

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ  
СИНХРОННОГО РАДИОВЕЩАНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ОВЧ**

**КОМП'ЮТЕРНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ  
СИНХРОННОГО РАДІОМОВЛЕННЯ У ДІАПАЗОНІ ДВЧ**

**COMPUTER METHOD ZONE OF NONLINEAR DISTORTIONS DETERMINATION  
IN THE VHF SYNCHRONOUS BROADCASTING**

**Аннотация.** Дан компьютерный метод определения в режиме реального времени зоны повышенных нелинейных искажений в сети синхронного радиовещания в диапазоне ОВЧ.

**Анотація.** Дано комп'ютерний метод визначення в режимі реального часу зони підвищених нелінійних спотворень у мережі синхронного радіомовлення у діапазоні ДВЧ.

**Summary.** Represented real-time computer method zone of high nonlinear distortions determination in the vhf synchronous broadcasting.

Одно из важнейших направлений развития современного звукового вещания – создание синхронного радиовещания в диапазоне ОВЧ, позволяющего покрывать вещанием большие территории с использованием нескольких передатчиков, работающих на одной частоте. К настоящему времени подобной сети вещания в Украине не создано. Построение сети синхронного вещания в Украине актуально, поскольку оно позволяет экономить частотный ресурс в диапазоне ОВЧ и может быть реализовано вдоль автобанов или вдоль плотного размещения населенных пунктов на протяженных территориях.

В сети синхронного стереофонического радиовещания существуют зоны повышенных нелинейных и переходных искажений, ухудшающих качество вещания. Эти зоны находятся на удаленных территориях между двумя соседними радиовещательными станциями РВС1 и РВС2, покрываемых ослабленными и примерно соизмеримыми по напряженности полями.

При организации и построении синхронного радиовещания в диапазоне ОВЧ для уменьшения размеров зон повышенных нелинейных искажений и их наиболее приемлемого территориального расположения необходимо произвести правильный выбор мощностей передатчиков радиовещательных станций, диаграмм направленностей антенн, обеспечить требуемые фазовые и временные соотношения модулирующих и модулируемых сигналов [1].

Ранее определение зоны искажений синхронного радиовещания в диапазоне ОВЧ производилось на основании патента Украины [2] с использованием компьютерной программы «Распределение переходных помех в сети синхронного радиовещания в зависимости от места нахождения в зоне повышенных переходных помех и за ее пределами, времени движения вдоль зоны повышенных переходных помех или номера точки в зоне повышенных переходных помех» [3] и описано в статье [4].

Недостаток метода определения зоны искажений синхронного радиовещания по повышенным переходным помехам [2] тот, что контроль переходной помехи не является достаточно адекватным заметному ухудшению качества вещания, а повышение переходной помехи может быть не заметно при асимметричном по отношению к громкоговорителям расположении слушателя (например, в автомобиле) или при недостаточно высокой его квалификации.

В зоне искажений ухудшение качества вещания, при увеличении нелинейных искажений, является существенно заметней, чем при увеличении переходных помех. Кроме этого, заметность нелинейных искажений наблюдается при всех видах приёма – стереофоническом и монофоническом, а о заметности переходных помех можно говорить только при стереоприёме.

Проблемой определения зоны повышенных нелинейных искажений в соответствии с патентом [5] являются большие временные затраты при ручной неавтоматизированной обработке принятых вдоль участка наблюдения сигналов.

В литературе нет описаний метода определения в режиме реального времени зоны нелинейных искажений синхронного радиовещания.

**Цель данной статьи** – компьютерный метод определения зоны искажений синхронного стереофонического радиовещания в диапазоне ОВЧ в процессе контроля нелинейных искажений, реализуемый на базе использования патента Украины и при обработке сигналов и последующем документировании результатов с помощью компьютерной программы, которая позволяет определить в режиме реального времени распределение нелинейных искажений в сети синхронного радиовещания в зависимости от места нахождения в зоне искажений и за ее пределами, времени движения вдоль зоны искажений или номера точки в зоне искажений.

В патенте [5] разработан способ определения границ зоны синхронного радиовещания с повышенными нелинейными искажениями, а структурная схема размещения оборудования для реализации его представлена на рис.1.



Рисунок 1 – Структурная схема размещения оборудования для реализации способа определения границ зоны синхронного стереофонического радиовещания с повышенными нелинейными искажениями

На передающей стороне двумя радиовещательными станциями PBC 1 и PBC 2, работающими в синхронном режиме, в левом и правом стереоканалах передается модулирующий сигнал 1000 Гц, а на приемной стороне в движущемся вдоль исследуемого участка между двумя радиовещательными станциями автомобиле тюнером ОВЧ-ЧМ вещания принимаются и демодулируются сигналы радиовещательных станций. В подвижном автомобиле установлен тюнер, каждый из выходов которого, а именно выходы левого и правого каналов подключены к звуковой карте ЗК персонального компьютера ПК.

Для записи и дальнейшего визуального представления сигналов используется программа Cool Edit 2.0.

С целью привязки временных соотношений на сигналограмме с расстоянием на местности скорость движения автомобиля выбирается равной 60 км/час, при этом 1 минута на сигналограмме соответствует одному километру вдоль территории перемещения.

На рис. 2 представлены сигналограммы принятого сигнала левого и правого каналов для визуального определения начала и конца участков повышенных нелинейных искажений синхронного радиовещания в режиме реального времени. Измерения произведены в сети синхронного вещания на территории Приднестровской Молдавской Республики. Участки повышенных нелинейных искажений соответствуют неравномерному изменению амплитуд звукового сигнала и показаны стрелками.

На рис. 3 представлена спектрограмма принятого сигнала, соответствующая 8-й минуте передвижения (показано штриховой линией на рис. 2) вдоль участка наблюдения сигнала синхронного радиовещания с повышенными нелинейными искажениями. На рис. 3 заметно выделяются 2-, 3-, 4-я и более высокие гармоники частоты 1000 Гц.

Для оперативного определения зоны нелинейных искажений в сети синхронного звукового вещания в диапазоне ОВЧ, точного вычисления значений нелинейных искажений в любой точке в автоматизированном режиме и документирования полученных результатов разработана компьютерная программа, которая позволяет определить распределение нелинейных искажений в зависимости от места нахождения в зоне повышенных нелинейных искажений и за ее пределами, времени движения вдоль зоны повышенных нелинейных искажений или номера точки в зоне повышенных нелинейных искажений [6].

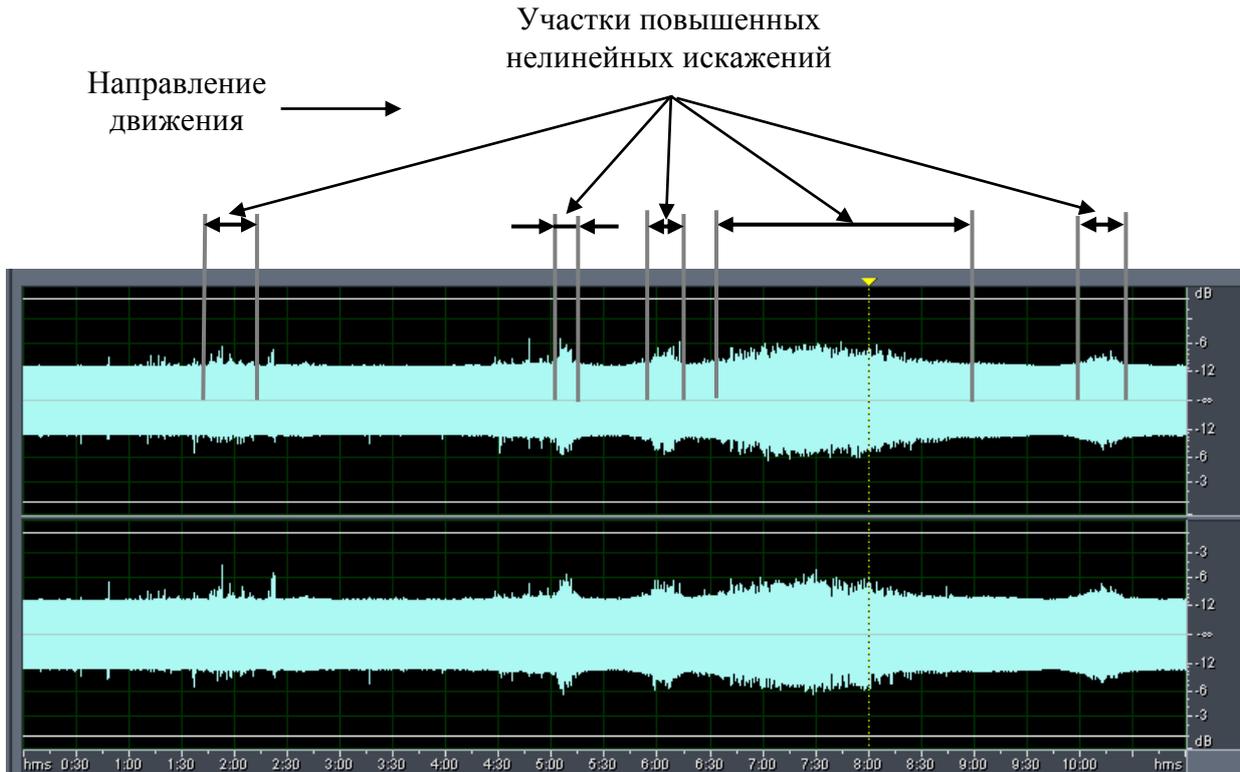


Рисунок 2 – Сигналограмма принятого сигнала для визуального определения начала и конца участков повышенных нелинейных искажений синхронного радиовещания в режиме реального времени



Рисунок 3 – Спектрограмма принятого сигнала на 8-й минуте передвижения вдоль участка наблюдения сигнала синхронного радиовещания

Алгоритм компьютерной программы определения нелинейных искажений синхронного радиовещания в зоне искажений и за ее пределами представлен на рис. 4.

Названия структурных составляющих алгоритма компьютерной программы, позволяющей определять распределение нелинейных искажений в зоне искажений и за ее пределами следующие:

- 1 – ввод исходных данных: название, длительность интервала интегрирования, пороговый уровень;
- 2 – считывание параметров файла: размер, частота дискретизации, точки квантования;
- 3 – разбиение на интервалы интегрирования;
- 4 – синтез параметров полосового фильтра: задание частоты основного сигнала, задание порядка полосового фильтра, задание полосы частот подавления полосовым фильтром основного сигнала;
- 5 – резервирование памяти – подготовка массива для заполнения отсчётами интегрирования;
- 6 – расчет и задание количества циклов операций интегрирования на  $n$ -точек и проверка их выполнения;
- 7 – считывание данных из звукового файла для каждого интервала интегрирования;
- 8 – выделение сигналов в полосах 1 и 2;

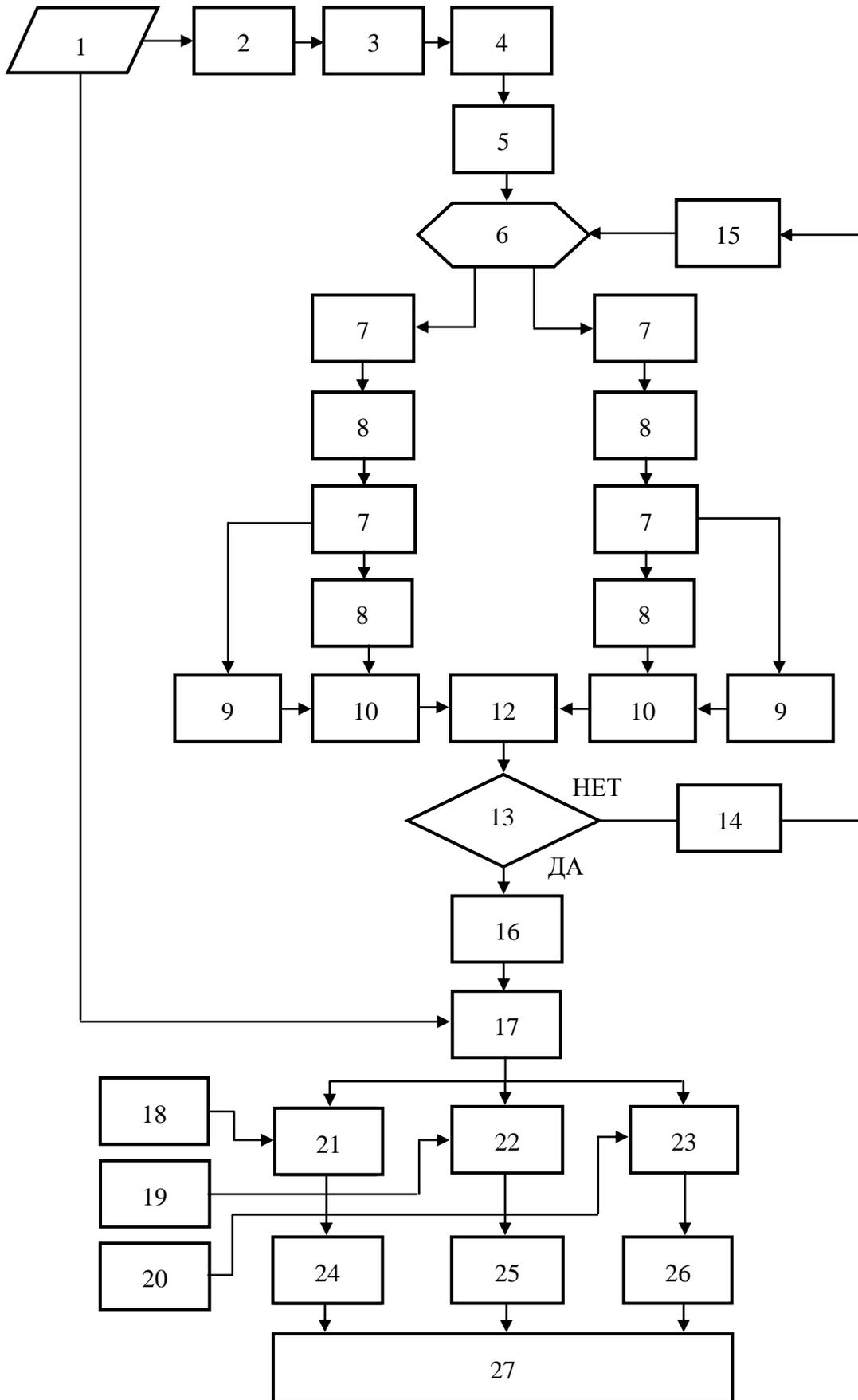


Рисунок 4 – Алгоритм компьютерной программы определения нелинейных искажений синхронного радиовещания в зоне искажений и за ее пределами  
 9 – повышение разрядности квантования в пределах выбранного интервала одного цикла;

- 10 – выделение отсчетов интегрирования полосы 1;
- 11 – выделение отсчетов интегрирования полосы 2;
- 12 – интегрирование и расчет отношения «сигнал гармонических составляющих»/«основной сигнал» для выбранного интервала;
- 13 – выполнен ли блок операций цикла: «ДА» или «НЕТ»;
- 14 – переход к следующему интервалу интегрирования – переход к следующему интервалу интеграции по оси времени и резервирование памяти;
- 15 – задание начала следующей итерации цикла;
- 16 – подготовка массива для вывода результатов расчетов и их запись;
- 17 – объединение результатов расчетов с заданным пороговым уровнем допустимых нелинейных искажений.

Задание шкалы видов графиков:

- 18 – задание шкалы расстояния 1;
- 19 – задание шкалы времени передвижения 2;
- 20 – задание шкалы номера точки 3.

Пересчет исходного параметра зависимости для построения графиков:

- 21 – введение заданной шкалы расстояния 1;
- 22 – введение заданной шкалы времени передвижения 2;
- 23 – введение заданной шкалы номера точки 3;
- 24 – запись результатов расчета в память 1;
- 25 – запись результатов расчета в память 2;
- 26 – запись результатов расчета в память 3;
- 27 – выбор графика и вывод на экран или на печать.

В программе выбирается  $m$  интервалов интеграции. Для каждого интервала интеграции производится расчет нелинейных искажений.

Длительность интервала интеграции выбирается равной 5 с (возможен выбор его в пределах от 1 до 10 с).

Каждый интервал интеграции разбивается на  $n$  отсчетов, длительностью 5 мс (возможен выбор его в пределах от 1 до 10 мс).

В пределах каждого интервала интеграции  $m$  определяется значение нелинейных искажений.

Рассчитанные в каждом интервале интеграции значения нелинейных искажений запоминаются и выводятся на соответствующие графики.

Использование компьютерной программы позволяет определить зону повышенных нелинейных искажений в сети синхронного радиовещания при наблюдении на экране компьютера или распечатке на бумажном носителе распределений значений нелинейных искажений и последующего определения границ превышения предварительно заданного значения, которые отвечают зоне повышенных нелинейных искажений, в зависимости от места нахождения в зоне повышенных нелинейных искажений и за ее пределами, времени движения вдоль зоны повышенных нелинейных искажений или номера точки в зоне повышенных нелинейных искажений.

Компьютерная программа использует файл фрагмента с аудиозаписью сигналов звукового вещания в формате wav, который размещается на одном из дисков компьютера.

Аудиозапись сигналов звукового вещания, которые снимаются с выходов левого и правого стереоканалов тюнера, осуществляется при использовании тюнера диапазона ОВЧ с высокими параметрами качества «SONY ST-S215», высококачественной звуковой карты студийного качества «Creative SB X-Fi Xtreme Audio New» и компьютера для цифровой записи звуковых сигналов левого и правого каналов.

На рис. 5 представлен один из вариантов распечатки компьютерной программы – график распределения нелинейных искажений синхронного радиовещания в зависимости от места расположения в зоне повышенных нелинейных искажений и за ее пределами.

Для удобства определения границ зоны нелинейных искажений синхронного радиовещания в компьютерной программе предусмотрены возможности изменения параметров обработки сигнала и задания контрольного уровня нелинейных искажений в пределах требований стандарта на систему стереофонического звукового вещания с пилот-тоном.

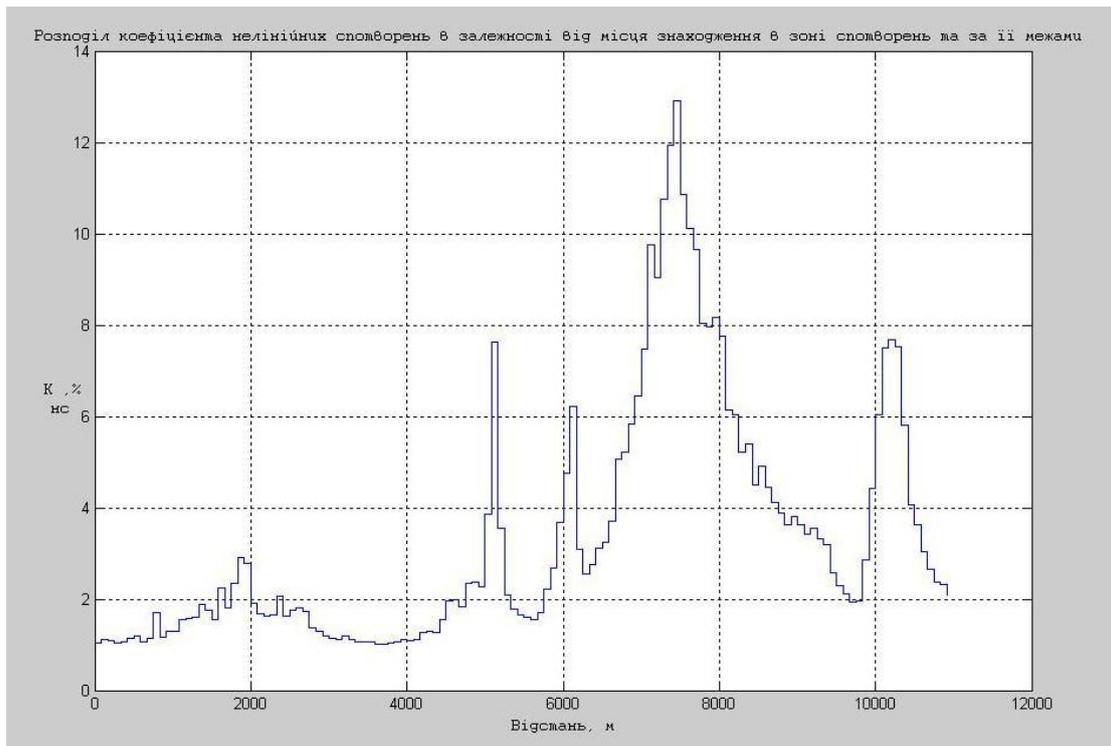


Рисунок 5 – Графік изменения значений коэффициента нелинейных искажений синхронного радиовещания в канале А в зависимости от места расположения в зоне искажений и за ее пределами [6]

В заключение можно сделать следующий вывод, что в данной статье разработан компьютерный метод определения границ зоны повышенных нелинейных искажений в сети синхронного стереофонического радиовещания в диапазоне ОВЧ при обработке сигналов в режиме реального времени и наблюдении полученных результатов расчетов на экране компьютера или распечатке их на бумажном носителе.

### Литература

1. Гейнце С.С. Синхронное радиовещание/ [С.С. Гейнце, Г.Я. Тимофеева, А.А. Пирогов и др.]; под ред. А.А. Пирогова.– М.: Радио и связь, 1989.– 160 с.
2. Патент 41880 Україна, МПК Н04J 1/00. Спосіб визначення ділянки синхронного радіомовлення з підвищеними перехідними завадами / М.М. Балан, О.А. Виходець (Україна) / Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова; заявл. 03.02.2009; опубл. 10.06.2009. Бюл. № 11.
3. Комп'ютерна програма «Розподіл перехідних завад в мережі синхронного радіомовлення в залежності від місця знаходження в зоні підвищених перехідних завад та за її межами, часу руху вздовж зони підвищених перехідних завад або номера точки в зоні підвищених перехідних завад» / М.М. Балан, С.М. Ганжа, Ш.Г. Іскендерзаде, С.В. Хомич. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 34031. Комп'ютерна програма. Дата реєстрації 08.07.2010.
4. Балан Н.М. Определение зоны искажений синхронного звукового вещания в диапазоне ОВЧ / Н.М. Балан, Ш.Г. Искендерзаде, С.В. Хомич // Цифрові технології. – Одеса, 2011. – Вип. 9. – С.101 – 111.
5. Патент 33935 Україна, МПК Н04J 1/00. Спосіб визначення ділянки тракту синхронного радіо мовлення з підвищеними нелінійними спотвореннями / М.М. Балан, А.В. Виходець С.М. Ганжа (Україна) / Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова; заявл. 14.12.07; опубл. 25.07.2008. Бюл. № 14.
6. Комп'ютерна програма «Розподіл нелінійних спотворень в мережі синхронного радіомовлення в залежності від місця знаходження в зоні спотворень та за її межами, часу руху вздовж зони спотворень або номера точки в зоні спотворень» / М.М. Балан, С.М. Ганжа, Ш.Г. Іскендерзаде, С.В. Хомич. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 30785. Комп'ютерна програма. Дата реєстрації 27.10.2009.