращения 24.10.2016г.)

7. Родительский контроль от Kaspersky [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Kaspersky. URL: <http://support.kaspersky.ru/8059> (дата обращения 01.03.2023г.)

8. Федеральный список экстремистских материалов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minjust.ru/ru/activity/nko/fedspisok/> (дата обращения 01.03.2023г.)

9. Фильтр SkyDNS для учебных заведений и библиотек [Электронный ресурс] // Официальный сайт SkyDNS. URL: <https://www.skydns.ru/> (дата обращения 01.03.2023г.)

VINNIK Evgeny Aleksandrovich

student, South Ural State Humanitarian Pedagogical University,
Chelyabinsk, Russia

*Scientific supervisor – Associate Professor of the Department of Mathematics, Medical Informatics and Statistics, Physics of the South Ural State Medical University, PhD, Associate Professor
Didenko Galina Alexandrovna*

SECURE LOCAL INTERNET NETWORK IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Abstract. *This article describes some issues related to the organization of secure Internet access. A review of the software specializing in content filtering was conducted, its capabilities and functions were analyzed. As a result, the authors propose to use content filtering of the local Internet network in educational institutions.*

Keywords: *content filter, content filtering system, secure access, Internet.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

БЛОХИН Даниил Михайлович

студент второго курс,

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Россия, г. Владимир

Научный руководитель – заместитель директора по учебно-методической работе ИАСЭ Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, к.т.н., доцент Прохоров Сергей Викторович

МОДЕЛЬ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВО

Аннотация. В статье рассматривается возможность создание цифровой модели по обработке заявок на разрешение выдачи на строительство, основываясь на градостроительный кодекс Российской Федерации и совокупность ключевых факторов.

Ключевые слова: разрешение на строительство, градостроительный кодекс, построение модели, продукт строительства.

При рассмотрении допустимости выдачи разрешения на строительство необходимо учесть комплекс факторов. Формирование системы, представленной в виде модели, выполняется с позиции государственного служащего. Обобщённая модель может использоваться как типовая для различных органов власти. Под каждый конкретный случай в модель будут вноситься определенные изменения.

Данная модель делится на четыре подсистемы: система объекта, система назначения, система исполнителя, система принятия решения. На рисунке 1 представлена схема построения модели для определения возможности получения разрешения на строительство.

В модели отражены следующие составляющие:

- Основные понятия градостроительного кодекса;
- Цель законодательного регулирования;
- Процесс работы органа местного самоуправления;
- Государственные, муниципальные учреждения;
- Ресурсы в части планирования и принятия решений;

- Количественные и качественные показатели;
- Альтернативные способы реагирования на запросы;
- Соответствующие факторы внешней среды;
- Методология BIM.

Также должны быть выполнены следующие условия:

- Обеспечить безопасность хранения данных подрядных строительных организаций, подающих заявки с полным пакетом документов.
- Учесть возможную проблему авторизации пользователей в программном обеспечении исследуемой модели.
- Программное и аппаратное обеспечение должны быть совместимы.
- Отсутствие проблем с интерфейсом при обмене данными BIM-модели (функциональная совместимость).

Существует множество вариаций между структурами и процессами, происходящими в них. При принятии решения о выдаче разрешения на строительство управление архитектуры и строительства руководствуется градостроительным кодексом Российской Федерации,

поэтому не следует ожидать цифровизацию на данном этапе. В действительности, для достижения наглядности необходимо конкретизировать основные принципы. Однако для практического применения такое обобщение неприменимо, поэтому модель должна быть универсальной. Более того, разрабатываемая модель в последующем будет иметь возможности для

обновления, что повлечет за собой дополнение функционала, увеличение базы данных, ускорение получения результата принимаемых решений. Обновление программы является необходимым условием, так как нормативные правовые акты часто редактируются.



Рис. 1. Схема построения модели для определения возможности получения разрешения на строительство

В производственной базе данных содержатся все сведения об объекте строительства. В состав входит конструктивная схема здания, земельный участок и прилегающая территория. По совокупности этих трех факторов и будет приниматься решения о выдачи разрешения на строительство.

Предоставляется официальная и фактическая информация об существующей застройке, земельном участке и конструкции здания. Их можно представить в качестве исходных данных и условиях для подготовки проектной документации на объект капитального строительства. На рисунке 2 представлена схема системы строительных продуктов.

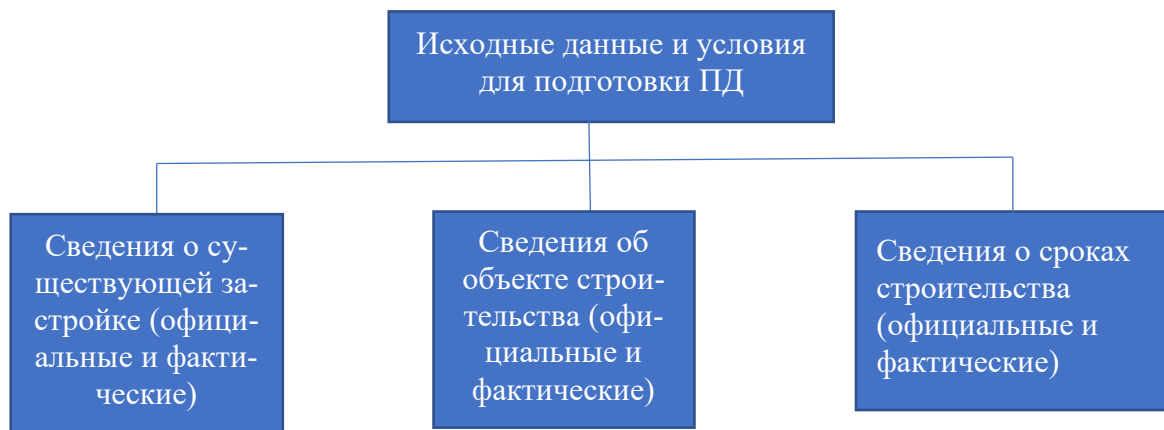


Рис. 2 Схема системы строительных продуктов

Система целей состоит из общих целей и подцелей. Основная цель направлена на определение соответствия требованиям разрешения на строительство. Для удобства проведения испытаний задачи приведены в порядке,

соответствующем главам и статьям градостроительного кодекса, чтобы гарантировать единственное поручение для инспектора. На рисунке 3 представлена схема структуры целевой системы.

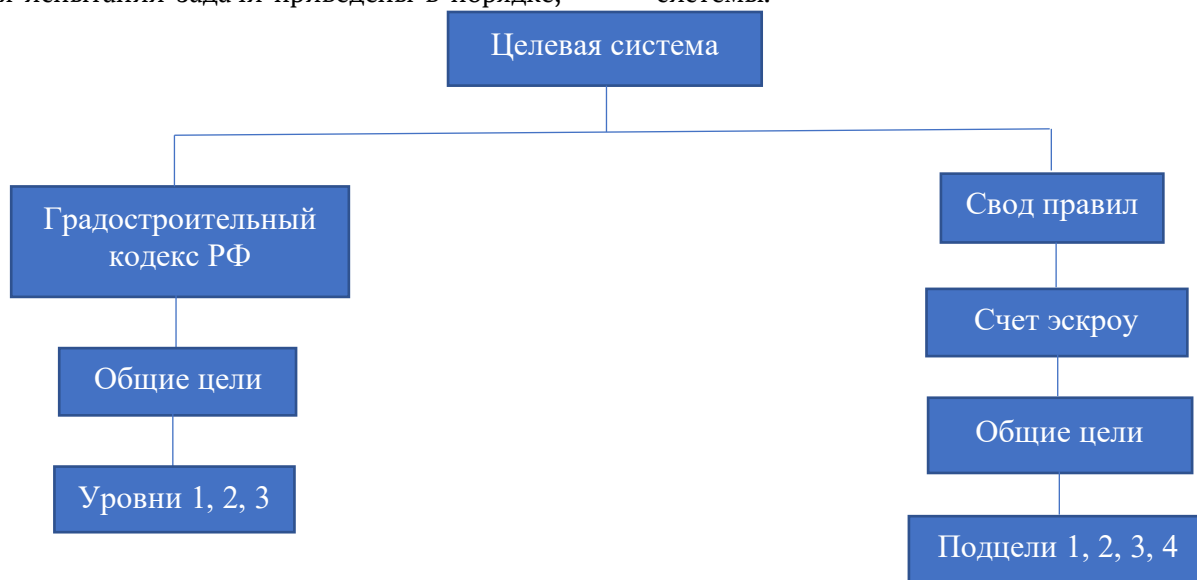


Рис. 3. Схема структуры целевой системы

Литература

1. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.02.2023) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/?ysclid=lelddus9bx449313646 (дата обращения 23.02.2023)
2. СП 48.13330.2019 «СВОД ПРАВИЛ ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СНиП 12-01-2004»

- <https://docs.cntd.ru/document/564542209?ysclid=leldjki4gx141528418> (дата обращения 26.02.2023)
3. Математическое моделирование в строительстве. Учебно-методическое пособие/ Сост. Иванова С.С. – Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2012. – 100 с.
4. Проектное дело в строительстве. Учебное пособие/ Сост. Ю.В. Аникин; Н.С. Царев – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015 – 126 с.

BLOKHIN Daniil Mikhailovich

second-year student,

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov,
Russia, Vladimir

*Scientific Advisor – Deputy Director for Educational and Methodological Work of the IASE
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Prokhorov Sergey Viktorovich*

MODEL FOR DETERMINING THE POSSIBILITY OF OBTAINING A CONSTRUCTION PERMIT

Abstract. *The article considers the possibility of creating a digital model for processing applications for a construction permit, based on the urban Planning Code of the Russian Federation and a set of key factors.*

Keywords: *building permit, urban planning code, model construction, construction product.*

БЛОХИН Даниил Михайлович

студент второго курс,

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Россия, г. Владимир

Научный руководитель – заместитель директора по учебно-методической работе ИАСЭ Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, к.т.н., доцент Прохоров Сергей Викторович

**ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАБОТЫ
С ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМ КОДЕКСОМ**

Аннотация. В статье рассматриваются возможности внедрения в местные органы управления архитектуры и строительства цифровой среды на основе существующего градостроительного кодекса и свода правил.

Ключевые слова: принципы градостроительной деятельности, цифровизация строительства, правовое регулирование, адаптация учреждений.

При разработке целевой системы в качестве подхода был использован метод «доказательство от противного». Это сочетание дедуктивного и индуктивного методов, которые часто используются на практике. Общие цели разделяются на подцели, которые состоят из индивидуальных (дедуктивных) целей. Целевая система следует порядку последовательности. В процессе анализа объекта капитального строительства градостроительный кодекс и свод правил учитываются по отдельности друг от друга.

Руководство по градостроительному кодексу подразделено на три стадии, описанные следующим образом:

1 стадия – подача заявки на получение разрешения на строительство с предоставлением пакета необходимых документов, таких как

1) правоустанавливающих документов на земельный участок;

2) градостроительного плана земельного участка или случае выдачи разрешения на строительство линейного объекта реквизитов проекта планировки территории и проекта межевания территории;

3) материалов, содержащихся в проектной документации, в том числе: а) пояснительной записки;

б) схемы планировочной организации земельного участка, выполненной в соответствии с градостроительным планом земельного участка, с обозначением места

размещения объекта капитального строительства, подъездов и подходов к нему, границ зон действия публичных сервитутов, объектов археологического наследия;

в) схемы планировочной организации земельного участка, подтверждающей расположение линейного объекта в пределах красных линий, утвержденных в составе документации по планировке территории (применительно к линейным объектам);

г) схемы, отображающие архитектурные решения;

д) сведений об инженерном оборудовании, сводного плана сетей инженерно-технического обеспечения с обозначением мест подключения (технологического присоединения) проектируемого объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения;

е) проекта организации строительства объекта капитального строительства;

ж) проекта организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства, их частей (при необходимости проведения таких работ);

4) положительного заключения экспертизы проектной документации объекта капитального строительства (применительно к отдельным этапам строительства в случае, предусмотренном частью 12.1 статьи 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации), если такая проектная документация подлежит

экспертизе в соответствии со статьёй 49 Градостроительного кодекса РФ, положительного заключения государственной экспертизы проектной документации в случаях, предусмотренных частью 3.4 статьи 49 Градостроительного кодекса, положительного заключения государственной экологической экспертизы проектной документации в случаях, предусмотренных частью 6 статьи 49 Градостроительного кодекса РФ;

5) разрешения на отклонение от предельных параметров разрешенного строительства, реконструкции (в случае, если застройщику было предоставлено такое разрешение в соответствии со статьёй 40 Градостроительного кодекса Российской Федерации);

6) согласия всех правообладателей объекта капитального строительства в случае реконструкции такого объекта;

7) копии свидетельства об аккредитации юридического лица, выдавшего положительное заключение негосударственной экспертизы проектной документации, если представлено заключение негосударственной экспертизы проектной документации.

2 стадия – Условия приемлемости или дальнейшего подразделения соответствующей области применения.

Основная цель градостроительного кодекса содержит в себе обезопасить строительный рынок и конечного потребителя строительной продукции от недобросовестных подрядчиков и как следствие некачественно выполненных строительных работ. Также можно выделить основные принципы, которые заключаются в следующем:

1) обеспечение комплексного и устойчивого развития территории на основе территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории;

2) обеспечение сбалансированного учета экологических, экономических, социальных и иных факторов при осуществлении градостроительной деятельности;

3) обеспечение инвалидам условий для беспрепятственного доступа к объектам социального и иного назначения;

4) осуществление строительства на основе документов территориального планирования, правил землепользования и застройки и документации по планировке территории;

5) участие граждан и их объединений в осуществлении градостроительной деятельности, обеспечение свободы такого участия;

6) ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

7) осуществление градостроительной деятельности с соблюдением требований технических регламентов;

8) осуществление градостроительной деятельности с соблюдением требований безопасности территорий, инженерно-технических требований, требований гражданской обороны, обеспечением предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, принятием мер по противодействию террористическим актам;

9) осуществление градостроительной деятельности с соблюдением требований охраны окружающей среды и экологической безопасности;

10) осуществление градостроительной деятельности с соблюдением требований сохранения объектов культурного наследия и особо охраняемых природных территорий;

11) ответственность за нарушение законодательства о градостроительной деятельности;

12) возмещение вреда, причиненного физическим, юридическим лицам в результате нарушений требований законодательства о градостроительной деятельности, в полном объеме.

Литература

1. Шилиманов М. Н. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса: учебно-методическое пособие / М. Н. Шилиманов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 78 с. – ISBN 978-5-7996-1335-8.

2. Ананьин М. Ю. Основы архитектуры и строительных конструкций : Термины и определения : учебное пособие / М. Ю. Ананьин ; научный редактор И. Н. Мальцева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2016. – 132 с. – ISBN 978-5-7996-1885-8.

3. Царев Н. С. Технико-экономические расчеты для инвестиционных проектов в сфере водоснабжения и водоотведения : учебное пособие / Н. С. Царев, Ю. В. Аникин, К. В. Крутикова ; научный редактор В. И. Аксенов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2016. – 132 с. – ISBN 978-5-7996-1885-8.

Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство

Уральского университета, 2016. – 91 с. – ISBN 978-5-7996-1895-7.

BLOKHIN Daniil Mikhailovich

second-year student,

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov,
Russia, Vladimir

*Scientific Advisor – Deputy Director for Educational and Methodological Work of the IASE
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Prokhorov Sergey Viktorovich*

DIGITAL SYSTEM FOR WORKING WITH THE URBAN PLANNING CODE

Abstract. *The article discusses the possibilities of introducing architecture and construction of a digital environment into local government bodies on the basis of the existing urban planning codex and a set of rules.*

Keywords: *principles of urban planning, digitalization of construction, legal regulation, adaptation of institutions.*

КРОПОТОВ Владислав Леонидович

командир учебной группы факультета радиолокационных станций малых высот,
Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны,
Россия, г. Ярославль

ЛЬЯНОВ Ахмед Микаилович

курсант факультета радиолокационных станций малых высот,
Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны,
Россия, г. Ярославль

**ПОВЫШЕНИЕ ЖАРОПРОЧНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ
МЕТОДОМ БОРИРОВАНИЯ**

***Аннотация.** В работе рассмотрены способы, методы, а также результаты изменения фазовой структуры сплавов на основе никеля при их электролитическом насыщении бором.*

***Ключевые слова:** жаропрочность, электролиз, борирование, диффузия.*

Поверхностные дефекты имеют малую толщину и значительные размеры в двух других измерениях. Обычно это места стыка двух ориентированных участков кристаллической решетки. Ими могут быть границы зерен, границы фрагментов внутри зерна, границы блоков внутри фрагментов. Соседние зерна по своему кристаллическому строению имеют неодинаковую пространственную ориентировку решеток.

Повышение прочности металлов и сплавов может быть достигнуто двумя путями:

1. Получением металлов с более близким к идеальному строению кристаллической решетки, т. е. металлов, в которых отсутствуют дефекты кристаллического строения или же их число крайне мало.

2. Либо, наоборот, увеличением числа структурных несовершенств, препятствующих движению дислокаций.

Точечные дефекты образуются в процессе кристаллизации под воздействием тепловых, механических, электрических воздействий, а также при облучении нейтронами, электронами, рентгеновскими лучами. Точечные дефекты приводят к локальным изменениям межатомных расстояний и, следовательно, к искажениям кристаллической решетки. При этом увеличивается сопротивление решетки дальнейшему смещению атомов, что способствует некоторому упрочнению кристаллов и повышению их электросопротивления.

Линейные дефекты характеризуются малыми размерами в двух измерениях, но имеют значительную протяженность в третьем измерении. Наиболее важный вид линейных дефектов – дислокации.

Идеальная кристаллическая решетка представляет собой многократное повторение элементарных кристаллических ячеек. Для реального металла характерно наличие большого количества дефектов строения, нарушающих периодичность расположения атомов в кристаллической решетке. Эти дефекты оказывают существенное влияние на свойства материала.

Точечные дефекты характеризуются малыми размерами во всех трех измерениях. Величина их не превышает нескольких атомных диаметров. К точечным дефектам относятся:

- свободные места в узлах кристаллической решетки – вакансии (дефекты Шоттки);
- атомы, сместившиеся из узлов кристаллической решетки в межузельные промежутки, – дислоцированные атомы (дефекты Френкеля);
- атомы других элементов, находящиеся как в узлах, так и междоузлиях кристаллической решетки – примесные атомы.

Изучение взаимодействия дефектов кристаллического строения с примесными атомами, а также выяснение их влияния на кинетику диффузионных процессов, проходящих в металлах и сплавах, является важнейшей задачей современного металловедения. В поликристаллических телах возможно наличие

различного рода дефектов: точечных (вакансии и дислоцированные атомы), линейных (дислокации) и поверхностных (границы раздела). Существование подобных дефектов приводит к различиям в протекании диффузионных процессов в этих областях и к неравновесному распределению примесных атомов по объему металла. Поэтому исследование влияния дефектов кристаллической решетки на диффузионную подвижность примесных атомов представляется важным как в теоретическом, так и в практическом аспектах. С.З. Бокштейном [1, с. 89] отмечено, что в поликристаллических телах коэффициент диффузии намного выше, чем в монокристаллах того же вещества. Подвижность примесных атомов в поликристаллах находится в сильной связи с размерами зерен, то есть зависит от протяженности границ зерен. С увеличением размеров зерен диффузионная подвижность примесных атомов уменьшается. С. Д. Герцрикен [2, с. 124], рассматривая механизм диффузии на границах, сделал допущение, что диффузия в структурно – неоднородных областях осуществляется не по равновесным, а по структурным вакансиям. Для металлов с ГЦК решеткой энергия активации образования вакансий E_v составляет примерно $1/3 Q_{сам}$, а энергия их движения $E_d = 2/3 Q_{сам}$. Поэтому автором было введено следующее соотношение: $E_{гр} = Q_{сам} - E_{вак} = E_d$ (1), т.е. $E_{гр}/E_{об} = 0.6 - 0.7$.

В работе [3, с. 348] приведены значения энергии активации самодиффузии и диффузии по границам зерен и по объему зерна для металлов с ГЦК и ОЦК структурой. Отмечено, что отношение $Q_{гр}/Q_{об}$ находится в пределах от 0,35 до 0,7.

В. И. Архаров [4, с. 159] уточнил формулу для определения энергии активации по границам зерен, ввел в нее величину ΔE , которую определил как изменение энергии активации движения атомов за счет искажений в переходной зоне.

Автор работы [5, с. 99], исследуя самодиффузию в α и γ – железе, подсчитал, что энергия активации самодиффузии γ – железа в объеме и по границам зерен соответственно равны 6400 и 30600 кал/моль, то есть:

$$Q_{гр}/Q_{об} = 0,48.$$

Таким образом, анализ работ по изучению процессов самодиффузии и гетеродиффузии различных металлов показал, что коэффициент диффузии по границам зерен значительно выше, чем по объему зерна, а энергия

активации граничных диффузий составляет от 0,5 до 0,7 энергии диффузии по объему.

Не менее Важным в развитии наших представлений о диффузии по границам зерен является положение о том, что скорость диффузии по границам зерен зависит от степени их разориентации. Для объяснения этих эффектов были предложены различные модели строения высокоугловых границ.

На основании вышеприведенного литературного обзора можно сделать вывод об актуальности вопроса диффузионного борирования как в плане практического применения, так и в плане объекта научного исследования. Исходя из этого были поставлены следующие задачи: освоить метод электролитического борирования никеля; исследовать кинетику и морфологию роста боридных слоев в никеле при электролитическом диффузионном насыщении.

Для определения зависимости глубины диффузионных боридных слоев на никеле от времени, варьировались температура печи и время электролитического процесса при условии постоянной плотности тока на катоде. Оптимальной величиной катодного тока принята величина, равная 0,2 А/см.

При температуре 950°C глубина слоя растет прямо пропорционально времени химико-термической обработки. Линейная зависимость сохраняется вплоть до температуры 900°C. Борирование при меньших температурах приводит к параболической зависимости глубины диффузионного слоя от времени насыщения.

Линейная зависимость для случая экзотермического образования боридов в литературе объясняется флуктуацией концентраций борида на поверхности никеля. Такие флуктуации якобы приводят к образованию в некоторых точках легкоплавкой эвтектики на основе $Ni + Ni_3B$. Коэффициент диффузии бора в такой эвтектике увеличивается, что приводит к более интенсивному проникновению бора в образец. При уменьшении температуры вероятность образования эвтектики уменьшается, а, следовательно, уменьшается и дополнительная подвижность атомов бора.

Было показано, что при малых временах борирования возникающая боридная фаза не имеет вид непрерывного поверхностного слоя и характеризуется разрывами, представляющими собой чистые зерна никеля. Морфология зерен высших боридов Ni_2B и Ni_4B_3 характеризуется равноосностью и стремлением к

минимизации протяженности границы зерна, что свидетельствует о росте зерна по принципу фазовой рекристаллизации.

Также были произведены измерения микротвердости по сечению боридной фазы. По их результатам можно констатировать факт диффузии бора в системе, представляющей собой стехиометрические соединения Ni₂B и Ni₃B. Факт диффузии бора в системах стехиометрического состава позволяет сделать вывод, что образование высших боридов из низших происходит путем последовательной рекристаллизации твердых растворов вычитания по бору.

Литература

1. Бокштейн С. З. Строение и свойства металлических сплавов / С. З. Бокштейн. – М.: Металлургия, 1971. – 452 с.
2. Герцрикен С. Д. ФММ / С. Д. Герцрикен. – 1956. – Т.2, вып.2, – С. 378.
3. Клоцмон С. М., Тимофеев А. Н. В 16 томах / С. М. Клоцмон и др.; под редакцией Трактенберг И. Ш. ФТТ, 1969, – 564 с.
4. Архаров В. И. ФММ / В. И. Архаров. – 1956. – 379 с.
5. Бокштейн С. З. Исследование строения металлов методом радиоактивных изотопов / С. Т Кишкин, Л. М. Мороз. – М.: Металлургия., 1955. – 256 с.
6. Лазарев С.Н. Защитные покрытия / С.Н. Лазарев. – М.: Высш. шк., 1991. – 321 с.

KROPOTOV Vladislav Leonidovich

Commander of the training group of the Faculty of low-altitude radar Stations,
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Russia, Yaroslavl

LIANOV Akhmed Mikailovich

Cadet of the Faculty of Low-altitude radar stations,
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Russia, Yaroslavl

INCREASING OF HEAT RESISTANCE OF NICKEL ALLOYS BY BORIDING METHOD

Abstract. *The paper deals with methods, techniques and results of changing the phase structure of nickel-based alloys at their electrolytic saturation with boron.*

Keywords: *heat resistance, electrolysis, boration, diffusion.*



DOI 10.51635/27131513_2023_9_1_75

МУХАМЕТХАНОВ Рустам Ильдусович
руководитель группы проектирования раздела «Генеральный план»,
ГУП «Татинвестгражданпроект», Россия, г. Казань

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Статья посвящена характеристике технологических свойств проектирования спортивных сооружений. Выделены требования к спортивным сооружениям, при проектировании которых необходимо соблюдать. Отмечены особенности индивидуальных строительных проектов. Указана дефиниция термина «спортивное сооружение».

Ключевые слова: спортивное сооружение, конструкция, стадион, безопасность, зрители.

В русле мировых тенденций развития спорта, физической культуры в государстве достаточно интенсивно идет процесс формирования новых спортивных и физкультурно-оздоровительных комплексов и отдельных сооружений. Основными критериями для формирования новых требований, выдвинутых к спортивным сооружениям, стали удобство и безопасность зрителей, новые технологии и эффективная коммерческая эксплуатация. В связи с этим исследование технологических свойств проектирования спортивных сооружений и обусловило **актуальность** статьи.

Целью статьи является проведение характеристики технологических свойств проектирования спортивных сооружений.

Современные спортивные сооружения должны иметь резервы для размещения и приспособления дополнительного оборудования для проведения масштабных событий. Архитектура сооружений должна удовлетворять не только функциональные и деловые аспекты, но и вызвать эмоции у посетителей.

Решающими факторами проектирования спортивного сооружения являются:

- доступность к сооружению, сегрегация категорий зрителей и участников мероприятия, свободное попадание на свое место и распределение зрительских потоков;
- безопасная эвакуация (в том числе экстренная) зрителей;
- учет изменений в демографии зрителей;

- изменения в привлекательности спортивных и неспортивных событий, что проходят на сооружениях;
- изменение требований к комфорту зрителя и видам сервиса;
- уменьшение общественного финансирования и увеличение доли коммерческой самостоятельности в обеспечении сооружений;
- учет бизнес-плана комплекса и стратегии маркетинга;
- планировочные и технические решения, связанные с ростом влияния СМИ благодаря их коммерческим возможностям, связаны с глобальными средствами телекоммуникации.

В зависимости от близости расположения к центру города сооружения можно разделить на два типа: лежащие в составе центральной или исторической части города и размещающиеся на пригородной территории.

На выбор решения о местоположении сооружения влияет предпочтение оператора сооружения и муниципальной концепции. Проектное решение сооружения должно соответствовать окружающим и учитывать большое количество градостроительных факторов.

Местонахождение сооружения должно иметь удобные связи с городским транспортом, аэропортом и ж/д вокзалом, а также с загородными автомагистралями [1, с. 93].

Доступная и удобная связь с городским центром предоставляют возможность лучшей эксплуатации сооружения и достижения синергетических коммерческих эффектов. Отдельно должна быть разработана концепция удобного и безопасного доступа в комплекс сооружения

для просмотра различных мероприятий соответствующего масштаба.

Существование доступной и удобной транспортной связи с сооружением является очень важным фактором.

Доступность попадания на сооружение обеспечивается такими транспортными коммуникациями, как:

- индивидуальный транспорт (частные транспортные средства);
- городской транспорт: транспортные средства, обеспечивающие связь с аэропортом; транспортные средства, работающие на длинных дистанциях (для связи с пригородными поездами); трамваи, метрополитен, автобусы;
- обслуживающий транспорт, а также парковки для транспортных средств медиа-служб;
- транспорт, обеспечивающий сохранность персонала и зрителей (транспортные средства медработников и милиции).

Для людей с особыми потребностями необходимо обеспечить отдельные пути подъезда и эвакуации, а также парковочные места. Такие парковочные места необходимо размещать в непосредственной близости к сооружению, они должны быть доступны благодаря отдельным маршрутам городского транспорта и быть расположены в идеальной позиции соответствующих входов в спортивное сооружение.

Одним из важнейших элементов проектирования спортивных сооружений является их безопасность, а одной из предпосылок является личная безопасность, которая важнее безопасности собственности («Personal security before protection of property»), зависимость между большинством требований и правил при проектировании сооружений [2, с. 51].

Зона спортивного комплекса или специально выделенная зона, периметр которой является первым барьером сохранности.

Зона спортивного сооружения или специально выделенная зона, периметр которой является первым барьером сохранности. Специально выделенная зона организуется в случае проведения крупных знаковых соревнований или тех мер, которые могут носить конфликтный характер.

Внутри зоны в таких случаях объявляется особый транспортный режим, позволяющий проезд внутрь зоны только для зрительских автомобилей, имеющих билеты на места, парковок, для специального транспорта, для транспорта с отдельными пропусками, а также для жителей района, проживающих в пределах данной зоны.

Периметр обустраивается временными барьерами, знаками и специальными постами полиции. В данной зоне осуществляется первичный зрительный контроль билетов – то есть первая проверка, направленная на визуальную идентификацию зрителя.

Важным требованием инженерного обеспечения безопасности зрителей является организация первой особой категории электроснабжения для освещения, путей эвакуации, всех информационных систем (табло, рекламная дорожка вокруг поля, световая навигация).

Важнейшим вопросом обеспечения безопасности посетителей спортивного сооружения является проектирование ограждений. В целях сохранения безопасности в ограждениях выполняются отверстия для прохода.

Ограждения также необходимы для того, чтобы минимизировать риск падения людей. Верхняя часть ограждений должна быть выполнена таким образом, чтобы их использование для хранения элементов, которые могут поставить под угрозу жизнь других зрителей, было невозможным [3, с. 108].

В последнее время получили распространение электронные турникеты, через которые могут проходить зрители с билетами, имеющими штрих-код. Для свободной эвакуации зрителей необходимо пометать и держать свободными эвакуационные пути.

В отдельных спортивных сооружениях, например, стадионах, существует два типа организации зон для административных и высокопоставленных лиц: открытые, в которых размещается большое количество людей (лаунж-зоны), и отдельные комнаты (скай-боксы), имеющие прямой доступ через внутренние помещения стадиона и выход в открытые ложи.

Обслуживание таких зон стремится к высококачественному: в интерьере размещается соответствующая мебель, создается мягкий свет, включается музыка; кухня обслуживает закусками и напитками; обеспечивается доступ к интернету, что важно для бизнес-элиты.

Спортивные сооружения – это один из важнейших элементов инфраструктуры современных городов. Они предназначены для реализации физических и спортивных активностей, а также являются местом общения и развлечения для жителей. Конструирование спортивных сооружений – это комплексный процесс, требующий применения современных технологий и знаний в области строительства, архитектуры и инженерии (рис. 1).



Рис. 1. Макет спортивного сооружения

Одним из главных технологических свойств проектирования спортивных сооружений является их безопасность. Проектирование должно учитывать факторы, такие как вероятность падения, возможность поражения участников спортивных мероприятий и т.д. [10, с. 16].

Безопасное расположение мест для людей с особыми потребностями должно быть гарантировано и защищено от возможных попыток других зрителей сократить путь при движении к своим местам или к выходу. В противном случае стюардам придется лично поддерживать порядок на данной территории. Таким людям необходимо оказывать техническую поддержку.

На отдельных видах спортивных сооружений должны быть как минимум две системы радиопередачи доступны для зрителей, имеющих недостатки зрения [4, с. 12].

Во время проектирования значительное внимание нужно уделять медиа-оборудованию (экраны для повторов информации, звук, рекламная дорожка вокруг игрового поля), чтобы отвечать требованиям для проведения различных видов событий. Доступ к вспомогательным зонам не должен быть свободным.

Следует отметить, что отдельную роль при проектировании спортивных сооружений играют методы проектирования.

Также при проектировании спортивных сооружений необходимо учитывать ряд факторов:

1. Определение функционального назначения сооружения – прогнозирование статуса сооружения относительно возможного уровня национальных или международных соревнований, определение емкости трибун.

2. Определение градостроительных задач, касающихся размещения в городе (районе города); связи с общественными видами транспорта, автостоянок; размещение необходимого расчетного количества площадок для автотранспорта и их емкости в расчете на постоянных болельщиков (зрителей) и VIP-персон; расчетного количества автобусов, подвозящих болельщиков; комплекса средств для телевизионной трансляции со всем необходимым оборудованием; площадок для размещения гостеприимного комплекса, транспортной связи комплекса с аэропортом, железнодорожным и автобусным вокзалами; транспортного и других взаимосвязей принимающих городов с учетом всей обеспечивающей их инфраструктуры во время проведения международных соревнований, в которых принимает участие несколько спортивных сооружений [5].

3. Организация движения и контроля масс зрителей. Организация степенного контроля доступа.

4. Организация размещения и движения специального транспорта и специальных средств – службы полиции; медицинской службы; службы пожарной безопасности. Организация площадок селекции пострадавших и оказание помощи в экстренных ситуациях.

5. Планировочные решения собственно спортивного комплекса для его периметрального ограждения; сегрегации зрителей; организации контура доступа; организации навигации для зрителей и участников соревнований; организации быстрой (нормативной) эвакуации из комплекса [9, с. 22].

6. Размещение комплекса помещений и сооружений инженерно-технического обеспечения жизнедеятельности сооружения и проведения спортивных мероприятий.

7. Обеспечение инженерными системами, благодаря функционированию которых в

рабочем состоянии поддерживается структура сооружения, например, его подогрев, дренаж (осушение), полив, инсоляция, агрономические мероприятия [6, с. 41].

Указанные факторы раскрывают цель создания сооружения, заключающуюся в формировании максимально возможной безопасности и комфортности для зрителей, в экономической состоятельности, в соответствии с его параметрами спортивного комплекса, а также в коммуникативной эффективности.

Например, стадион «Стемфорд Бридж» имеет четыре разные системы конструкций покрытия трибун – от вантовых подвесок стропильных систем Западной, Северной и Южной трибун до структурной консоли Восточной. Материалом для покрытия крыши является профнастил и только одной трети покрытия – прозрачный поликарбонат (рис. 2) [7, с. 15].



Рис. 2. Стадион «Стемфорд Бридж» (Челси)

Также существуют примеры строительства временных стадионов, таких как Brita Arena в Великобритании (2007 г.), где модульным способом был построен временный стадион. Трибуны были установлены без фундаментов. Инфраструктура, необходимая для стадиона, была размещена в соседнем здании. После окончания мероприятия здания были возвращены его прежние функции.

Для строительства спортивных сооружений важным фактором является разработанный

индивидуальный проект согласно требованиям законодательства.

Кроме того, важными вопросами проектирования спортивных сооружений являются вопросы охлаждения, освещения и т.д., которые также связаны с их дальнейшей эксплуатацией, а также возможностью вложения инвестиций в проект. В целях решения вопросов такого рода проектировщики предусматривают использование солнечной энергии для поставки населенного пункта независимо от сезона или

осуществления расчета аэродинамических нагрузок и положения крыши для возможности регулирования направления потоков воздуха и охлаждения внутреннего пространства сооружения [8, с. 47].

Требования к проектированию спортивных сооружений содержатся в Градостроительном кодексе Российской Федерации, а также иных нормативных правовых актах, содержащих строительные требования.

Таким образом, проектирование спортивных сооружений должно осуществляться с учетом системы факторов, в соответствии с которыми определяются: планировочная структура спортивного комплекса, конструктивная схема, материалы и, в конечном счете, формируется архитектурно-образное решение сооружения.

Решающими факторами проектирования спортивного сооружения являются: доступность к сооружению, сегрегация категорий зрителей и участников мероприятия, свободное перемещение на свое место и распределение потоков зрителей; безопасная эвакуация зрителей (в том числе экстренная); учет изменений в демографии зрителей; требования, касающиеся комфорта зрителя и видов сервиса и т.д.

Литература

1. Аристова Л.В. Физкультурные и спортивные сооружения. – М.: Прогресс, 2009. – 170 с.
2. Ахаимова А.А., Ковальская Г.Л., Сентябрев Н.Н. Архитектурно-планировочные особенности физкультурно-спортивных сооружений учебных заведений // Современные

проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 49-55.

3. Бурлаков И.Р. Спортивные сооружения и комплексы: Учебное пособие. – М.: Ростов-на-Дону, 2007. – 256 с.

4. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. – 2014. – № 6. – С 10-19.

5. Квашнин С.В., Кожакова И.А. Особенности проектирования современных стадионов в России // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013004578> (дата обращения: 09.02.2023).

6. Миллер Ю.В. Климатизация спортивных сооружений: особенности проектирования / Ю.В. Миллер // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2021. – № 3. – С. 38-45.

7. Позднякова Н.П. Принципы и приемы организации городской среды средствами архитектурной пластики // Вестник БГТУ В.Г. Шухова. – 2014. – № 1. – С. 13-20.

8. Секеев Р.Е. Современные тенденции проектирования спортивно-зрелищных сооружений / Р.Е. Секеев // Молодой ученый. – 2021. – № 17 (359). – С. 46-48.

9. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Серых И.Р., Мостафа Осман, Атаэль Карим Шоейб, Павленко В.И. Эффект усиления круглых железобетонных колонн волокнистыми композитами // Вестник БГТУ В.Г. Шухова. – 2014. – № 4. – С. 20-25.

10. Ярмош Т.С. Социокультурные функции жилой среды // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 4. – С. 15-29.

MUKHAMETKHANOV Rustam Ildusovich

Head of the design group of the section "Master Plan",
SUE "Tatinvestgrazhdanproekt", Russia, Kazan

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DESIGNING SPORTS FACILITIES

Abstract. The article is devoted to the characteristics of the technological properties of the design of sports facilities. The requirements for sports facilities are identified, the design of which must be observed. The features of individual construction projects are noted. The definition of the term "sports facility" is indicated.

Keywords: sports facility, structure, stadium, security, spectators.

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

АХМЕТЬЯНОВА Юлия Мударисовна

студент магистратуры, Башкирский государственный аграрный университет, Россия, г. Уфа

КАМАЛЕТДИНОВА Лиана Маратовна

студент магистратуры, Башкирский государственный аграрный университет, Россия, г. Уфа

БАЙТУРИНА Регина Рафаилевна

кандидат биологических наук, доцент,
Башкирский государственный аграрный университет, Россия, г. Уфа

РОЛЬ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УЛУЧШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

***Аннотация.** В статье представлена характеристика и проанализированы основные экологические функции зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды. Особое внимание уделяется озеленению как основному средству улучшения здоровья в городах и создания зеленых насаждений, что имеет большое экологическое значение. Также рассматривается влияние городского озеленения на здоровье человека.*

***Ключевые слова:** зеленые насаждения, городская среда, экология, экологическое состояние, озеленение, благоустройство территорий.*

Экологическое обустройство любой территории призвано создавать благоприятные условия для жителей и экосистем, а именно, оно должно способствовать улучшению экологической ситуации; созданию рационального и гармоничного значения пространственной композиции городов, обеспечивающие оптимальные условия для социальных функций и обладающие высокими эстетическими качествами и выразительностью. Озеленение территории играет важную роль в санитарных, противопожарных и художественных аспектах. Насыщая окружающую среду кислородом, защищая территорию от воздействия ветров, деревья и кустарники служат естественным фильтром и защитой жилых районов, прилегающих к производству, от пыли, сажи, вредных газов и шума. Их можно эффективно использовать для защиты от прямых солнечных лучей. Кроме того, они являются наиболее эффективным средством борьбы с загрязнением воздуха, шумом и патогенными микроорганизмами.

Ниже приведен подробный анализ зеленых насаждений, являющихся обязательной частью города, которые нейтрализуют и уменьшают негативное воздействие промышленности и автомобильного транспорта. Функции, которые они выполняют в городской среде, очень разнообразны. Условно их можно разделить на два основных компонента: эстетический и экологический.

В эстетическом аспекте зеленые насаждения играют огромную роль в формировании архитектурно-художественного облика города, придающие городской среде индивидуальные, неповторимые черты. Они оттеняют, подчеркивают, выделяют наиболее ценные здания, сооружения, памятники, украшают глухие стены, заборы, старые здания, промышленные объекты и т.д.

В связи с усилением глобальных процессов урбанизации, ростом городов, увеличением городского населения, а также быстрым развитием промышленности и автомобильного

транспорта экологическая функция зеленых насаждений в городских районах остается особенно важной. Именно в этом контексте логичны функции зеленых насаждений в большом городе.

Защита от ветра

Зеленые насаждения играют огромную роль в снижении скорости ветровых потоков, в изменении направления ветровых воздушных масс, выступают в качестве факторов, улучшающих воздух городских районов, защищающих людей от чрезмерного охлаждения в зимнее время года и от перегрева летом. Над более нагретыми открытыми пространствами воздух поднимается, и холодный воздух зеленого массива устремляется на смену. Таким образом, возникают горизонтальные воздушные потоки, которые способствуют проветриванию территории и рассеиванию вредных примесей, снижающие их концентрацию. В большинстве случаев ослабление скорости ветра до 5% от первоначальной происходит в глубине зеленого массива на расстоянии около 40 метров от периметра насаждений [2]. Это расстояние зависит от плотности древостоев и кустарников, видового состава, а также их возраста.

Регулирование микроклимата

Ряд исследований, проведенных еще в 70-х годах, показали, что зеленые насаждения могут значительно улучшить микроклимат городов. Одной из важнейших ценностей зеленых насаждений является то, что они осуществляют процесс утилизации углекислого газа. О масштабах этого процесса свидетельствует тот факт, что растения связывают около 6-7% углекислого газа, содержащегося в атмосфере в виде органических веществ в год [6].

За счет испарения и транспирации (этот термин означает испарение растением избыточной влаги через устьица листьев или стеблей), в летний период повышается относительная влажность воздуха, в результате чего снижается его температура. Разница в температуре между зелеными насаждениями и открытыми площадками составляет 4-8°C. Этот эффект объясняется тем, что стены домов, асфальт и другие искусственные поверхности сильно нагреваются и медленно остывают, поддерживая высокую температуру окружающей среды в течение длительного времени [2].

Деревья слегка нагреваются, так как поверхность крон отражает часть солнечного излучения. Уменьшая летнюю жару, зеленые насаждения одновременно повышают

относительную влажность воздуха примерно на 15-30%. Такой воздух больше подходит для дыхания человека, а повышение влажности воспринимается как понижение температуры воздуха.

Защита от шума

Городской шум, как и промышленный, наносит ощутимый вред здоровью человека. Это оказывает угнетающее действие на нервную систему, снижает возможности иммунной системы, снижая способность организма противостоять различным заболеваниям. Благодаря ландшафтному дизайну человеческий организм может переносить шум без каких-либо особых последствий. Уровни шума превышают эти значения десятки раз на оживленных городских улицах. В современных крупных городах до 60% населения живет в условиях акустического дискомфорта. Повышенный шум вызывает ухудшение слуха, развитие специфического заболевания слухового нерва, следствием которого может быть глухота. Неспецифические эффекты шума проявляются в расстройствах нервной и сердечно-сосудистой систем (повышение артериального давления, раздражительность, апатия и т.д.). Для защиты городской среды от шума используются специально сформированные полосы зеленых насаждений. Посадка деревьев и кустарников создает эффект поглощения, рассеивания или отражения шума. Шумоподавляющие насаждения предназначены для уменьшения шума, создаваемого различными источниками. Полосы озеленения должны состоять из очень плотных древесных насаждений со смыкающимися кронами [6]. Шумозащитные полосы выполнены плотными линиями, без зазоров. Для этого между стволами деревьев высаживают кустарники.

Ширина лесополосы участка должна составлять не менее 10-15 метров, оптимальное значение – 25 метров. Требуемая высота посадки составляет 5-7 метров. Пояс из нескольких рядов деревьев с промежутком между ними, равным высоте посадки является более эффективным. Тем не менее наибольший эффект в данном случае дает пояс с разной высотой посадки: у источника шума – ниже, а затем выше.

Санитарно-гигиеническая роль зеленых насаждений

Относительно недавно были раскрыты фитонцидные свойства ряда растений, это: черемуха, сирень, вишневый лавр, а также ряд других видов деревьев, среди которых есть как

лиственные, так и хвойные растения. Фитонциды коры ели убивают бактерии дифтерии. Сок антоновских яблок, препараты из листьев тополя и некоторых других растений убивает бактерию дизентерии. Фитонциды черемухи и вишневого лавра в лабораторных условиях убивают мух, комаров и клещей за 10-12 секунд.

Плантация можжевельника на площади 1 гектар выбрасывает в воздух 30 килограммов летучих веществ с бактерицидными свойствами, достаточных для стерилизации воздуха небольшого города или одного микрорайона крупного населенного пункта или агломерации. Из-за воздействия фитонцидов в 1 кубометре воздуха в лесу содержится всего 200-300 бактерий, в воздухе крупных городов их в 200-250 раз больше [4]. Около 72% частиц пыли и мелких примесей, взвешенных в воздухе, до 60% диоксида серы оседают на деревьях, кустарниках и траве. Зеленые насаждения поглощают углекислый газ, одновременно выделяя кислород, тем самым обеспечивая человека веществами, необходимыми для жизни.

Оздоровительная функция зеленых насаждений

Благоустроенные территории оказывают эмоциональное и ментальное воздействие на человека. Научно доказано, что природный ландшафт активно способствует восстановлению подвижного баланса между организмом и окружающей средой, который нарушается из-за болезни, усталости и недостаточного пребывания на свежем воздухе.

Согласно теории цвета, успокаивающее действие природы заключается в образовании в ней двух цветов – зеленого и синего. Особое мягкое лесное освещение, богатство красок, аромат цветов, шелест листьев и пение птиц также важны.

Так же, уменьшение болевого синдрома было отмечено благодаря визуальному контакту с ландшафтным дизайном. Кроме того, некоторые исследователи отмечают нормализацию артериального давления и укрепление иммунитета, повышение двигательной активности и интереса к жизни в целом, снижение числа обострений хронических заболеваний, в

том числе сахарного диабета, и увеличение продолжительности жизни.

После переноса исследований на здоровье городских жителей было отмечено, но также и снижение уровня преступности в неблагополучных районах – как после их озеленения и благоустройства.

Таким образом, одним из способов улучшения городской среды является озеленение. Зеленые насаждения поглощают пыль и токсичные газы. Они участвуют в образовании гумуса почвы, который обеспечивает ее плодородие. Формирование газового состава атмосферного воздуха напрямую зависит от флоры. Растения обогащают воздух кислородом, фитонцидами и легкими ионами, полезными для здоровья человека, и поглощают углекислый газ. Зеленые растения смягчают климат. Они поглощают так называемую энергию и создают углеводы и другие органические вещества из минералов почвы и воды в процессе фотосинтеза. Растения не только выполняют свои биологические и экологические функции, но и их разнообразие. Многие виды растений являются целебными материалами и частями лекарств.

Литература

1. Блонская Л.Н., Зотова Н.А. Ландшафтно-экологическая характеристика зеленых насаждений г. Уфы. – М.: Экологический аспект: насаждения города Уфы, 2015.
2. Касимов Н.С. Экология города: учебное пособие. – М.: Научный мир, 2004.
3. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды – М.: Академия наук СССР. Москва: «Наука», 1986.
4. Афонина М.И. Основы городского озеленения. – М.: Учебное пособие, 2010.
5. Батталова, Р.Р. Эколого-дендротерапевтическое влияние лесных насаждений на жителей города Уфы – М.: Вестник Оренбургского государственного университета. 2017, № 5 (205).
6. Байтурина Р.Р., Габдрахимов К.М., Кононов В.Ф. Экологический аспект: насаждения города Уфы. – М.: Статья «Эпоха науки», 2019. №20.

AKHMETYANOVA Yulia Mudarisovna

Master's degree student, Bashkir State Agrarian University, Russia, Ufa

KAMALETDINOVA Liana Maratovna

Master's degree student, Bashkir State Agrarian University, Russia, Ufa

BATURINA Regina Rafailevna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,

Bashkir State Agrarian University, Russia, Ufa

THE ROLE OF GREEN SPACES IN IMPROVING ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE URBAN ENVIRONMENT

Abstract. *The article presents the characteristics and analyzes the main ecological functions of green spaces in creating an optimal urban environment. Particular attention is paid to landscaping as the main means of improving health in cities and creating green spaces, which is of great ecological importance. The influence of urban landscaping on human health is also considered.*

Keywords: *green spaces, urban environment, ecology, ecological condition, landscaping, landscaping.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал
2023 • № 9 (139)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.
Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»
Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135
Email: info@apni.ru
Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».
Номер подписан в печать 05.03.2023г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.
308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40