

---

---

# **ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

УДК 629.7

## **МЕТОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ, ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ УНИФИЦИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ**

*Статья поступила редакцию 27.10.2014, в окончательном варианте 23.11.2014.*

*Кащеев Николай Александрович*, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ КС имени А.А. Максимова – филиала ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, 141091, Российская Федерация, Московская область, г. Юбилейный, ул. Тихонравова, 27, e-mail: kashcheev@r4f.su

*Герасимов Олег Николаевич*, начальник военного представительства МО РФ, ОАО «НИИФИ», 440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Володарского, 8, e-mail: gera0502@mail.ru

*Чаплинский Владимир Степанович*, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ КС имени А.А. Максимова – филиала ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, 141091, Российская Федерация, Московская область, г. Юбилейный, ул. Тихонравова, 27, e-mail: chaplinskii@r4f.su

Статья направлена на решение практически важной проблемы создания однопунктных самодостаточных ресурсосберегающих информационно-управляющих комплексов (ИУК) для низкоорбитальных космических систем (КС). В ней представлены основные положения по обоснованию критериев и показателей, разработке системы методов оценки эффективности наземных автономных региональных унифицированных (АРУ) ИУК КС наблюдения; основные результаты оценки, требования и рекомендации по оптимальному обеспечению эффективности АРУ ИУК КС наблюдения с позиций критериального подхода «эффективность-стоимость». В результате исследования определено необходимое значение выходной мощности передатчика наземного пункта с антенной диаметром 2,6 м. Обосновано, что мощность в ~30 Вт обеспечивает радиотехническую скрытность. Определено, что при заданном диаметре антенны и повышении мощности сверх указанной радиотехническую скрытность обеспечить невозможно. Установлено, что при передаче данных на скоростях в несколько десятков Мбит/с, на СВЧ-диапазонах S, C и Ku, и при воздействии внешних помех, возможна только при повышении габаритных размеров бортовых антенн.

**Ключевые слова:** автономные региональные унифицированные информационно-управляющие комплексы, эффективность, информационно-измерительный комплекс, космический аппарат, оптимизация характеристик, космические системы наблюдения, критерий эффективности, наземный комплекс управления

**METHODS AND MAIN RESULTS OF THE EVALUATION,  
REQUIREMENTS AND RECOMMENDATIONS FOR ENSURING  
THE EFFECTIVENESS OF THE AUTONOMOUS REGIONAL UNIFIED  
INFORMATION-CONTROL SYSTEMS OF SPACE SURVEILLANCE SYSTEMS**

*Kashcheev Nikolay A.*, D.Sc. (Engineering), Professor, Senior Researcher, Maksimov Research Institute of Space Systems – branch of Khrunichev State Research and Production Space Center, 27 Tikhonravov St., Yubileyny, Moscow region, 141091, Russian Federation, e-mail: [kashcheev@r4f.su](mailto:kashcheev@r4f.su).

*Gerasimov Oleg N.*, head of the military mission of the Ministry of Defence of the RF, JSC “NIIFI”, 8 Volodarskiy St., Penza, 440026, Russian Federation, e-mail: [gera0502@mail.ru](mailto:gera0502@mail.ru)

*Chaplinskiy Vladimir S.*, D.Sc. (Engineering), Professor, Senior Researcher, Maksimov Research Institute of Space Systems – branch of Khrunichev State Research and Production Space Center, 27 Tikhonravov St., Yubileyny, Moscow region, 141091, Russian Federation, e-mail: [chaplinskii@r4f.su](mailto:chaplinskii@r4f.su).

Article aims to address the practical problems of creating self-sufficient only item resource information and control systems (ICS) low orbital space systems (SS). It presents the main provisions on justification of criteria and indicators, the development of methods for evaluating the effectiveness of terrestrial autonomous regional unified control (ARUC) of ICS SS observation; the main results of evaluation requirements and recommendations for ensuring the effectiveness of the optimal ARUC ICS SS observation positions criterial approach «cost-effectiveness». The study determined the value of the output power of the transmitter ground station with an antenna diameter of 2.6 m. The power to ~ 30 watts, a radio secrecy. Determined that the increase in the specified capacity, for a given diameter of the antenna, radar stealth can not be ensured. Found that when the data transfer at speeds of several tens of megabits, microwave bands S, C and K<sub>U</sub>, and external noise is possible only by increasing the dimensions of airborne antennas.

**Keywords:** autonomous regional unified information management systems, efficiency, information-measuring system, spacecraft, optimizing performance, space surveillance system, performance criteria, ground control

Развитие спутниковой группировки Российской Федерации имеет стратегическое значение не только в области обеспечения обороны страны, но и для развития науки, техники и прикладных космических технологий. Количество задач, возложенных на космические аппараты (КА), непрерывно возрастает, что вызывает необходимость роста их числа. В свою очередь, это обстоятельство требует развития автономных региональных средств слежения за КА. Таким образом, *целью данной работы* является разработка методов, требований и рекомендаций, направленных на обеспечение эффективности автономных региональных комплексов космических систем наблюдения.

**Характеристика объекта исследования.** Информационно-управляющий комплекс (ИУК) является структурным формированием, выполняющим функции автоматизированной системы управления (АСУ) КА и средствами передачи-приема данных информации целевого назначения (ИЦН). Наземный сегмент ИУК включает наземный комплекс управления (НКУ) КА и наземный комплекс приема, обработки и распространения данных ИЦН (спецкомплекс – СК). Они взаимодействуют с соответствующими бортовыми комплексами КА и потребителями целевой информации.

В известных структурах НКУ и СК функционируют как организационно и технические раздельные комплексы, так и комплексы, взаимодействующие друг с другом.

В настоящее время дальнейшее развитие ИУК происходит в направлении унификации и интеграции его средств – с образованием в перспективе автономных региональных унифицированных наземных комплексов (АРУ ИУК).

Автономный региональный (в пределе – однопунктный) унифицированный наземный сегмент ИУК в отличие от ранних прототипов представляется как структурное унифицированное формирование, интегрирующее функции НКУ КА и СК.

Если рассматривать АРУ ИУК как НКУ КА с *дополнительной функцией приема с КА больших объемов ИЦН*, ее обработки и распространения; больших потоков телеметрической информации (ТМИ), то такой объект переводит НКУ КА в статус унифицированного наземного сегмента ИУК.

Концептуальный подход к формированию АРУ ИУК определяется появившимися новыми технологиями обмена информацией с КА и тенденциями развития самих КА и ИУК. Они обусловили возможность создания автономных (самодостаточных, ресурсосберегающих) региональных унифицированных комплексов.

В частности, целесообразно указать следующее:

- технологии ретрансляционного обмена информацией с КА, включающие также перспективные варианты сетевого обмена с использованием наземно-космических информационных сетей (НКИС);
- технологии координатно-временного обеспечения с применением на КА навигационной аппаратуры потребителя (НАП) космических навигационных систем (КНС) [11]; т.е. технологии, минимизирующие наземный сегмент ИУК – вплоть до сокращения количества ИУК до одного пункта;
- реализацию концепции создания малых и микро-КА и соответственно создания многоспутниковых КС, которые могут быть организованы в НКИС, функционирующую с применением как традиционных специализированных спутников-ретрансляторов на геостационарной орбите (ГСР), так и без них (на основе многофункциональных целевых КА наблюдения и связи).

Эти направления развития современной космической техники в совокупности логически обусловили возможность создания АРУ ИУК и необходимость решения сопутствующих проблемных вопросов. Обоснование такой возможности (реализуемости) представляется актуальной целью и при адекватном решении сопутствующих задач может рассматриваться как общественно значимый обобщенный научный результат исследований.

Автономные (самодостаточные) региональные унифицированные ИУК представляются объектами исследования, занимающими особое научное положение – как объекты, реализующие однопунктные методы обмена информацией с КА. Соответственно такие ИУК повышают устойчивость функционирования космических информационных систем, а также характеризуются экономическим эффектом их создания и применения.

**Критерии и показатели эффективности функционирования АРУ ИУК КС наблюдения.** Существенным недостатком известных методов создания традиционных территориально распределенных командно-измерительных комплексов, а впоследствии и ИУК, является критериально обусловленный эволюционный подход к развитию таких комплексов. В настоящее время вследствие развития методов ретрансляции информации и использования на КА НАП КНС оказалось возможным создание нового поколения интегрированных космических комплексов и их систем. При этом потребовался поиск научно-значимых вариантов синтеза систем, способных объединить современные технологии, знания, усилия ученых и специалистов. Данная проблематика исследовалась до настоящего времени или с учетом жестких ограничений, или для различных типологий информации. Это не позволяет комплексно решать рассматриваемую проблему, так как практически не проводилось иссле-

дование эффективности ИУК в единстве его структурных элементов на основе использования многоструктурных, многопараметрических принципов синтеза.

Самодостаточный АРУ ИУК – это многокритериальная система, к которой известный интегральный векторный показатель типа совокупности вероятностей выполнения целевых задач КА, применимый к распределенным комплексам, выделить проблематично – из-за многочисленности целевых задач для регионального комплекса (при развитой орбитальной группировке). Эта проблемная задача получила соответствующее решение, причем начиная с выбора критериально-показательной базы.

Обобщенный показатель эффективности АРУ ИУК может быть представлен скалярной функцией вероятности выполнения одиночной операции (одиночного сеанса связи) в зависимости от составляющих полную группу событий частных показателей, характеризующих обобщенный показатель. В нем учитываются такие характеристики: надежность; пропускная способность комплекса; помехозащищенность его радиолиний.

$$P_{ЦЗ}(t) = K_{Г}(t) \cdot P_{бр}(T) \cdot K_{ПС} \cdot P_{РЛ}(T), \quad (1)$$

где  $P_{ЦЗ}(t)$  – обобщенный показатель: вероятность выполнения многократно повторяющейся в течение времени  $t$  целевой задачи ИУК;  $K_{Г}(t)$  – коэффициент готовности (вероятность нахождения комплекса в любой момент времени в состоянии физической работоспособности);  $P_{бр}(T)$  – вероятность безотказной работы комплекса в течение времени  $T$  выполнения одиночного сеанса связи;  $K_{ПС}$  – характеристика пропускной способности ИУК (вероятность того, что состав средств ИУК и их количество при планировании операций достаточны для выполнения технологических циклов всей орбитальной группировки КА, закрепленной за ИУК);  $P_{РЛ}(T)$  – вероятность успешного выполнения одиночного сеанса связи длительностью  $T$  в заданных условиях электромагнитной обстановки.

Для особых условий показатели надежности  $K_{Г}(t)$ ,  $P_{бр}(T)$  приобретают смысл живучести ИУК  $P_{Ж}(t')$ , где  $t'$  – время функционирования ИУК в особых условиях.

Вероятность  $P_{Ж}(t')$  определяется как вероятность сохранения, при условии сохранения заданных функций, минимально необходимого состава и количества средств ИУК, определяемого заданными требованиями по пропускной способности комплекса.

Основной скалярный показатель эффективности ИУК представляется в виде вероятности выполнения одной (избранной) целевой задачи – выполнения отдельной операции – отдельного наиболее трудоемкого (по привлечению средств, длительности, энергоемкости) сеанса связи.

Таких критических сеансов связи для различных режимов функционирования АРУ ИУК может быть несколько.

Критерий пригодности с учетом (1) также может быть представлен в скалярном виде – как требование к выполнению наиболее сложной по трудоемкости операции (одиночного сеанса связи):

$$P_{ЦЗ}(t) \geq P_0, \quad (2)$$

где  $P_0$  – заданный уровень вероятности выполнения одиночного сеанса связи.

**Система методов оценки эффективности АРУ ИУК КС наблюдения.** Система методов включает в себя [4] следующее:

- методы оценки эффективности функционирования АРУ ИУК КС наблюдения с учетом особенностей региона;

- методические положения по оценке пропускной способности АРУ ИУК;
- методы обоснования характеристик АРУ ИУК КС наблюдения, обеспечивающих его надежность (живучесть);
- методы обоснования характеристик радиолиний АРУ ИУК КС наблюдения при выполнении одиночных сеансов связи;
- методы радиоэлектронной защиты АРУ ИУК.

*Методы оценки эффективности функционирования АРУ ИУК КС наблюдения с учетом особенностей региона.* Такие методы в наиболее общем виде реализуются в статистической имитационной модели функционирования ИУК и в частных методиках, предназначенных для оценки показателей, представленных в (1).

Исходные данные, задаваемые для имитационной модели:

- состав и баллистические характеристики орбитальной группировки;
- характеристики привлекаемых наземных средств ИУК;
- характеристики технологий обмена информацией ИУК с КА;
- параметры внешних источников радиопомех, характеризующие регион и орбитальную группировку, закрепленную за ИУК;
- принципы дисциплины обслуживания при работе с КА.

Выходными результатами в требуемых комбинациях для статистической имитационной модели являются:

- вероятности успешного выполнения отдельных сеансов связи с КА, технологических циклов управления (ТЦУ) и обмена информацией с КА, их сегментов;
- необходимый состав привлекаемых средств по выполнению каждой операции;
- временной график выполнения сеансов по каждому средству;
- усредненные и интервальные показатели загрузки средств по каждому типу средств;
- минимальный состав средств (типаж и количество по каждому типу средств), обеспечивающий по результатам планирования их применения требуемую пропускную способность ИУК;
- показатели количества перепланированных операций при воздействии случайных факторов в процессе имитации выполнения операций.

*Новизна модели* заключается в следующем:

- реализация возможности задания и изменения приоритетности операций;
- введение в состав исходных данных схем информационных контуров, в соответствии с которыми может быть выполнена операция;
- использование универсальных характеристик для разнотипных средств и операций – нормативных длительностей выполнения операций;
- формирование суточных планов выполнения операций и применения средств;
- реализация возможности оценки количества перепланированных операций при воздействии случайных факторов в процессе имитации выполнения команд.

Специфика конкретного региона обусловлена применением преимущественно однопунктных методов управления КА; географическими координатами и соответствующими зонами радиовидимости КА наземными средствами; минимальным географическим (пространственным) разнесом средств в регионе; применением линий связи малой протяженности и только в составе группировок средств автономного регионального ИУК; электромагнитной обстановкой в регионе.

*Методические положения по оценке пропускной способности АРУ ИУК.* Методические положения по оценке показателя пропускной способности ИУК, характеризующего достаточность привлекаемых средств для обеспечения функционирования заданной орби-

тальной группировки, также могут быть обоснованы с использованием статистической имитационной модели.

Результатом применения модели для оценки показателя пропускной способности ИУК (вероятности  $K_{ПС}$ ) является состав средств (типаж и количество по каждому типу средств), обеспечивающий при планировании их применения успешное выполнение всех операций ТЦУ КА ( $K_{ПС} \approx 1$ ) для заданной орбитальной группировки.

Задача оценки пропускной способности ИУК должна решаться для этапа планирования работы средств при отсутствии случайных возмущающих факторов, которые учитываются другими составляющими основного показателя эффективности ИУК, представленного в формуле (1).

*Методы обоснования характеристик АРУ ИУК КС наблюдения, обеспечивающих его надежность (живучесть).* Задача обоснования допустимых интенсивностей отказов средств АРУ ИУК и коэффициентов их резервирования была представлена авторами как оптимизационная – в рамках критериального подхода «эффективность – стоимость».

Анализ результатов решения этой задачи для надежностной схемы параллельного резервирования средств АРУ ИУК позволил сформулировать следующие выводы, имеющие научную новизну:

- оптимальные значения интенсивностей отказов средств не зависят от требований по надежности комплекса в целом;

- требования по надежности к каждому элементу комплекса необходимо задавать, используя аналитические выражения из [2] и не беря во внимание тип и количество других элементов, совместно функционирующих в рамках единой технической системы;

- любые типы систем (независимо от стоимости) характеризуются постоянным оптимальным значением произведения интенсивности отказов системы ( $\lambda$ ) и времени ее безотказного функционирования  $t''$ , соответствует  $\lambda t'' \approx 0,37$ ;

- оптимальные значения коэффициентов резервирования средств и подсистем в соответствии с полученными аналитическими выражениями (с учетом известных значений интенсивностей их отказов) должны обеспечивать интегральные требования по надежности ИУК [2].

Исходя из имеющегося опыта, можно уверенно утверждать, что полученные результаты остаются неизменными и для обоснования характеристик живучести АРУ ИУК.

*Методы обоснования характеристик радиолиний АРУ ИУК КС наблюдения при выполнении одиночных сеансов связи.* При обосновании характеристик радиолиний средств, выполняющих сеанс связи ограниченной продолжительности, была выявлена необходимость совместного обеспечения конфликтующих требований: по заданному объему информации, передаваемой в сеансе связи; к вероятности успешного выполнения сеанса связи; к вероятности ошибочного приема двоичного информационного символа

Проблемные вопросы обеспечения требуемой вероятности успешного выполнения сеанса передачи командно-программной информации (КПИ) могут быть решены введением в сеанс связи сигнально-временной избыточности с квитиowaniem каждой фразы КПИ:

- 1) на основе надежностной схемы параллельного резервирования времени передачи каждой фразы;

- 2) на основе алгоритмов, обеспечивающих аутентификацию и целостность сообщений при их шифровании и расшифровке с использованием «электронной подписи».

По результатам анализа первого варианта был сделан вывод о необходимости выбора по возможности меньших значений информационного объема квитируемой фразы.

Для второго варианта была получена зависимость коэффициента увеличения объема информации, передаваемой в сеансе связи, от объема квитируемой фразы, имеющая унимо-

дальний минимум. Полученные оценки позволили сделать вывод о преимуществе второго варианта квитирования информации по сравнению с первым вариантом.

ТМИ и ИЦН передаются без квитирования и оценивается допустимым снижением вероятности выполнения соответствующих сеансов связи.

*Метод и модель пассивной радиотехнической защиты наземного радиотехнического средства непрерывного излучения от самонаводящихся воздушных летательных аппаратов с моноимпульсным пеленгованием цели.* Метод сближения с двухточечной непрерывно излучающей целью самонаводящегося пассивного летательного аппарата с моноимпульсным пеленгатором основан на статистическом имитационном моделировании движения летательного аппарата на всей трассе его полета.

На основе работы [5] был сделан вывод о возможности регулирования выхода пеленга за пределы базы, образуемой двумя когерентно излучающими наземными источниками [6, 7].

Результаты проведенного авторами имитационного моделирования определения направления «пеленга на цель» для самонаводящегося воздушного летательного аппарата могут быть положены в основу создания/размещения ложных наземных источников, обеспечивающих требуемую живучесть как прикрываемого объекта, так и самих ложных источников [8, 10], в том числе с обеспечением их теплового режима [3].

**Основные результаты оценки, требования и рекомендации по оптимальному обеспечению эффективности АРУ ИУК КС наблюдения с позиций критериального подхода «эффективность – стоимость».** Представленные результаты получены для определённого состава исходных данных, предпосылок и требований к перспективным ИУК КС наблюдения, содержательный смысл которых следует из приведенных оценок.

*Задача обоснования характеристик надежности (живучести) АРУ ИУК и его средств.* Для ряда вариантов средств АРУ ИУК были получены числовые значения оптимальных по критерию «минимума стоимости» интенсивностей отказов средств и коэффициентов их резервирования.

В частности, показано, что для обеспечения требуемой надежности АРУ ИУК в течение 30 суток необходимо задавать среднее время наработки на отказ равным 1946 час. (соответственно интенсивность отказов, равной  $1,23 \cdot 10^{-2}$  сут.<sup>-1</sup>). При этом необходимо предусмотреть создание резервных АРУ ИУК в диапазоне заданных значений вероятностей безотказной работы 0,9...0,995 в количестве 2...5 соответственно. Одновременно с этим, экономический выигрыш для оптимального решения по сравнению с другими известными решениями может составлять от долей процентов (при близости неоптимального решения к оптимальному) и до 14 раз – для вариантов безрезервной комплектации АРУ ИУК.

С внедрением в перспективе методов и технологий обмена информацией в составе полномасштабной наземно-космической информационной сети (десятки низкоорбитальных КА) может быть обеспечена вероятность выполнения технологических циклов обмена информацией с каждым КА, близкая к единице, а задержки организации маршрутов прохождения информации, близкие к нулю. При этом в составе АРУ ИУК достаточно одной наземной станции (НС) с необходимым резервом.

*Оценка вероятностных характеристик успешного выполнения одиночных сеансов связи для различных режимов обмена информацией.* Режим передачи КПИ:

- для существующих технологий обмена информацией с КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) проблемных вопросов нет;
- при передаче КПИ на 30 суток (режим автономного функционирования) в течение сеанса нормативной длительностью 5 мин. потребуется увеличение по сравнению с существующими технологиями скорости передачи информации с ~1 кбит/с до 3...4 кбит/с;

- применение схем обеспечения аутентификации и целостности информации при ее шифровании с использованием электронной цифровой подписи практически исключает какие-либо остаточные искажения информационных символов при передаче фраз с квитируанием; объем квитируемой фразы КПИ оценивается значением  $2^{12}=4096$  бит (для принятых исходных данных) и обеспечивает минимум коэффициента избыточности (соответственно скорости передачи информации в сеансе связи) на уровне 1,02 от исходного значения – по сравнению с традиционным объемом фразы 512 бит это на 11 % меньше.

Логическая схема оценки основных характеристик АРУ ИУК (для режима передачи КПИ) следует из декомпозиции задачи.

Требуемые вероятности выполнения сеансов управления КА при минимальном значении вероятности ошибочного приема двоичного символа, равной  $10^{-6}$ , и реализации сигнально-временной избыточности методами шифрования, обеспечивающими аутентификацию и целостность информации, передаваемой большими объемами (~1 Мбит в сеансе), достигаются увеличением скорости передачи информации в ~1,02 раза.

Поскольку скорость передачи информации прямо пропорциональна мощности сигнала, то при прочих равных условиях ее увеличение (и соответственно увеличение мощности передатчика в области номинальных значений 300...500 Вт) от единиц до 30 % практически не сказывается на стоимости использования радиолинии. Поэтому требование к вероятности успешного выполнения сеанса в условиях дестабилизирующих факторов в виде помех целесообразно задавать на потенциально достижимом уровне, например ~0,9999.

Тогда вероятность РЦЗ(t) выполнения целевой задачи на уровне 0,95, 0,99, 0,995 обеспечивается преимущественно характеристиками надежности, а именно резервированием функционально необходимых наземных средств и определенным прямо пропорциональным увеличением минимальной стоимости АРУ КИК соответственно в 5, 6, 7 раз (на длительных интервалах функционирования комплекса).

**Режим передачи ТМИ.** Для выполнения требования по передаче 50 % ТМИ в сеансе связи длительностью ~5 мин. с вероятностью 0,99 необходимо предусмотреть меры по снижению избыточности ТМИ примерно в 100 раз. При этом появляются весомые аргументы для ограничения скорости передачи ТМИ до уровня ~1 кбит/с и соответственно отказа от высокоскоростных радиолиний автономных телеметрических средств.

**Режим передачи ИЦН.** Поскольку сжатие информации при передаче ИЦН не может быть реализовано по определению, то при скорости передачи ИЦН ~150 Мбит/с и более неизбежны искажения информационных символов. Выделение полезной информации из смеси символов правильного и ошибочного приема возможно специальными, в том числе неформальными методами слежения на приемной стороне за изменениями наблюдаемых объектов; с использованием априорной фоновой информации.

Особенностью передачи ИЦН в отличие от режимов управления КА является возможность использования направленных антенн на борту. Оценки энергетических характеристик радиолиний передачи ИЦН показали, что установка бортовых параболических зеркальных антенн потребуются для ретрансляционных режимов (при этом диаметр зеркала в КУ-диапазоне оценивается на уровне ~0,5 м; для передачи информации в непосредственном режиме достаточно использования малонаправленных бортовых антенн).

**Оценка и обоснование основных характеристик помехозащищенности радиолиний АРУ ИУК.**

**Помехоустойчивость.** Радиолиния спутникового ретранслятора (СР) – наземная станция в режиме ретрансляции сигналов.

Для устранения дефицита энергopotенциала в условиях отсутствия внешних помех НС должна быть оснащена малошумящим усилителем с шумовой температурой ~ (47...50) К.



Условия и характеристики внешних помех определены известными моделями [9] и здесь не комментируются. Электромагнитная обстановка в регионе и в районе нахождения КА (в процессе его орбитального полета) должна постоянно контролироваться техническими средствами региона и самого КА.

Для обеспечения помехозащищенности радиолиний АРУ ИУК справедливы следующие основные рекомендации.

\* Дальние лепестки диаграммы направленности антенны наземной станции (НС) по отношению к главному лепестку в режимах управления КА должны быть уменьшены до уровня ~ «-80»дБ, а в режиме передачи ИЦН – до уровня ~ «-60дБ»).

\* Радиолиния НС-СР в режиме ретрансляции сигналов: при перестраиваемой мощности наземного передатчика в диапазоне 26...530 Вт дефицита в энергетике радиолинии нет для всех режимов ИУК и диапазонов используемых частот.

\* Радиолиния «целевой КА»-НС (режим непосредственного обмена информацией).

В условиях воздействия на приемник НС внешних помех дальние лепестки диаграммы направленности антенны НС по отношению к главному должны быть уменьшены до уровня ~ «-60»дБ;

Уменьшение дальних лепестков НС до уровней -(60...80) дБ представляется проблематичным. В рассмотренных авторами вариантах электромагнитной обстановки необходимо предусмотреть организационные меры электромагнитной совместимости (радиоэлектронной защиты).

\* Радиолиния НС-КА (режим непосредственного обмена информацией).

В условиях отсутствия внешних помех дефицита в энергетике нет.

В условиях воздействия внешних помех проведенные оценки позволяют сделать вывод о проблематичности в S- и C-диапазонах частот обеспечения помехоустойчивости радиолиний при неблагоприятных пространственных соотношениях расположения абонентов радиолинии НС-КА и источника помех.

Учитывая, что радиолинии НС-КА и КА-НС являются системообразующими при организации низкоорбитальных информационных сетей, использование  $K_U$ -диапазона частот в этих радиолиниях представляется необходимым условием.

\* Радиолиния КА-КА.

В условиях отсутствия внешних помех в S-диапазоне частот межспутниковый информационный обмен может быть обеспечен при скорости передачи информации не более 8 кбит/с (для функционирования межспутниковых радиолиний потребуется установка на КА параболических антенн с диаметром зеркала не менее 0,5 м). Для более высоких диапазонов частот (вплоть до  $K_U$ -диапазона) могут быть найдены более приемлемые практически реализуемые решения.

Реализация межспутниковых радиолиний с требуемыми для обеспечения передачи больших потоков данных, скоростями передачи информации (десятки Мбит/с) в условиях воздействия внешних помех в S- и C- и  $K_U$ -диапазонах частот проблематична из-за необходимости больших габаритов бортовых антенн.

Проведенные авторами оценки показали, что целесообразность применения сетевых режимов обмена информацией в наземно-космических радиолиниях на частотах «радиоокна прозрачности» атмосферы оправдывается при использовании трафика, исключая зоны, возможные для постановки помех, либо при использовании диапазонов частот ~60 ГГц, радиоволны которых не проходят через атмосферу Земли [1].

При использовании диапазона частот ~60 ГГц (длина волны ~5 мм) при скорости передачи информации 8 кбит/с диаметр бортовой параболической антенны может быть выбран на уровне 0,2...0,5 м; для скорости передачи информации 150 Мбит/с – на уровне, не пре-

вышающем 1 м. При этом обеспечивается абсолютная помехоустойчивость радиолиний КА-КА при воздействии наземных источников помех.

*Радиотехническая скрытность.* Результаты оценки функционирования ИУК на основе учета параметров радиолинии между ним и КА: мощность передатчика НС с параболическим зеркалом диаметром 2,6 м не должна превышать ~30 Вт.

Результаты оценки возможности функционирования радиолинии НС-КА с мощностью передатчика 30 Вт подтверждают работоспособность радиолинии при отсутствии помех. При повышении мощности передатчика (для работы в условиях помех) скрытность не обеспечивается.

Итак, можно сделать **вывод**, что полученные результаты позволяют сформировать некоторый базис требований к АРУ ИУК, который может в дальнейшем уточняться при решении конкретных задач.

#### Список литературы

1. Бростилов С. А. Математическое моделирование процессов отражения и распространения электромагнитных волн в тонкой градиентной диэлектрической пластине / С. А. Бростилов, Е. В. Кучумов // *Надежность и качество* : тр. междунар. симп. – 2011. – Т. 1. – С. 281–283.
2. Власюк В. В. Метод определения оптимальных характеристик резервирования и надежности наземных средств многопунктовых комплексов управления космическими аппаратами / В. В. Власюк, Н. А. Кашеев, В. С. Чаплинский // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2009. – № 5. – С. 8–11.
3. Горячев Н. В. Автоматизированный выбор системы охлаждения теплонагруженных элементов радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, К. С. Петелин, В. А. Трусов, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. – 2013. – № 4. – С. 136–143.
4. Кашеев Н. А. Радиотехнические средства управления космическими аппаратами. Москва, 2005. – 202 с.
5. Леонов А. И. Моноимпульсная радиолокация / А. И. Леонов, К. И. Фомичев. – Москва : Радио и связь, 1984. – 312 с.
6. Полтавский А. В. Модификация модели системы управления подвижным объектом / А. В. Полтавский, Н. К. Юрков // *Надежность и качество сложных систем*. – 2014. – № 1 (5). – С. 65–70.
7. Юрков Н. К. Системные методологии, идентификация систем и теория управления: промышленные и аэрокосмические приложения / Н. К. Юрков, А. М. Данилов, И. А. Гарькина, Э. В. Лапшин // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*. – 2009. – № 1. – С. 3–11.
8. Юрков Н. К. Повышение радиолокационного контраста. Системный подход / Н. К. Юрков, А. Е. Бухаров. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 398 с.
9. Якимов А. Н. Проектирование микроволновых антенн с учетом внешних воздействий / А. Н. Якимов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 260 с.
10. Blinov A. V. Acceptance checking methods for uhf electronic components / A. V. Blinov, A. G. Kanakov, V. A. Trusov, N. K. Yurkov // *Measurement Techniques*. – 2000. – Vol. 43. – № 10. – P. 895–901.
11. Botvinkin P. V. Information security of Glonass-based automated navigation systems for ground transportation monitoring and supervisory control / P. V. Botvinkin // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. – 2014. – № 3 (27). – С. 187–196.

#### References

1. Brostilov S. A., Kuchumov Ye. V. Matematicheskoe modelirovanie protsessov otrazheniya i rasprostraneniya elektromagnitnykh voln v tonkoy gradientnoy dielektricheskoy plastine [Mathematical modeling of processes of reflection and propagation of electromagnetic waves in a thin dielectric gradient plate]. *Nadezhnost i kachestvo: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma* [Reliability and quality: Proceedings of the International Symposium], 2011, vol. 1, pp. 281–283.
2. Vlasjuk V. V., Kashcheev N. A., Chaplinskiy V. S. Metod opredeleniya optimalnykh kharakteristik rezervirovaniya i nadezhnosti nazemnykh sredstv mnogopunktovykh kompleksov upravleniia kosmicheskimi apparatami [Method for determination of optimum performance, redundancy and reliability of ground-based

multi-point systems spacecraft control]. *Aviakosmicheskoe priborostroenie* [Aerospace Instrument], 2009, no. 5, pp. 8–11.

3. Goryachev N. V., Grab I. D., Petelin K. S., Trusov V. A., Kochegarov I. I., Yurkov N. K. Avtomatizirovannyi vybor sistemy okhlazhdeniya teplonagruzhennykh elementov radioelektronnykh sredstv [Automated selection of cooling system of thermally loaded elements of radioelectronic facilities]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 4, pp. 136–143.

4. Kashcheev N. A. *Radiotekhnicheskie sredstva upravleniya kosmicheskimi apparatami* [Radio-technical means of spaceship control]. Moscow, 2005. 202 p.

5. Leonov A. I., Fomichev K. I. *Monoimpulsnaya radiolokatsiya* [Monoimpulse radiolocation]. Moscow, Radio i svyaz, 1984. 312 p.

6. Poltavskiy A. V., Yurkov N. K. Modifikatsiya modeli sistemy upravleniya podvizhnym obektom [Modification of model of moving object control]. *Nadezhnost i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex system], 2014, no. 1 (5), pp. 65–70.

7. Yurkov N. K., Danilov A. M., Garkina I. A., Lapshin Ye. V. Sistemnye metodologii, identifikatsiya sistem i teoriya upravleniya: promyshlennye i aerokosmicheskie prilozheniya [System methodologies, identification of systems and management theory]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki* [News of Higher Educational Institutions. Volga region. Engineering Sciences], 2009, no. 1, pp. 3–11.

8. Yurkov N. K., Bukharov A. Ye. Povyshenie radiolokatsionnogo kontrasta. Sistemnyy podkhod [Increase of radiolocation contrast. System approach]. Penza, Penza State Univ. Publ., 2013. 398 p.

9. Yakimov A. N. *Proektirovanie mikrovolnovykh anten s uchetom vneshnikh vozdeystviy* [Design of microwave antennas taking into account external effects]. Penza, Penza State Univ. Publ., 2004. 260 p.

10. Blinov A. V., Kanakov A. G., Trusov V. A., Yurkov N. K. Acceptance checking methods for uhf electronic components. *Measurement Techniques*, 2000, vol. 43, no. 10, pp. 895–901.

11. Botvinkin P. V. Information security of Glonass-based automated navigation systems for ground transportation monitoring and supervisory control. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2014, no. 3 (27), pp. 187–196.

УДК 616:519.2

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПРИНЯТИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ВИРУСНО-БАКТЕРИАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ НА КЛИНИЧЕСКУЮ КАРТИНУ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

*Статья поступила редакцию 18.11.2014, в окончательном варианте 09.12.2014.*

*Дедов Алексей Владимирович*, кандидат медицинских наук, доцент, Астраханская государственная медицинская академия, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121, e-mail: dedov1965.d@yandex.ru

*Попов Георгий Александрович*, доктор технических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: popov@astu.org

Статья посвящена формированию процедуры оценки степени взаимосвязи между заболеванием и вирусно-бактериальными маркерами, что может являться основой при принятии диагностических решений. Процедура реализована на основе методов математической статистики применительно к влиянию вирусно-бактериальных маркеров на признаки, характеризующие клиническую картину хронических диффузных заболеваний печени (ХДЗП). Исследования опираются на результаты обследований 165 пациентов хроническим гепатитом (ХГ) и циррозом печени (ЦП). Для решения пробле-