

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ**

д.т.н. Золотарев В.В., к.т.н. Овечкин Г.В., Овечкин П.В.

**Институт космических исследований РАН, г. Москва  
Рязанская государственная радиотехническая академия**

Одной из важнейших проблем при создании высокоскоростных цифровых систем связи является правильный выбор методов кодирования и декодирования помехоустойчивых кодов, необходимых для организации достоверной передачи цифровой информации. Использование помехоустойчивых кодов понижает требуемое отношение сигнал/шум в канале связи и позволяет получить энергетический выигрыш (ЭВК), каждый децибел которого более 20 лет назад оценивался в миллионы долларов. Сейчас ценность ЭВК еще более возросла, поскольку он позволяет уменьшать размеры очень дорогих антенн, повышать дальность связи, увеличивать скорость передачи данных, снижать необходимую мощность передатчика. Именно поэтому проблеме увеличения ЭВК во всем мире уделяется огромное внимание, а достоинства простых и эффективных алгоритмов декодирования невозможно переоценить.

Наиболее эффективно применение помехоустойчивого кодирования в сетях спутниковой и космической связи, где вопросы экономии полосы частот и энергетических ресурсов передатчика относятся к чрезвычайно важным. В данном случае отказ от реализации эффективных систем помехоустойчивого кодирования приводит к тому, что пропускная способность каналов используется крайне неэффективно. Поэтому с экономической точки зрения затраты на создание таких систем связи оказываются в десятки, а иногда и даже сотни раз большими, чем в правильно спроектированных системах с применением помехоустойчивого кодирования и теми же параметрами производительности каналов связи.

В докладе рассматриваются современные методы помехоустойчивого кодирования, такие как декодер Витерби, многопороговые декодеры, турбокоды, низкоплотностные коды и некоторые другие каскадные коды. Данные коды сравниваются как по энергетической эффективности, так и по сложности практической реализации. Последний параметр часто оказывается решающим при выборе того или иного метода коррекции ошибок, поскольку он определяет стоимость, надежность, быстродействие и много других важных параметров аппаратуры передачи данных.

Показано, что наиболее предпочтительными по соотношению эффективность/сложность являются многопороговые декодеры (МПД), которые позволяют практически оптимально декодировать даже очень длинные коды с линейной сложностью реализации. Разработанные в НИИРадио программные варианты МПД для декодирования одного бита требуют всего 50-400 операций, что на один-два порядка меньше, чем у других алгоритмов с сопоставимой эффективностью. При аппаратной реализации преимущество МПД оказывается еще более существенным. Подобная разница в сложности прикладных алгоритмов в настоящее время вообще чрезвычайно редка и совершенно неожиданная возможность столь больших преимуществ любого подобного метода должна использоваться в соответствующих областях в максимально возможной степени.