

Анализ эффективности
применения ТСМ кодирования в
ЦСП на основе технологии
мультиплексирования с
ортогональным частотным
разделением.

Выполнили Добрук А. ТК-41
Шарай С.РЭ-41

ТСМ

кодирование

- Приблизительно с 1984 года возникает активный интерес к схемам, где модуляция объединяется с кодированием; такие схемы называются *решетчатым кодированием* (trellis-coded modulation — ТСМ).
- Эти схемы позволяют повысить достоверность передачи, не расширяя при этом полосу частот сигнала.
- При наличии шума AWGN схема ТСМ довольно просто может дать суммарную эффективность кодирования порядка 3 дБ по сравнению с не кодированной системой, а при увеличении сложности можно получить эффективность порядка 6 дБ

Разбиение Унгербока

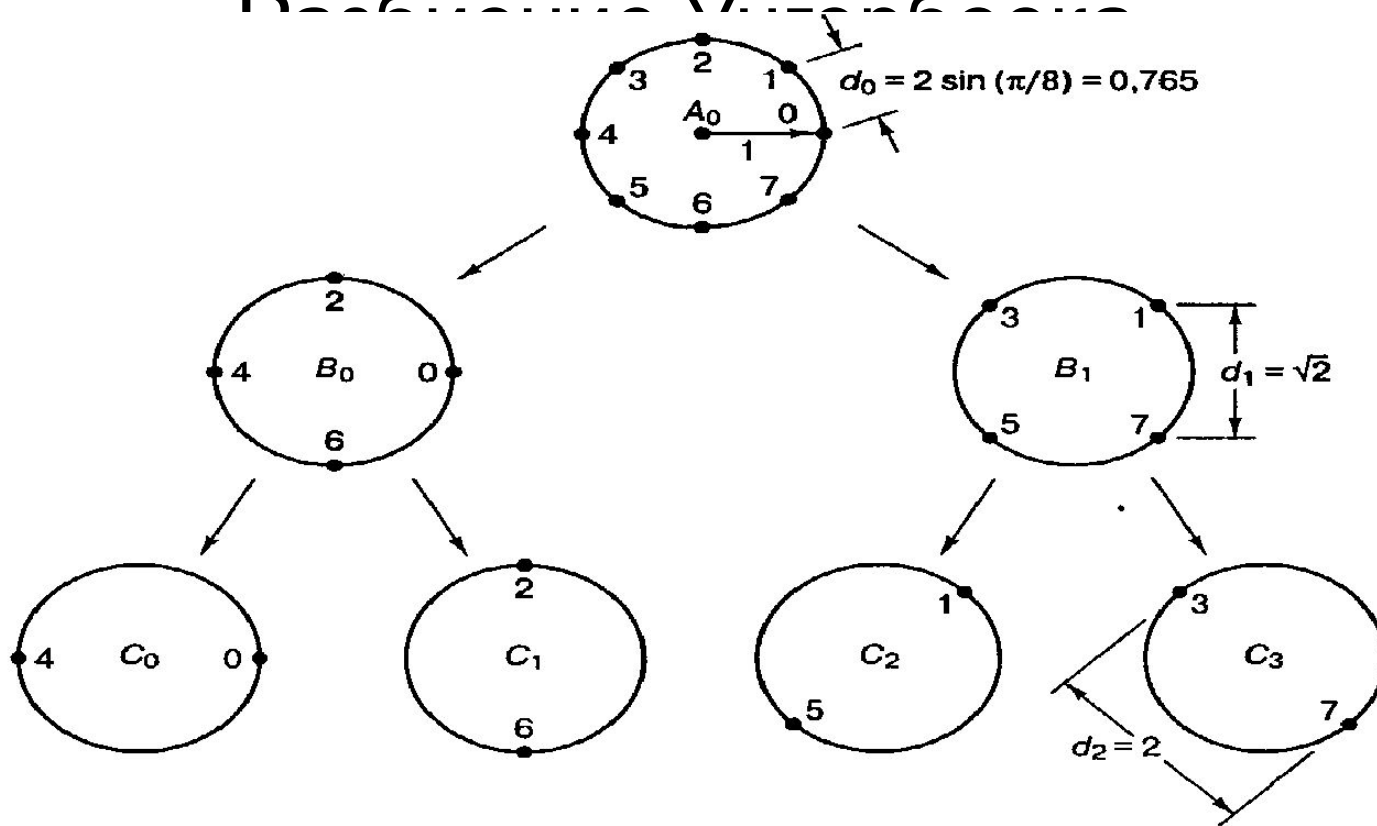


Рис. 9.22. Разбиение Унгербока набора сигналов 8-PSK

- Отображение кода в сигнал, следующее из последовательного разбиения множества модулирующих сигналов на подмножества с возрастающими минимальными расстояниями $d_0 < d_1 < d_2 \dots$ между элементами подмножеств
- Для схемы ТСМ переходы в решетке помечаются модулирующими сигналами.

Отображение сигналов на переходы решетки

Унгербок разработал эвристический набор правил назначения сигналам соответствующих ветвей переходов решетки для получения эффективности кодирования, который позволяет сделать адекватный выбор состояний решетки. Правила построения решетки и разбиения множества сигнала (для модуляции 8-PSK) можно кратко изложить следующим образом.

- *1. Если за один интервал модуляции кодируется k бит, решетка должна разрешать для каждого состояния 2^k возможных переходов в последующее состояние.*
- *2. Между парой состояний может существовать более одного перехода.*
- *3. Все сигналы должны появляться с равной частотой и обладать высокой регулярностью и симметрией.*
- *4. Переходы с одинаковым исходным состоянием присваиваются сигналам либо из подмножества V_0 , либо V_1 — их смешение недопустимо.*
- *5. Переходы с одинаковым конечным состоянием присваиваются сигналам либо из подмножества V_0 , либо V_1 — их смешение недопустимо.*
- *6. Параллельные переходы присваиваются сигналам либо из подмножества S_0 , либо S_1 либо S_2 , либо S_3 — их смешение недопустимо.*

Сигнальные созвездия для 16-КАМ

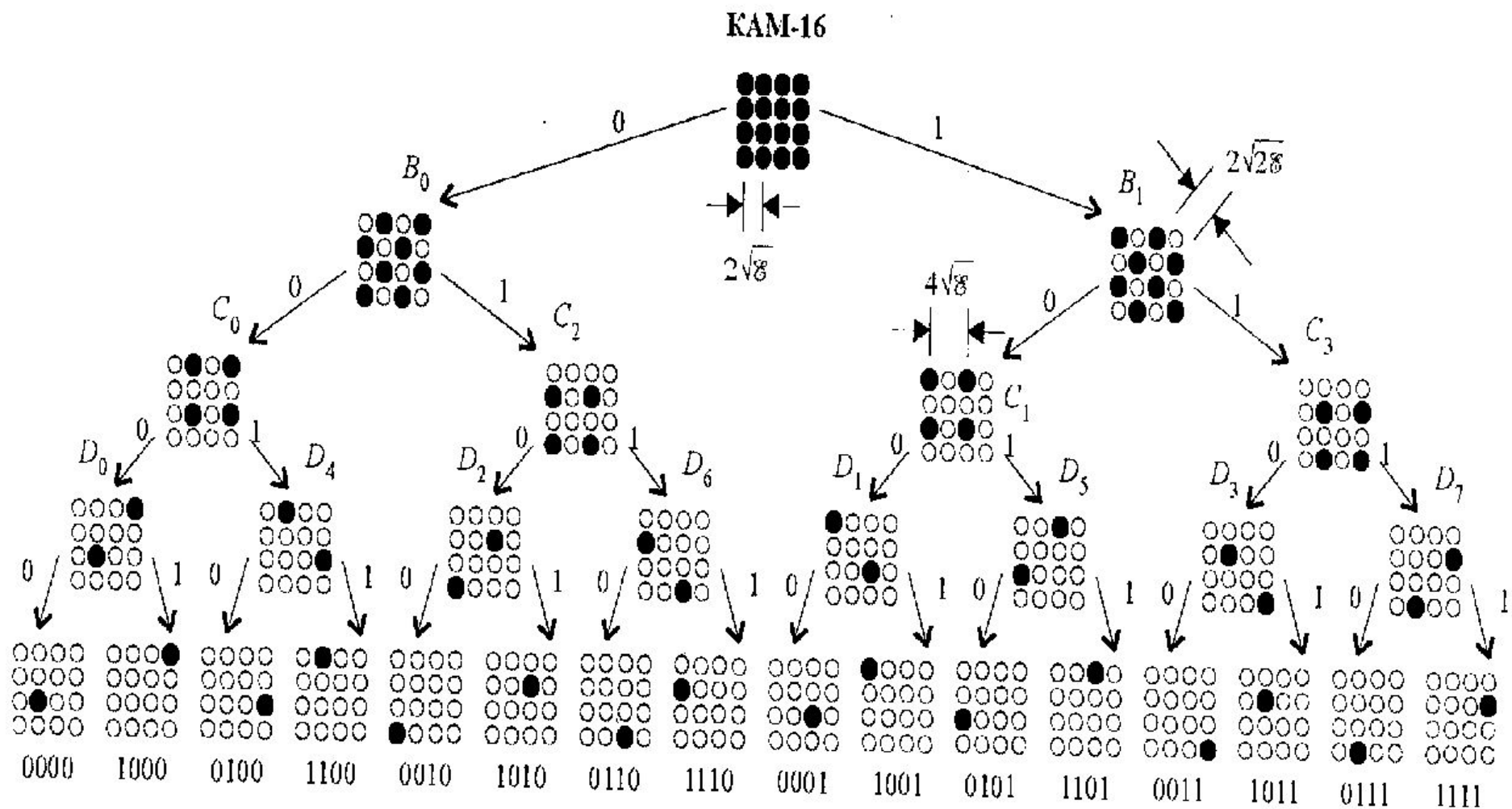
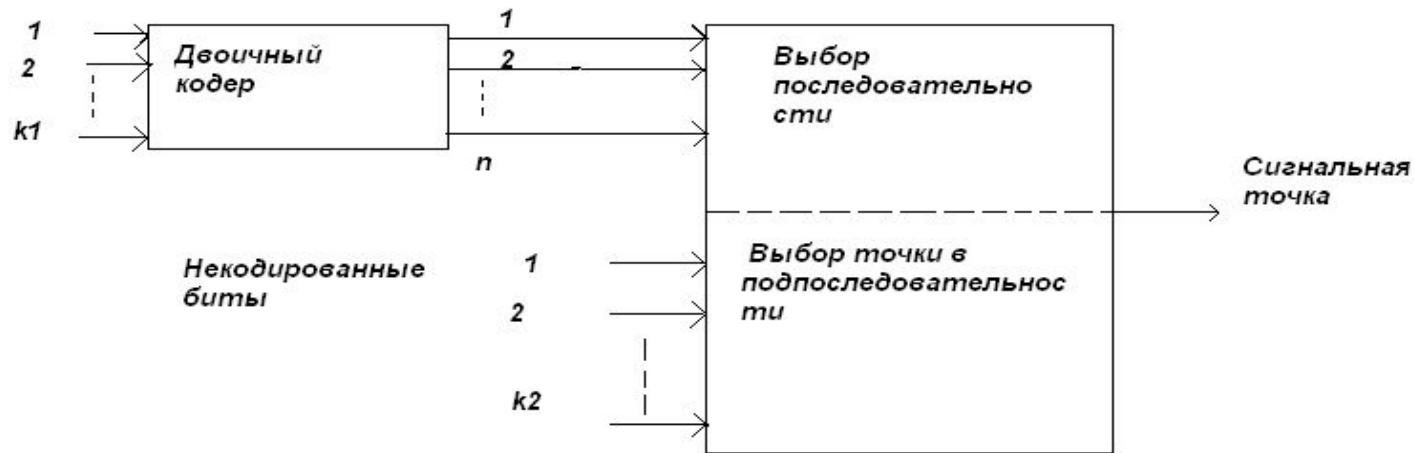


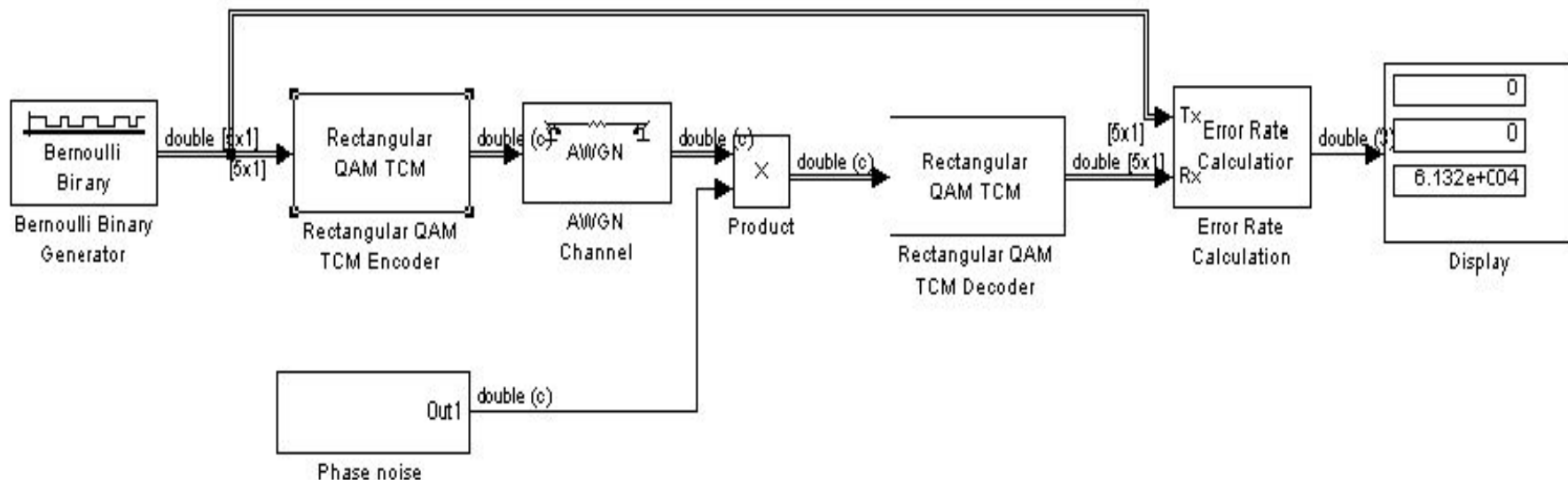
Рис. 8.3.2. Ряд расчленений для ансамбля сигналов КАМ-16

Общая структура комбинированного кодера/модулятора



- Блок из t информационных символов делится на две группы длиной $k1$ и $k2$. $k1$ символов кодируются в n символов, в то время как $k2$ символа остаются не кодированными. Затем n символа кодера используются для выбора одного из 2^n возможных подобразов в расчлененном ансамбле сигналов, в то время как $k2$ символа используются для выбора одной из 2^{k2} сигнальных точек в каждом подобразе.
- Если $k2 = 0$, все t информационных символа кодируются.

Модель TCM кодирования

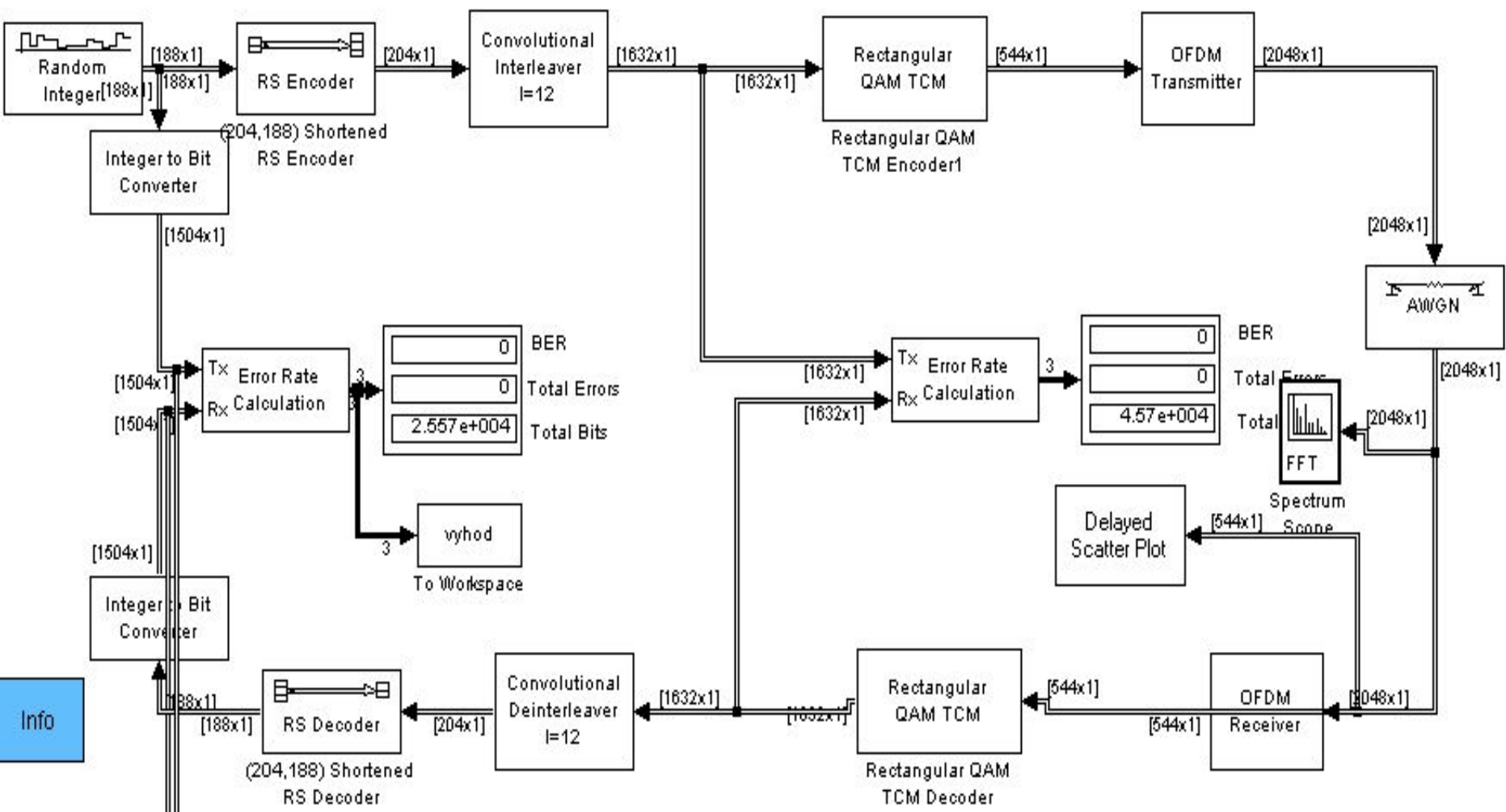


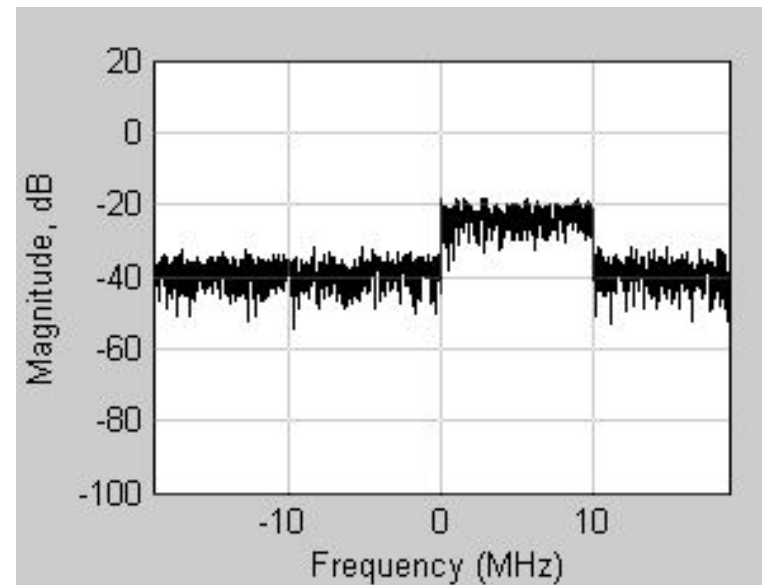
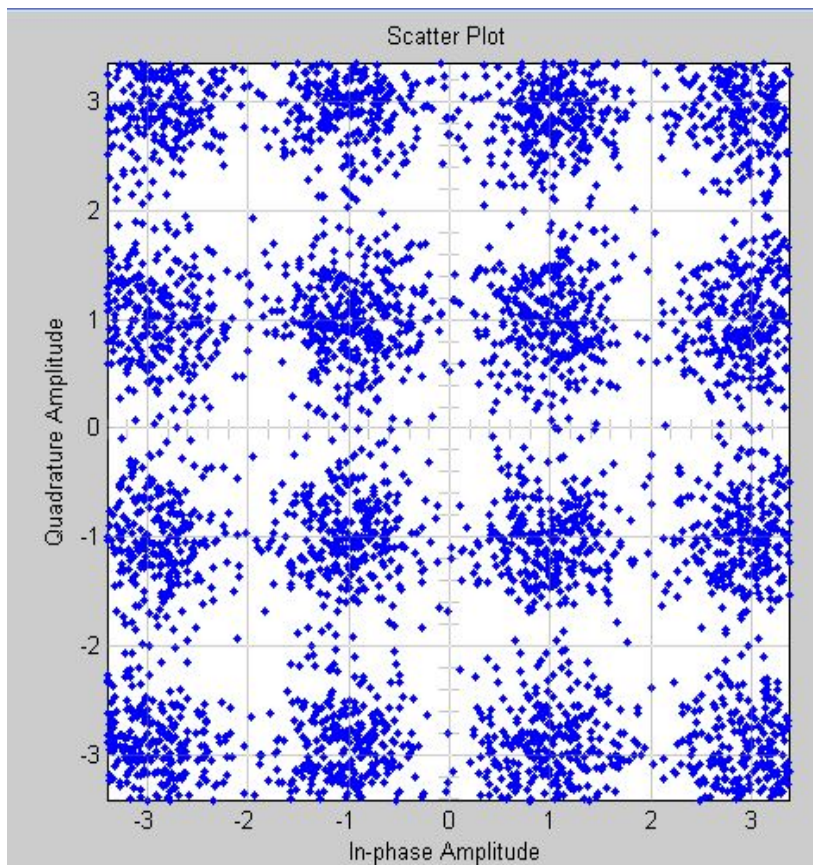
Сравнение модуляторов для различных значений С/Ш

модулятор	С/Ш	error
TCM-64	100	0.005464
	50	0.005628
	10	0.007321
	1	0.0579
	0.1	0.09143
QAM-16	1000	0.006383
	10	0.5253
	100	0.4998
	1000	0.5032
	50	0.5008
	1	0.6737
QPSK	0.1	0.6899
	10	0.5397
	100	0.5015
	1000	0.4983
	50	0.4992
	1	0.6566
TCM-32	0.1	0.662
	10	0.5
	100	0.4964
	1000	0.4976
	50	0.4977
	1	0.501
	0.1	0.5003

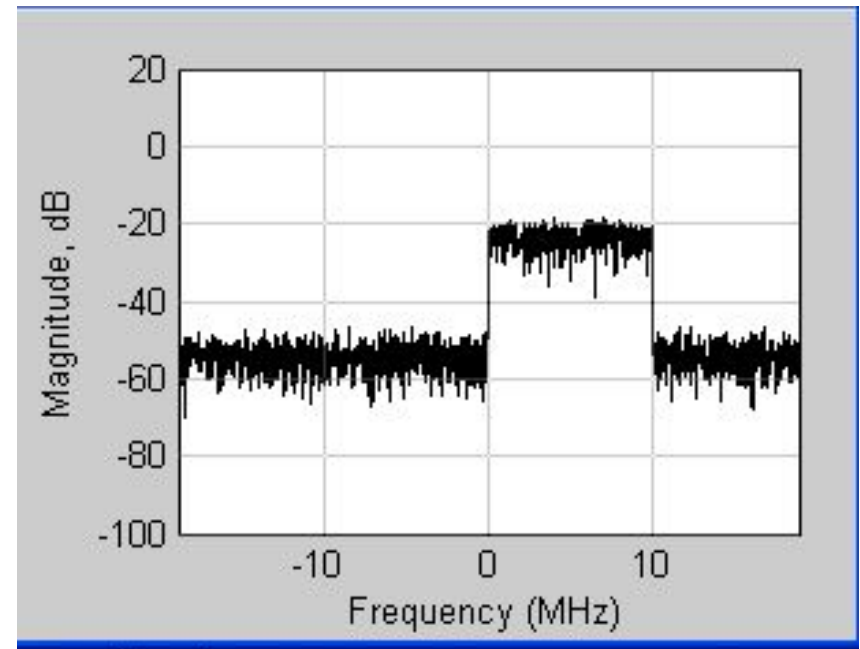
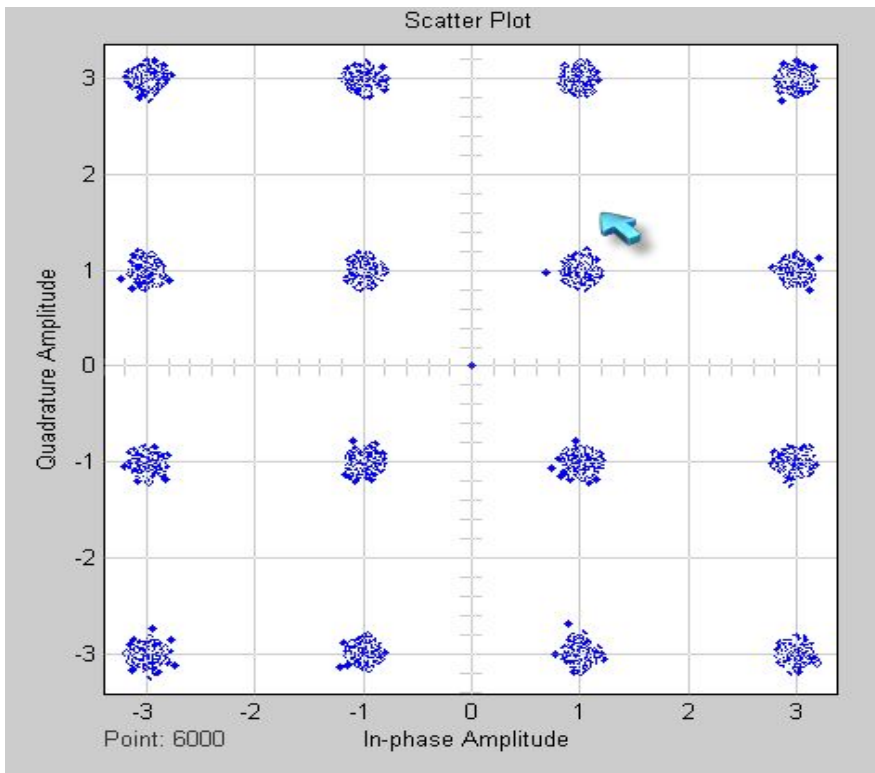
Digital Video Broadcasting-Terrestrial

2k Mode, Nonhierarchical Transmission

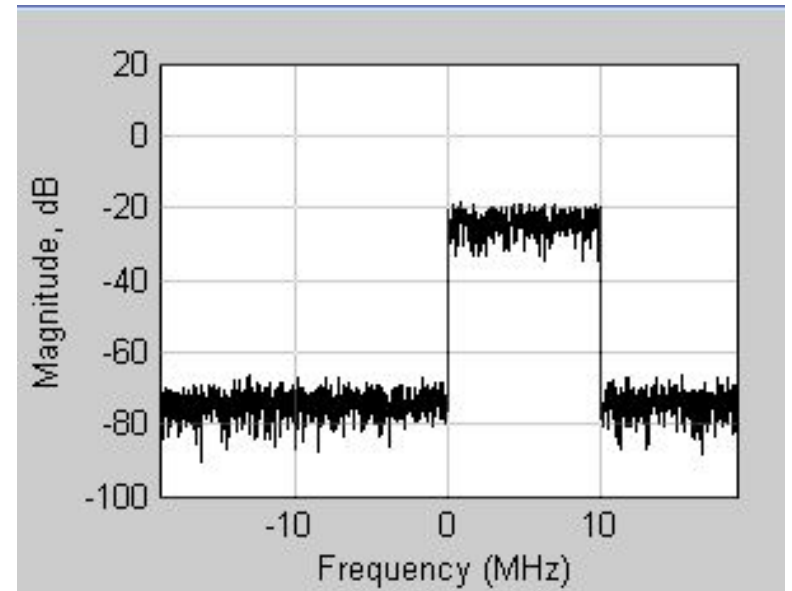
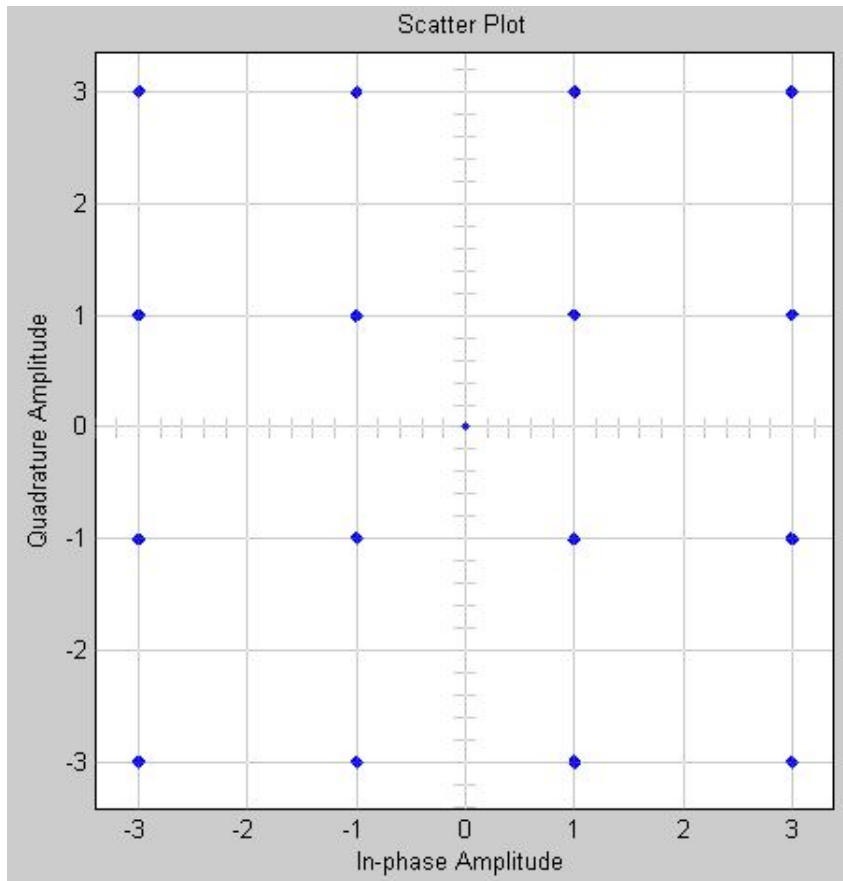




- Созвездие и энергетический спектр сигнала при отношении $C/\text{Ш} = 5$ дБ в схеме с TCM-16

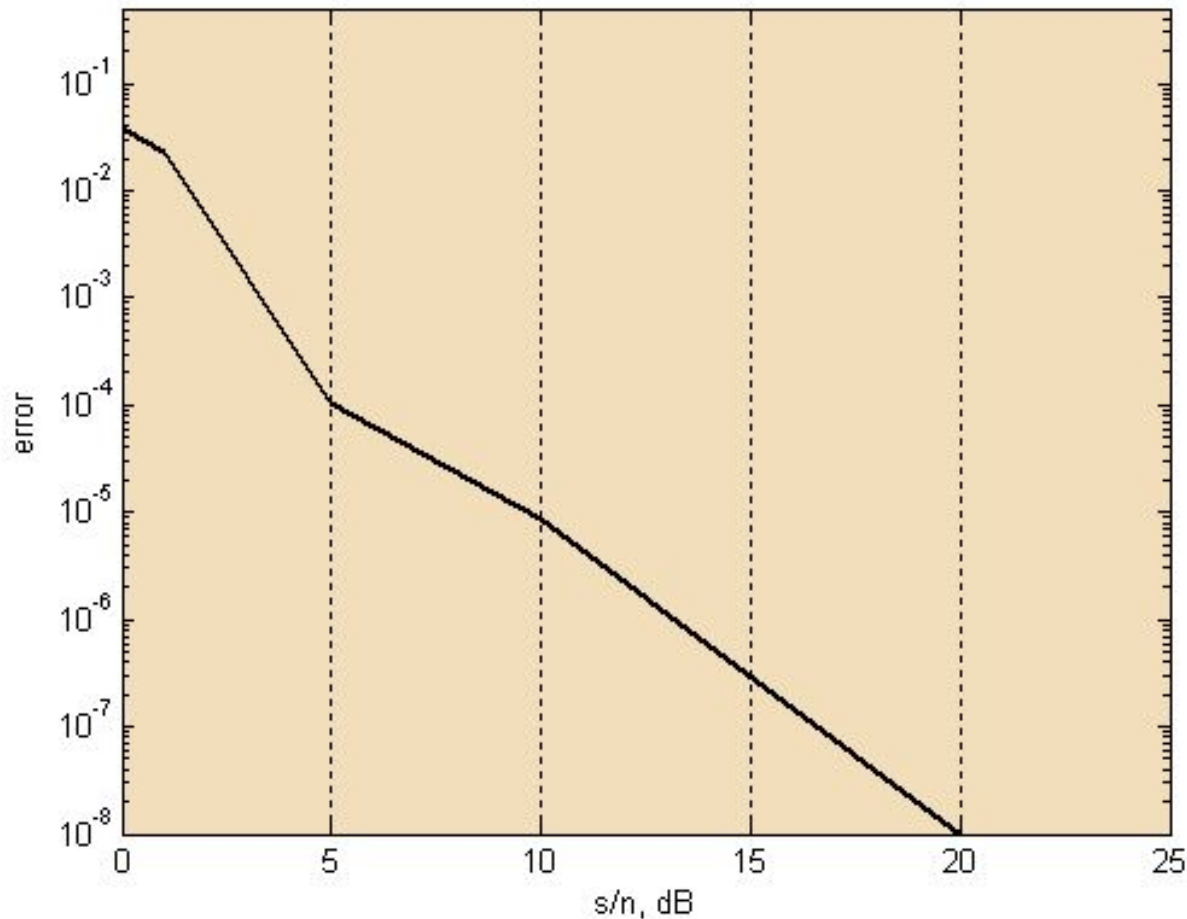


- Созвездие и энергетический спектр сигнала при $C/\text{Ш} = 20$ дБ в схеме с TSM-16.



- Созвездие и энергетический спектр сигнала при $C/\text{Ш} = 40\text{дБ}$ в схеме с TSM-16

Зависимость отношения С/Ш от количества ошибок в канале с АБГШ



Зависимость величины доплеровского рассеяния от количества ошибок в канале с замираниями Релея.

