

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 654.197–042.4+621.397.132

Смольский
Егор Дмитриевич

Моделирование многолучевого канала систем наземного
цифрового телевизионного вещания

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 Системы сети и устройства телекоммуникаций

Научный руководитель
Тарченко Надежда Владимировна
К.Т.Н, Доцент

Минск 2016

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль

Ткаченко Анатолий Пантелеевич

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Заключительными актами Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы, принятыми в Женеве в 2006 году, аналоговое телевизионное вещание в полосах радиочастот 174 – 230 МГц и 470 – 862 МГц было прекращено 17 июня 2015 года.

Развитие цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T в Республике Беларусь осуществлялось в рамках реализации Государственной программы внедрения цифрового телевизионного и радиовещания в Республике Беларусь до 2015 года, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 08.12.2005 № 1406 [3].

Переход на цифровое вещание позволил улучшить качество предоставления услуг по трансляции телевизионных программ, повысить эффективность использования радиочастотного ресурса.

В настоящее время наземное цифровое телевизионное вещание стандарта DVB-T доступно 99,2 процентам населения нашей страны.

Важным является вопрос устойчивости радиосигнала наземного цифрового телевидения к внешним воздействиям, которые оказывают влияние на радиосигнал. Известно, что прохождение радиосигнала через открытое пространство непременно приводит к возникновению отражённых сигналов, вызванных препятствиями на пути распространения сигналов и неоднородностями в тропосфере. Наличие переотражённых сигналов на входе антенны существенно осложняет процесс приёма. Проблема многолучёвости существенно обостряется в условиях плотной городской застройки. Поэтому при проектировании и испытании готового приёмного устройства, для проверки устойчивости его работы в реальных условиях можно использовать имитатор многолучевого канала распространения, принцип действия которого основывается на математической модели многолучевого канала.

Целью данной магистерской диссертации является разработка математической модели и проведение с её помощью моделирования многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной магистерской диссертации является разработка математической модели многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания и его моделирование.

В перечень задач, которые требовалось решить, входило следующее:

- 1 Проведение анализа моделей распространения радиоволн;
- 2 Разработка математической модели сигнала наземного цифрового телевизионного вещания систем DVB-T/T2;
- 3 Разработка модели многолучевого канала;
- 4 Реализация моделей сигнала и канала в среде MATLAB;
- 5 Сравнение результатов, получаемых при моделировании с результатами, полученными при проведении полевых измерений.

В настоящее время научные изыскания в области многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания, являются актуальными так как в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 08.12.2005 № 1406 [3] Республика Беларусь в 2015 году полностью перешла на цифровое телевизионное вещание формата DVB-T/T2. Из вышесказанного следует, что анализ и моделирование многолучевого канала, его воздействия на проходящий сигнал систем наземного цифрового телевизионного вещания, а также создание как программных так и аппаратных имитаторов многолучевого канала является актуальным и востребованным. Объясняется это тем, что знания о влиянии многолучевого распространения радиоволн на сигнал наземного цифрового телевидения можно направить на разработку новых, устойчивых к воздействию многолучевости методов кодирования и модуляции.

Результаты исследования были опубликованы в виде следующей статьи: Смольский, Е.Д. Имитатор многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания / Е.Д. Смольский // Современные средства связи: материалы XX Международной НТК, 14-15 октября 2015 г., г. Минск. – Минск.: УО ВГКС, 2015. – С. 116-118.

Также результаты работы были апробированы на двух научных конференциях:

- 1 XX Международная НТК, г. Минск ВГКС, 14-15 октября 2015 г., где соискатель выступил с докладом на тему «Имитатор многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания»;

- 2 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, г. Минск БГУИР, 23-27 апреля 2016 г., где соискатель выступил с докладом на

тему «Моделирование быстрых замираний радиосигнала в каналах связи с OFDM».

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Для разработки модели многолучевого канала на первом этапе был проведён анализ различных моделей распространения радиоволн: были рассмотрены аналитические и экспериментальные модели и геометрические модели распространения сигнала. Из чего был сделан вывод, что наиболее точной является трассировка лучей, так как она позволяет проанализировать и учесть точный путь, который прошёл луч: все его отражения от различных препятствий и дифракцию на различных поверхностях, а также затухание и задержку. Однако этот метод требует больших вычислительных мощностей и затрат большого количества машинного времени. А если учесть тот факт, что зона обслуживания одного телевизионного передатчика составляет порядка 80 километров, то очевидно что использование этого метода в нашей ситуации не представляется возможным. Поэтому в качестве концепта была выбрана модель, предложенная в стандарте ETSI EN 300 744, так как она является достаточно точной и простой одновременно.

Математическая интерпретация модели имеет следующий вид:

$$y(t) = \rho_0 x(t) + \sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j\theta_i} x(t - \tau_i), \quad (1)$$

где $x(t)$ – входной сигнал;

$y(t)$ – выходной сигнал;

ρ_0 – затухание прямого луча;

N – число отражённых лучей;

ρ_i – затухание отражённого луча;

θ – фазовый сдвиг отражённого луча;

τ – относительная задержка отражённого луча.

На втором этапе исследования были рассмотрены математические аспекты формирования OFDM сигнала, после чего была построена математическая модель радиосигнала систем наземного цифрового телевизионного вещания. Сигнал OFDM представляется как произведение векторов входных данных a_n (b_n) длиной N на матрицы отсчетов базисных функций преобразования Фурье размерностью $N \times N$:

$$[Re(y(k))] = [a_n] \left[\cos \left\{ \frac{2\pi nk}{N} \right\} \right] - [b_n] \left[\sin \left\{ \frac{2\pi nk}{N} \right\} \right], \quad (2)$$

$$[Im(y(k))] = [b_n] \left[\cos \left\{ \frac{2\pi nk}{N} \right\} \right] + [a_n] \left[\sin \left\{ \frac{2\pi nk}{N} \right\} \right]. \quad (3)$$

В соответствии с этим, функциональная схема модуля ОБПФ представлена на рисунке 1. В отличие от эквивалентного аналогового представления такая схема является реализуемой на практике.

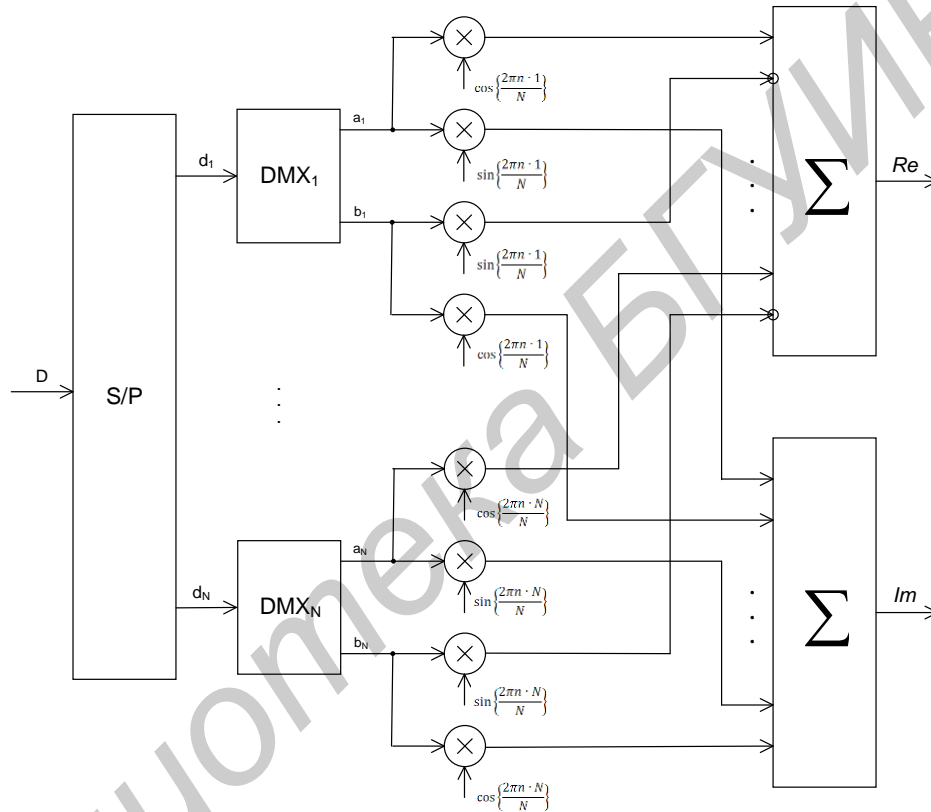


Рисунок 1 – Функциональная схема модуля ОБПФ

Формирование комплексной огибающей OFDM-сигнала по выражениям (2) и (3) можно представить в виде двух вещественных ОБПФ в соответствии с рисунком 2.

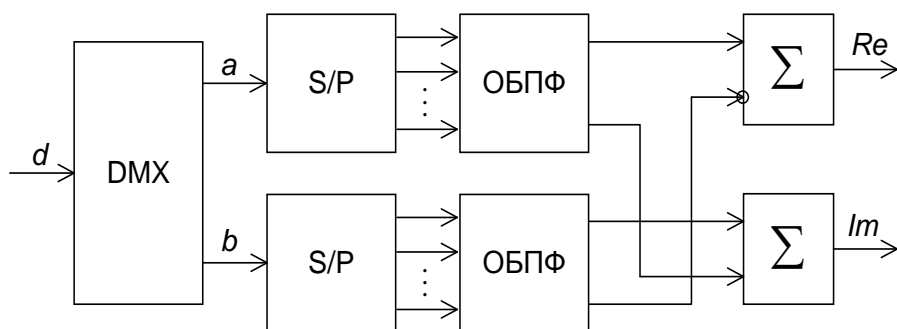


Рисунок 2 – Формирователь комплексной огибающей OFDM-сигнала

На третьем этапе исследования была разработана обобщённая модель многолучевого канала, позволяющая учесть задержки и затухания сигнала, пришедшего с различных направлений, влияние шумов с различной плотностью распределения вероятности. Также здесь была предложена структурная схема имитатора многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания, которая работает в соответствии с полученной ранее математической моделью многолучевого канала. Схема представлена на рисунке 3.

Опишем компоненты, входящие в модифицированную структурную схему имитатора.

- 1 – генератор, управляемый напряжением;
- 2, 11, 12 – фильтр нижних частот;
- 3 – опорный кварцевый генератор;
- 4, 6 – делитель частоты с переменным коэффициентом деления;
- 5 – усилитель;
- 7 – фазовый детектор;
- 8, 9, 37-40 – смесители;
- 10 – фазовращатель;
- 13, 30 – вычислительное устройство;
- 14, 15 – аналого-цифровой преобразователь;
- 16 – генератор шума;
- 17-22 – запоминающее устройство с произвольным доступом;
- 23-29 – перемножитель;
- 31, 32, 41-43 – сумматор;
- 33 – статическая память с произвольным доступом;
- 34 – электрически стираемое перепрограммируемое постоянно запоминающее устройство
- 35, 36 – цифро-аналоговый преобразователь.

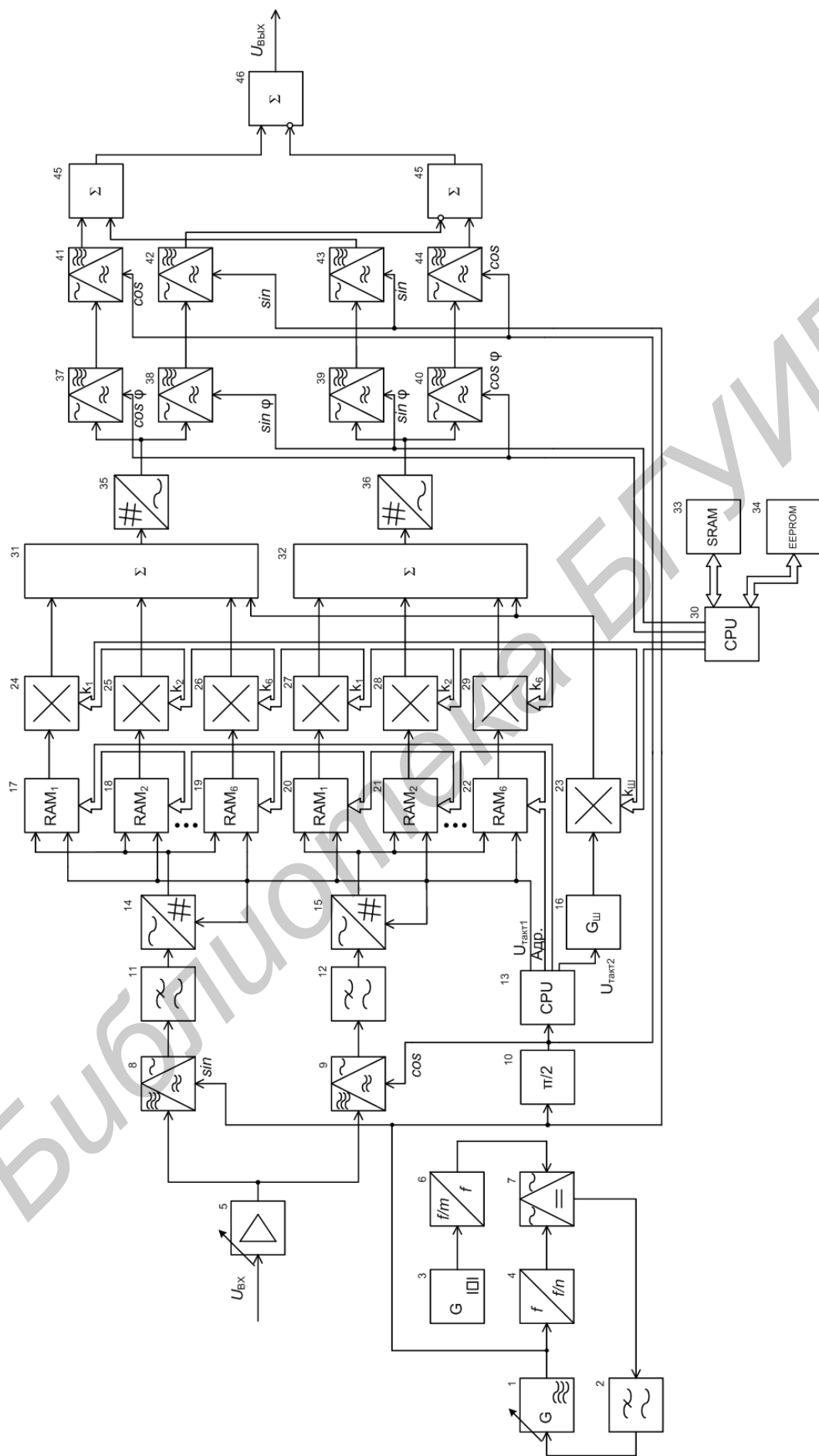
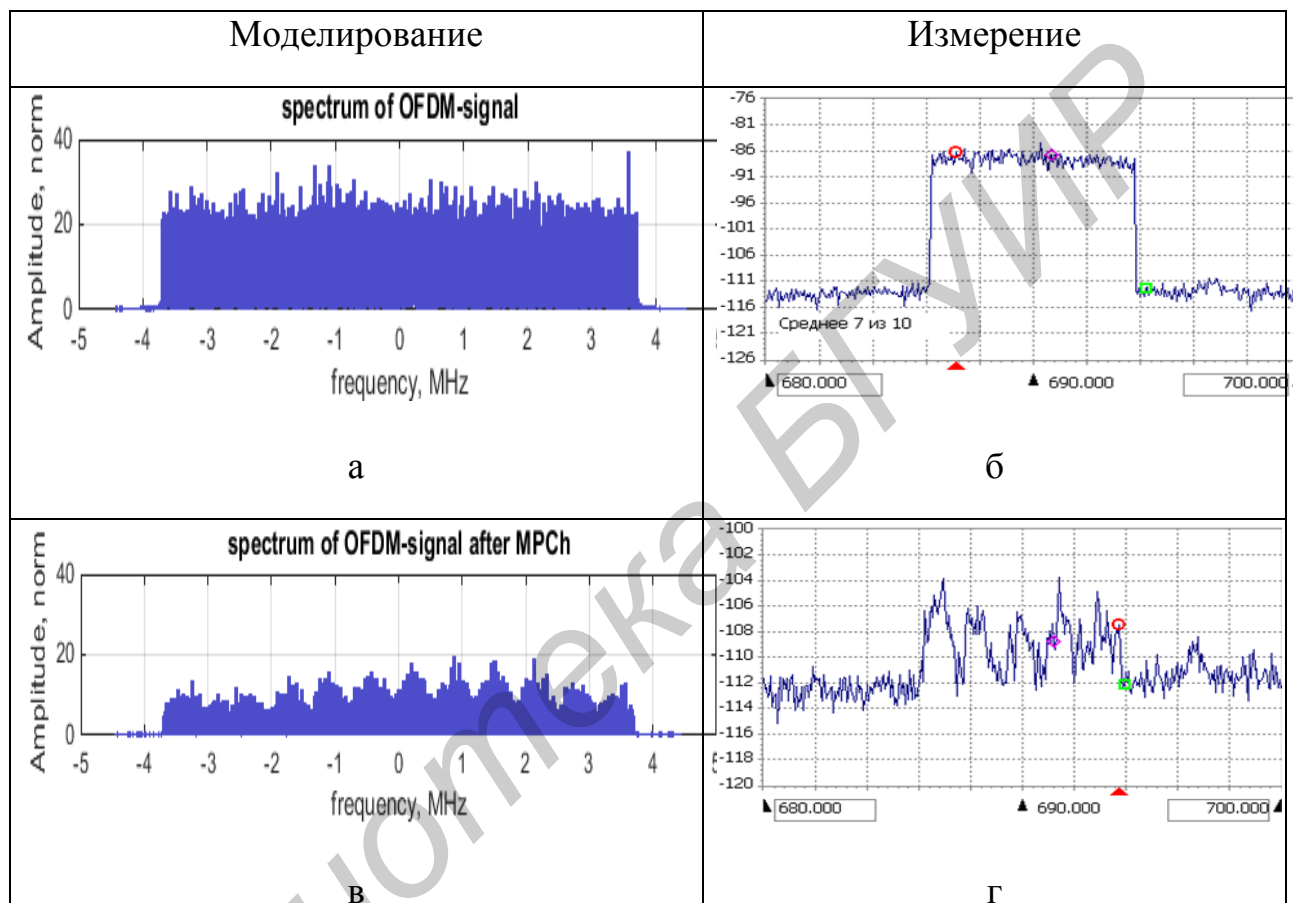


Рисунок 3 – Модифицированная функциональная схема имитатора многолучевого канала НЦТВ

Наиболее трудоёмким и важным этапом исследования стала реализация математической модели и, работающего в соответствии с ней имитатора многолучевого канала в среде MatLab. В данной диссертации приведены графики и спектрограммы сигнала в контрольных точках (раздел 5), а также произведено сравнение результатов моделирования в среде MatLab и данных, полученных при проведении полевых измерений (рисунок 4).



- (а) и (б) – спектры неискажённых сигналов систем НЦТВ;
 (в) и (г) – спектры сигналов НЦТВ, искажённых многолучёвостью.

Рисунок 4 – Результаты измерений и моделирования

Видно (рисунок 4), что результаты моделирования хорошо согласуются с результатами реальных измерений, что свидетельствует о точности математической модели и правильности работы предложенного имитатора многолучевого канала, работающего в соответствии с этой моделью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертацией было проведено моделирование многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания. Были проанализированы модели распространения радиоволн. Разработана модель сигнала наземного цифрового телевизионного вещания систем DVB-T/T2. Была разработана модель многолучевого канала. Затем модели канала и сигнала были реализованы в среде MatLab. Полученные в ходе моделирования данные, были сравнены с результатами полевых измерений, в результате чего было установлена высокая степень корреляции, что свидетельствует о правильности работы модели.

Что же касается практического применения результатов исследования, то предложенный имитатор многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания, работающий в соответствии с разработанной математической моделью многолучевого канала может быть использован в аппаратном виде для тестирования приёмных устройств на устойчивость их работ в условиях многолучёвости, а также в программной реализации для тестирования устойчивости алгоритмов кодирования сигнала к воздействию многолучёвости.

Таким образом, поставленные задачи были успешно решены.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Смольский, Е.Д. Имитатор многолучевого канала систем наземного цифрового телевизионного вещания / Е.Д. Смольский // Современные средства связи: материалы XX Международной НТК, 14-15 октября 2015 г., г.Минск. – Минск.: УО ВГКС, 2015. – С. 116-118.