

РАДИОСВЯЗЬ

УДК 621.396

ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИОСВЯЗИ НА КОРОТКИХ ВОЛНАХ
ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ РАДИОТРАСС**М.В. Ладанов**, ведущий специалист НПФ «Радиян-М»; mladanov@mail.ru**А.М. Ведищев**, генеральный директор НПФ «Радиян-М»**С.В. Кизима**, заместитель генерального директора ФГУП «РЧЦ ЦФО», д.т.н.**Г.В. Лавров**, начальник группы отдела развития автоматизации радиоконтроля ФГУП «РЧЦ ЦФО»

Ключевые слова: планирование радиосвязи, максимально применимые частоты, оптимальные рабочие частоты, ионосфера, прогнозирование, волновое расписание, суточный ход МПЧ, доступность связи.

Введение. Под планированием радиосвязи понимается назначение частот, а также времени начала и окончания связи. В зависимости от назначения связь может осуществляться на одной или нескольких частотах круглосуточно или по сеансам в определенное частотным расписанием время. Частоты и время работы должны быть подобраны таким образом, чтобы было обеспечено приемлемое качество связи с учетом технических средств обеспечения радиосвязи: передатчиков и приемников, их параметров, характеристик передающих и приемных антенн.

Принцип планирования радиосвязи. Ввиду того, что свойства ионосферы непостоянны во времени, в течение суток изменяются максимально применимые частоты (МПЧ), оптимальные рабочие частоты (ОРЧ) и наименьшие применимые частоты (НПЧ), что обуславливает применение различных частот для ведения связи в различное время суток. При выборе рабочих частот обычно стремятся к тому, чтобы, с одной стороны, они были как можно ближе к оптимальным, с другой — чтобы их было как можно меньше. Чаще всего, если это возможно, ограничиваются двумя рабочими частотами — дневной и ночной (рис. 1).

Принцип назначения частот следующий:

- из имеющегося перечня разрешенных частот, с помощью долгосрочных прогнозов суточного хода МПЧ на заданной трассе, назначают дневные и рабочие частоты;
- назначается время перехода с ночной частоты на дневную и обратно.

Суточный ход МПЧ не постоянен во времени. Каждый день, месяц, сезон, год — разный, но подчиняется определенным законам, которые используются при проведении прогнозирования распространения радиоволн.

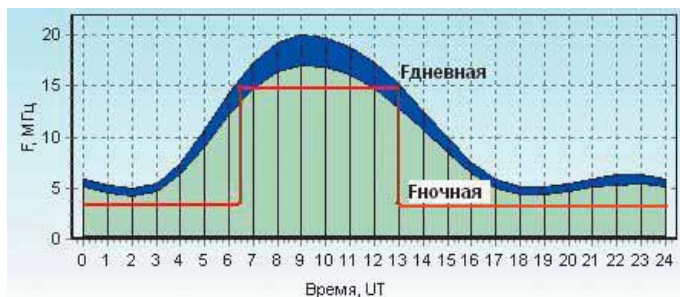


Рис. 1

Как правило, частоты для магистральной связи назначаются на год с делением на радиосезоны. Согласно Регламенту радиосвязи, радиосезонов два. Это Расписание «А» (лето): последнее воскресенье марта — последнее воскресенье октября; Расписание «В» (зима): последнее воскресенье октября — последнее воскресенье марта. Расписания вводятся с 01:00 UT (международного времени).

Сложность выбора частот и времени работы заключается в том, что необходимо подобрать частоты для обеспечения связи на длительный период. При этом ожидаемые уровни сигналов в точке приема значительно меняются. Кроме того, меняется и время доступности связи. Это хорошо видно из (рис. 2). Для наглядности выбран период с 01.12.2010 по 31.03.2011 трассы Новосибирск — Москва.

Планирование радиосвязи с использованием программного обеспечения. Наиболее удобно вести планирование радиосвязи с использованием специального программного обеспечения (СПО) задач планирования и обеспечения магистральной радиосвязи. В качестве примера рассмотрим решение практических задач планирования и обеспечения магистральной радиосвязи с использованием СПО «Прогноз прохождения радиоволн и доступности связи на заданных частотах», разработанного специалистами НПФ «Радиян-М». Программа включена в состав Автоматизированной системы радиоконтроля ФГУП «РЧЦ ЦФО» (АСРК-ЦФО).

Программное обеспечение позволяет:

- проводить долгосрочное прогнозирование возможности ведения радиосвязи на заданных частотах и для любых дальностей связи на длительные периоды времени (до нескольких лет вперед);
- проводить краткосрочное прогнозирование (до пяти суток вперед от текущего времени) и оперативное прогнозирование (до 6 часов вперед от текущего времени) возможности ведения радиосвязи на заданных частотах и для дальностей связи до 3000 км по текущим данным состояния ионосферы;
- проводить расчет электромагнитной доступности заданного РЭС как для одного радиоконтрольного пункта (РКП), так и для трех заданных с учетом частотного расписания;
- выполнять расчет ожидаемых в точке приема уровней сигналов корреспондента в зависимости от выбранного вида радиосвязи;
- производить подготовку данных для расчетов (выбор параметров требуемого РЭС из базы данных или ввод произвольных) с использованием геоинформационной системы;
- проводить визуальную оценку расчетов состояния МПЧ и ОРЧ по ионосферным слоям F2, F1, E и Es;

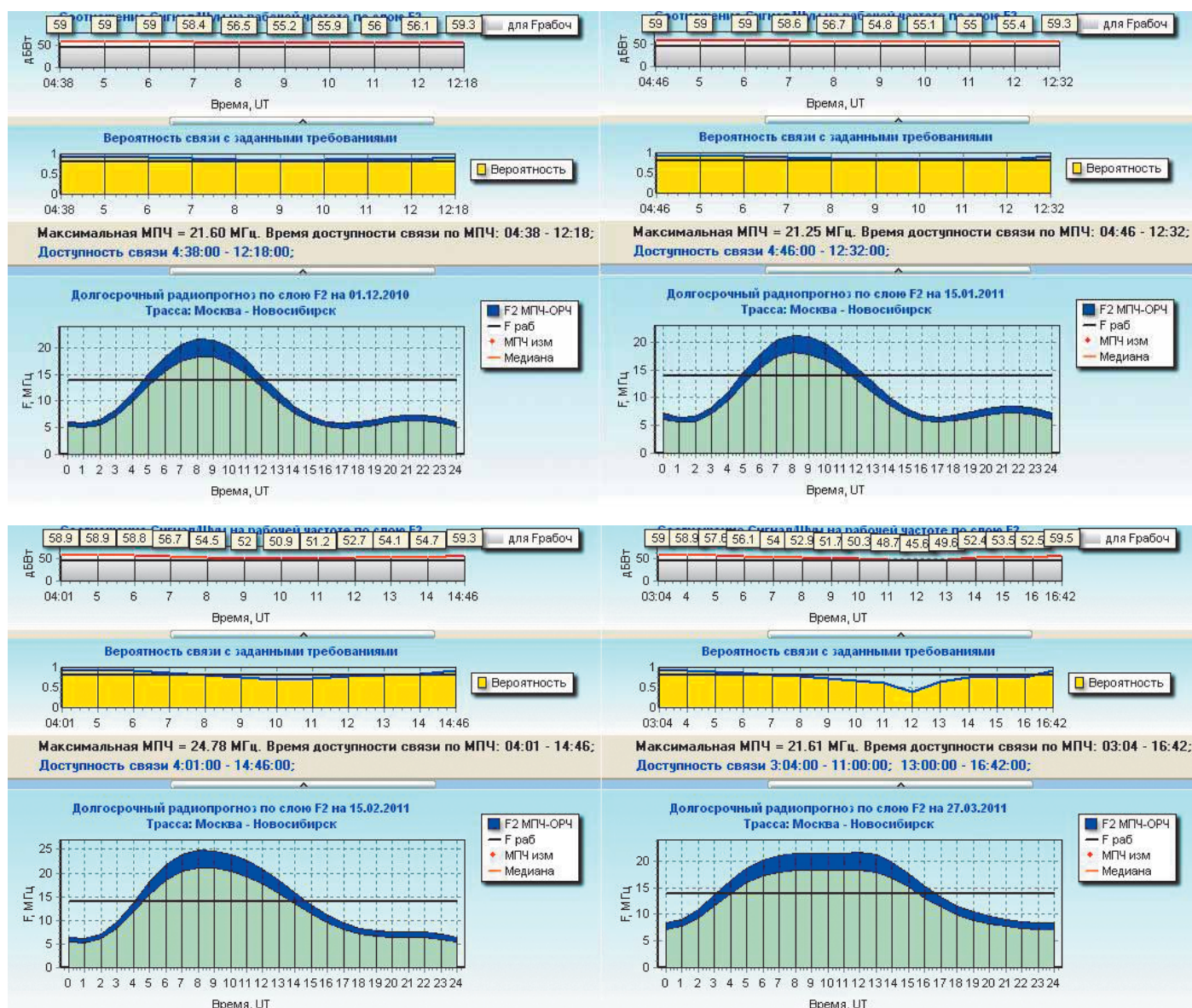


Рис. 2

- проводить визуальную оценку расчетов медианы МПЧ, а также просматривать реальные текущие данные МПЧ для заданной дальности;
- выполнять оценку оправдываемости (точности) краткосрочных прогнозов;
- выдавать рекомендации по заданному режиму работы;
- выполнять потоковый расчет электромагнитной доступности нескольких сотен РЭС из базы данных для проведения планирования мероприятий радиоконтроля на заданный месяц;
- оценивать текущее состояние ионосферы и геомагнитной активности;
- автоматически получать и накапливать данные вертикального зондирования ионосферы от нескольких ионозондов.

При разработке СПО использовались рекомендации Международного союза электросвязи серии «Р.» по расчету применимых частот на трассах различной протяженности. Описание программы и ее возможности приведены на официальном сайте НПФ «Радиян-М».

Для решения практической задачи обеспечения радиосвязи воспользуемся частотным расписанием на 1-й квартал

Таблица 1

Корреспондент	Время работы, мск	Частоты, кГц			
		Корреспондент		Главная радиостанция	
		рабочая	запасная	рабочая	запасная
Чита	08:10-16:30	11500	10120	14700	12180
Иркутск	08:20-16:30	14900	10190	14520	10300
Екатеринбург	08:30-16:00	9400	6850	9300	8050
Челябинск	08:40-16:50	9900	7700	10300	8010
Самара	08:50-12:50	7400	6700	7400	6800
Хабаровск	09:00-13:00	15900	9100	15800	9920
Новосибирск	09:10-15:10	13900	9100	14400	13500
С-Петербург	09:50-12:50	5700	4800	5800	4900
Ярославль	10:15-13:15	5300	4650	5150	4400
Ростов	13:45-16:45	7600	6800	7900	6900

Примечание: наименование расположения корреспондентов и время работы сохранены, частоты изменены в незначительных пределах.

2011 г., разработанным одним из владельцев РЭС (табл. 1). Технические средства главной радиостанции расположены на приемном и передающем радиопунктах недалеко от Москвы. Вид работы – буквопечатающая радиосвязь. Мощность передатчиков 1–5 кВт (в зависимости от дальности связи). Коэффициенты усиления приемных и передающих антенн, выбранные для расчетов – 6 дБ.

Как видно из частотного расписания, радиосвязь ведется на разнесенных частотах, а время связи выбрано таким образом, чтобы можно было постепенно произвести набор связей. Это важно при ограниченном числе радиооператоров на приемных и передающих радиостанциях. География корреспондентов охватывает практически всю территорию РФ.

Проведем анализ назначения частот и времени связи с использованием программы «Прогноз прохождения радио-

Таблица 2

Расписание/ Доступ- ность связи	Частота, кГц	Месяц	Время, мск												
			07	08	09	10	11	12	13	14	15	16			
Новосибирск, дальность связи 2900 км															
09:10-15:10	13900														
08:46-16:32		1													
08:01-18:46		2													
07:04-15:00		3													
08:54-16:21	14400	1													
08:10-18:30		2													
07:15-20:30		3													
07:20-14:00 16:00-18:00	9100	1													
06:45-15:00 18:00-21:20		2													
05:00-17:00		3													
08:46-16:23		1													
07:55-19:00	13500	2													
07:00-21:00		3													

Таблица 3

[illegible]

ВОЛН И ДОСТУПНОСТИ СВЯЗИ НА ЗАДАННЫХ ЧАСТОТАХ» (табл. 2).

Из приведенных расчетов видно, что назначение частот и выбор времени проведены правильно за исключением рабочей частоты 13900 кГц для работы в марте и запасной частоты 9100 кГц для работы в январе и феврале. При выборе передающих и приемных антенн с коэффициентами усиления не менее 7 дБ можно будет осуществлять радиосвязь на всех частотах в заданное расписанием время.

В табл. 2 была рассмотрена односкачковая трасса большой дальности. На такой трассе радиоволна отражается от одной точки ионосферы и поступает на приемную антенну. На дальностях свыше 3000 км происходит отражение и от ионосферы и от поверхности Земли. Как минимум, одно отражение от Земли и два — от ионосферы. При этом происходит сужение времени доступности связи на заданных частотах. Особенно в тех случаях, когда радиотрассы проходят вдоль широты. При проведении связей на многоскачковых радиотрассах для достижения заданного качества связи необходимо применять высокоэффективные приемные и передающие антенны. Кроме того, может понадобиться применение передатчиков повышенной мощности. В некоторых случаях, когда невозможно на обоих концах радиолинии применить передатчики повышенной мощности или антенны с большим коэффициентом усиления, может помочь только правильное назначение частот максимально близких к МПЧ и оперативная замена частот в ходе ведения связи.

Рассмотрим многоскачковую трассу (табл. 3). Из приведенной таблицы расчетов видно, что частоты и заданное время работы выбраны неверно. Чтобы гарантированно попасть в нужный временной диапазон работы, следовало бы назначить время работы с 10:20 до 13:05.

Причина ошибки видна из приведенных графиков хода МПЧ с 1 января по 27 марта (рис. 3), на которых показано, что время доступности связи на частоте 14900 кГц мало в начале января и постепенно расширяется к концу марта.

Целесообразнее было бы подобрать частоту (при наличии такой возможности) ниже 10190 кГц, чтобы попасть в нужный временной диапазон. Расчет показывает, что наиболее оптимальной частотой является 9300 кГц. При этом время доступности связи расширяется и становится 08:20 – 15:25

Таблица 4

[illegible]



Для каждой страны следует выбрать несколько расчетных точек: ближнюю и дальнюю.

Для рабочих частот время работы выбрано правильно, на запасных наблюдается провал по допустимым уровням сиг-

[illegible]

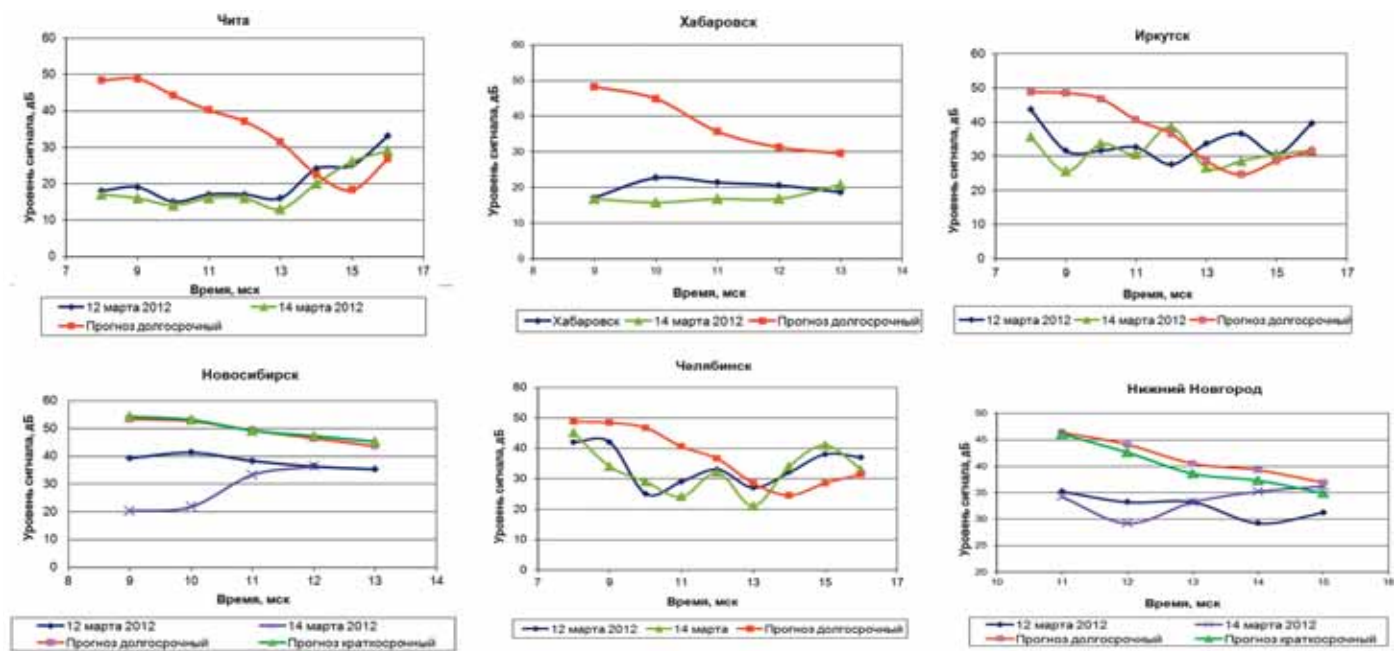


Рис. 4

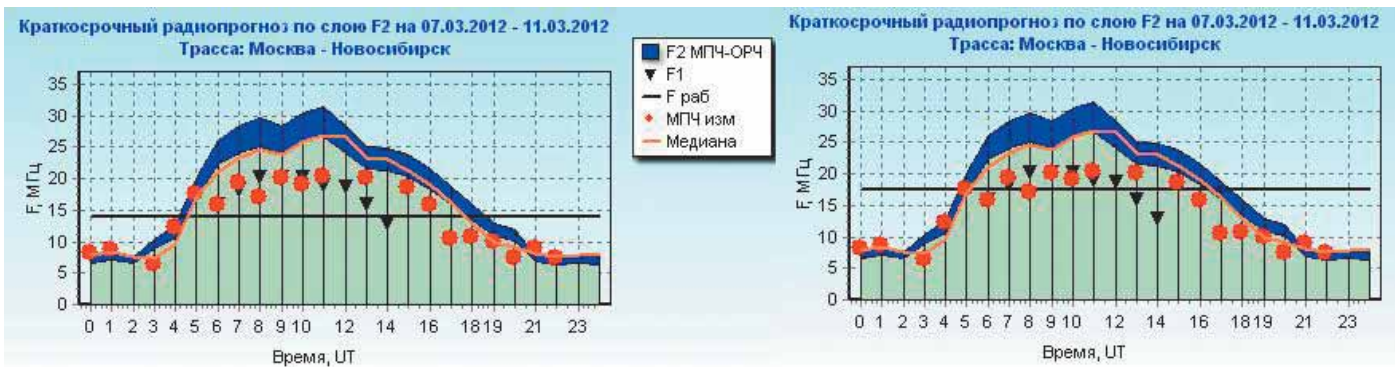


Рис. 5

налов, который можно ликвидировать, применив антенны с коэффициентом усиления не ниже 8 дБ.

Время работы на рабочих частотах в январе выбрано неверно. На ряде частот наблюдаются провалы по допустимым уровням сигналов. Коэффициенты усиления антенн должны быть около 12–14 дБ.

Результаты измерений уровней сигналов передатчиков, проведенных специалистами радиоконтроля ФГУП «РЧЦ ЦФО», показаны на рис. 4.

Таблица 7

Расписание/ Доступ- ность связи	Частота, кГц	Месяц	Время, мск													
			07	08	09	10	11	12	13	14	15	16				
Иркутск, дальность связи 4480 км																
08:20-16:30																
08:36-15:50	14900	1														
08:07-17:23		2														
07:10-19:45		3														
08:55-15:30	16150	1														
08:22-17:00		2														
07:30-19:05		3														

Из графиков видно, что прогнозируемые значения уровней сигнала отличаются от измеренных. Особенно это хорошо заметно для дальних трасс. Объясняется это тем, что измерения проводились на станции технического радиоконтроля в Белгороде. Расстояние от Москвы (по широте) 550 км. При этом азимутальная ошибка на передатчики корреспондентов, которые работают на приемный радиоприемник в Подмоскowie, составляет от 3 (Хабаровск) до 37 (Нижний Новгород) градусов. Кроме того, не учитывалось текущее состояние ионосферы, которое с 7 по 14 марта было возмущено из-за магнитных бурь.

В целом же, усредняя значения, можно сказать, что прогнозируемые значения довольно близки к реально полученным. Однако, уровни сигналов на трассах Хабаровск, Чита низки и не соответствуют допустимым нормам для обеспечения буквопечатающей радиосвязи. Обмениваться информацией на этих трассах невозможно из-за больших искажений.

Таблица 8

Корреспон- дент	Дата	Время	Частота	Уровень сигналов, дБ	
				прогноз	измеренные
Красноярск	14.03.2012	12:00	12 мГц	35	43
Чита	15.03.2012	10:00	14 мГц	42	34

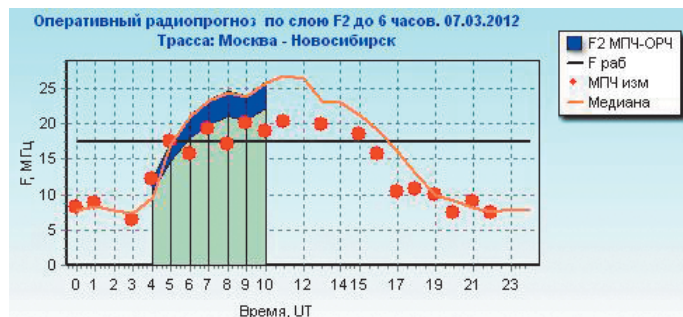


Рис. 6

Интересные результаты были получены при измерениях уровней сигналов передатчиков еще двух радиотрасс, где шла реальная работа буквопечатающей оконечной аппаратуры (табл. 8).

Повседневное обслуживание радиосвязи. Важное значение имеет обслуживание радиосвязи в повседневной деятельности, особенно в условиях резко меняющегося текущего состояния ионосферы.

Программа позволяет проводить обслуживание радиотрасс с использованием краткосрочных (до пяти суток) и оперативных (до шести часов) прогнозов. В качестве примера рассмотрим радиотрассу Москва – Новосибирск в условиях магнитной бури 7–9 марта 2012 г. При этом выбран наиболее сложный случай: ежечасные изменения критических частот были практически одинаковые по величине, но с обратными знаками. Краткосрочный прогноз давал спокойную работу на заданных частотах (рис.5).

Буря началась в 07:30 мск, стало резко снижаться МПЧ. Из рис.5 видно, что прием на частоте 13900 кГц возможен,

а на 17400 кГц связь была бы возможной только с 13:00 мск (09:00 UT). Следовательно, рабочую частоту главной станции необходимо было заменить с началом сеанса на запасную 13800 кГц. И даже для повседневной работы при спокойном состоянии ионосферы частота 17400 кГц непригодна, так как с 09:10 попасть во временной диапазон при суточных изменениях МПЧ весьма проблематично. При проведении краткосрочного и оперативного прогнозирования (рис. 6) перед началом сеанса связи можно было бы предвидеть неправильное назначение одной из рабочих частот.

Заключение. Исходя из вышесказанного, можно с уверенностью сказать, что применение современных методов планирования и обслуживания радиотрасс с использованием программных комплексов дает возможность повысить качество и надежность радиосвязи на коротких волнах, что особенно важно в тех случаях, когда коротковолновая радиосвязь является единственным способом получения и передачи информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Описание программы «Прогноз прохождения радиоволн и доступности связи на заданных частотах» [Электронный ресурс]: сайт. URL: <http://www.radian-m.ru/prognoz.php>
2. Кизима С.В., Ладанов М.В. Прогнозирование распространения радиоволн КВ-диапазона // Радиочастотный спектр. – 2012. – №2. – С. 32 – 35.
3. Recommendation ITU-R P.1240-1 [Электронный ресурс]: сайт МСЭ. URL: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1240-1-200702-I/en>
4. Recommendation ITU-R P.533-11 (02/2012) [Электронный ресурс]: сайт МСЭ. URL: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.533-11-201202-I/en>

Получено 08.08.12

УДК 621.396.019.4

КОНВЕРСИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА В РОССИИ: МИФЫ И РЕАЛИИ

С.А. Цветков, старший научный сотрудник НИИЦ РЭБ ВАИУ, к.т.н.
Д.В. Черток, старший научный сотрудник НИИЦ РЭБ ВАИУ, к.т.н.
В.С. Якименко, ведущий научный сотрудник НИИЦ РЭБ ВАИУ, к.т.н.
С.Н. Яншин, начальник отдела НИИЦ РЭБ ВАИУ, к.т.н.; yanshin@list.ru

Ключевые слова: конверсия радиочастотного спектра, радиоэлектронные средства, эффективность использования РЧС, высвобождение полос частот.

Введение. Вопросы конверсии радиочастотного спектра (РЧС) продолжают занимать заметное место во многих публикациях, посвященных совершенствованию управления использованием РЧС в Российской Федерации. Представляется целесообразным обсудить ряд вопросов, важных не только для более четкого понимания проблем конверсии РЧС в целом, но и для развенчания связанных с ней мифов, имеющих место в настоящее время: каковы отличия конверсии РЧС от конверсии оборонной промышленности; кому, зачем и какая нужна конверсия РЧС; как активизировать проведение конверсии РЧС; какой орган должен быть ответственным за ее проведение.

Отличия конверсии РЧС от конверсии оборонной промышленности. В результате проведенного сравнения выделены следующие основные отличия конверсии РЧС от конверсии оборонной промышленности.

1. Конверсия оборонной промышленности однозначно регламентируется нормативным документом государственного уровня – Федеральным законом «О конверсии оборонной промышленности в Российской Федерации». Основанием для проведения конверсии оборонной промышленности являются решение Президента Российской Федерации, решение Правительства Российской Федерации о сокращении или прекращении научной и(или) производственной деятельности по определенным направлениям (номенклатуре продукции, работ, услуг) либо в определенных организациях оборонной промышленности. В отношении конверсии РЧС подобного закона и соответствующих решений нет, как,