

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ РЛС  
С ФАЗИРОВАННЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ  
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РАДИОПОМЕХ ВНЕ ОСНОВНОГО КАНАЛА ПРИЕМА**

**А.В. Пилков**

**STABLE OPERATION ENSURING OF RADAR WITH PHASED ARRAY ANTENNA SYSTEM  
IN CONDITIONS OF RADIO INTERFERENCE AMBIGUITY  
OUT OF THE MAIN RECEIVING CHANNEL**

**A.V. Pilkov**

В настоящей статье предложен метод обеспечения устойчивой работы радиолокационных станций с фазированными антенными решётками в условиях воздействия радиопомех вне основного канала приёма. Метод основан на измерении допустимых уровней восприимчивости радиоприёмного устройства по интермодуляции, блокированию усиления и побочным каналам приёма, а также последующего сопоставления с экспериментальными данными по электромагнитной обстановке в точке дислокации РЛС. Использование метода позволяет разработать и обосновать комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение беспомеховой работы РЛС.

In this article, the stable operation ensuring method of radar with phased array antenna system in the conditions of undetermined radiointerference out of main receiving channel is offered. Designed method is based on comparison of measured susceptibility level (of intermodulation distortion, compression distortion and spurious reviewing channel) with experimental radiomonitoring data. Practical application of this method provides to work out a technical-organizational set of measures for radar stable operation in real electromagnetic environment.

**Введение**

В связи с постоянным увеличением числа РЭС и уплотнением радиочастотного спектра, важнейшим вопросом для РЛС становится обеспечение электромагнитной совместимости и беспомехового функционирования [Уайт, 1978]. Иными словами, РЛС должна выполнять задачи по предназначению в реальной электромагнитной обстановке, т. е. в условиях воздействия непреднамеренных радиопомех от РЭС группировки, при этом не создавать помех другим РЭС [Владимиров, 1985]. В настоящей работе будет рассмотрено только одностороннее влияние со стороны группировки на РЛС.

Поскольку рабочий частотный диапазон РЛС выделяется на основании утвержденной радиочастотной заявки, исключение влияния мешающих сигналов в рабочем диапазоне частот обеспечивается соответствующими службами Роскомнадзора и ФГУП «Радиочастотный центр».

Отличительной особенностью современных РЛС исследования космического пространства является высокая чувствительность радиоприёмного устройства. Для достижения требуемого значения чувствительности РЛС и заданных технических характеристик, как правило, используются радиоприёмные устройства (РПУ) фазированные антенные решетки (ФАР), предполагающие когерентное суммирование принимаемых радиосигналов. В радиоприёмных трактах используются малощумящие активные элементы, которые, обладают недостаточной степенью линейности амплитудных характеристик. Для минимизации потерь, во входных цепях РПУ используется схема с «открытым входом», не предусматривающая использование полосовых фильтров на входе РПУ. Вследствие указанных технических особенностей помеховое воздействие на РЛС способны оказывать РЭС, функционирующие за пределами выделенного частотного диапазона, за счет нели-

нейных искажений в радиоприёмном тракте, таких как интермодуляции, блокирования усиления и прохождение по побочным каналам приёма.

На основании вышеизложенного возникает задача обеспечения устойчивого функционирования РЛС в условиях воздействия внешних радиосигналов: при определении несовместимых РЭС в группировке, расчете параметров частотно-территориального разноса (ЧТР) и при обосновании требований по радиоэлектронной защите, предъявляемых к РПУ РЛС.

**Измерение уровней восприимчивости радиоприёмных устройств РЛС с фазированными антенными решетками**

Оценка возможности функционирования РЛС с заданной группировкой РЭС, а также разработка комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение беспомеховой работы, может быть проведена на основании сопоставления данных по ЭМО в предполагаемой точке дислокации и данных по характеристикам частотной избирательности (ХЧИ) РПУ исследуемой РЛС.

ХЧИ РПУ определяют допустимые уровни и отстройки по частоте мешающих сигналов, при которых помеховое влияние не превышает допустимого значения. ХЧИ РПУ определяется линейностью активных элементов в радиоприёмном тракте и степенью подавления сигналов вне рабочего диапазона частот.

Требования к параметрам ХЧИ и соответствующие методы измерений регламентированы государственными стандартами. Однако, использование установленных методов измерений при проведении испытаний РЛС с ФАР сопровождается техническими трудностями, обусловленными тем, что стандарты ориентированы на одноканальные аналоговые РПУ, в то время как РПУ РЛС с ФАР представляет собой многоканальное, аналого-цифровое



Обобщенная блок-схема метода оценки работоспособности РЛС с ФАР в условиях воздействия радиопомех вне основного канала приема.

РПУ [Михайлов, 1980]. Для достижения высокого значения чувствительности РПУ, фазированная антенная решетка, как правило является крупноапертурной, что при реализации испытаний вносит дополнительные трудности, обусловленные значительной удаленностью границы дальней зоны антенны [Воскре-сенский, 2003].

Для измерения уровней восприимчивости и динамических диапазонов по интермодуляции, блокированию усиления и побочным каналам приема предлагается использовать ранее разработанный специализированный методический аппарат, который учитывает особенности и позволяет реализовать испытания многоканального аналогово-цифрового РПУ с крупноапертурной ФАР [Пилков, 2014]. Обобщенная блок-схема метода оценки работоспособности РЛС в условиях воздействия радиопомех вне основного канала приема представлена на рисунке.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является то обстоятельство, что в качестве обобщенного измерителя используется непосредственно радиолокационная станция, при этом управление измерительной аппаратурой, формирующей испытательные сигналы, осуществляется не оператором, как при типовых методах, а по специально разработанным алгоритмам.

Исходными данными для работы алгоритма является массив с выхода цифрового приемника, обработка которого позволяет оценить реакцию всего РПУ на помеховое воздействие заданного уровня.

Для оценки допустимого помехового воздействия вне основного канала приема предложено и обосновано использование отношения сигнал/(шум+помеха) (ОСШП) и отношение помеха/(шум+помеха) (ОПШП) по выходу РПУ, допустимые нелинейные искажения определяются коэффициентами прохождения по ПКП, интермодуляции и блокированию.

$$ОСШП_{д1} = ОСШ_{оп} + К_{бл};$$

$$ОПШП_{д2} = ОСШ_{оп} + К_{ПКП};$$

$$ОПШП_{д3} = ОСШ_{оп} + К_{и},$$

где  $ОСШ_{оп}$  – опорное отношение сигнал/шум (при котором обеспечиваются ТТХ РЛС);  $К_{ПКП}$ ,  $К_{и}$ ,  $К_{бл}$  – допустимый коэффициент прохождения по ПКП, коэффициент интермодуляции, коэффициент блокирования усиления, соответственно.

Сопоставление измеренных значений уровней восприимчивости с экспериментальными данными по электромагнитной обстановке, зафиксированных в точки дислокации РЛС, позволит выделить источники радиосигналов, оказывающих недопустимое помеховое воздействие, а также разработать комплекс мероприятий, направленных на исключение помехового влияния и обеспечения устойчивой работы РЛС [Рембовский, 2012].

### Выводы

Предложен методический аппарат измерения характеристик частотной избирательности (по интермодуляции, блокированию усиления и побочным каналам приема) радиоприемного устройства РЛС с крупноапертурной ФАР, в котором в качестве обобщенного измерительного инструмента используется непосредственно РЛС, что позволяет комплексно учитывать характеристики аналогового тракта, вклад цифровой обработки и алгоритмов работы РЛС. Разработанный методический аппарат обеспечивает возможность выделения радиосигналов в реальной электромагнитной обстановке, поступающих вне основного канала приема и оказывающих помеховое влияние на аналогово-цифровые радиоприемные устройства с фазированными антенными решетками. Предложен расширенный перечень анализируемых параметров, необходимых для оценки беспомеховой работы РЛС в условиях воздействия источников радиопомех, вне основного канала приема.

Разработанный метод позволяет оценить степень восприимчивости РЛС к радиопомехам, воздействующим вне основного канала приема, а также обосновать перечень организационно-технические мероприятий, необходимых для обеспечения устойчивого функционирования РЛС.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

Владимиров В.И., Докторов А.Л., Елизаров Ф.В. и др. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем / Под ред. Царькова. М.: Радио и связь, 1985. 272 с.

Воскресенский Д.И., Степаненко В.И., Филиппов В.С. и др. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток.: Учебное пособие для вузов / Под. ред Д.И. Воскресенского. М.: Радиотехника, 2003. 632 с.

Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 640 с.

Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения. М.: Советское радио, 1978. Вып. 2. 272 с.

Измерение параметров ЭМС РЭС / А.С. Михайлов. М.: Связь, 1980. 200 с.

Особенности измерения параметров характеристики частотной избирательности многоканального радиоприемного устройства с фазированной антенной решеткой / А.В. Пилков / Технологии ЭМС. 2014. № 1 (48). С. 31–34.

*Радиотехнический институт им. А.Л. Минца, Москва, Россия*