

1 **ОБОБЩЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ**  
2 **АППРОКСИМАЦИИ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И**  
3 **ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ В**  
4 **РАДИОКАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

5  
6 **Тукубаев З.Б.**

7 *(Международный Казахско-Турецкий университет имени*  
8 *Ясауи, г.Туркестан, Казахстан )*

9 [zuhr@pochta.ru](mailto:zuhr@pochta.ru)..[zuhr08@rambler.ru](mailto:zuhr08@rambler.ru)

10  
11 *In the article it is suggtsted general algorithm of approximation,*  
12 *modeling and forecasting total and temporal contoring signals of*  
13 *transmission of operand.*

14 *В статье разработаны алгоритмы аппроксимации,*  
15 *имитационного моделирования и прогнозирования суммарных и*  
16 *временных искажений дискретных сигналов в пространственно-*  
17 *временных каналах.*

18  
19 **Ключевые слова:** краевые, временные, суммарные  
20 **искажения дискретных сигналов, законы распределения**  
21 **искажений, аппроксимация, моделирование ,**  
22 **прогнозирование суммарных искажений.**

23  
24 В “Послании ” (2005 г.) Президента Н. Назарбаева [1, пункт  
25 1.7], где сказано о необходимости построения  
26 академических центров и учебных мест, отвечающих самым  
27 высоким международным стандартам.

28 В “Послании ” (2006 г.) Президента Н. Назарбаева [2,  
29 пункт 1.1] сказано о необходимости организации и развития  
30 парка информационной технологии в качестве  
31 регионального IT-центра.

32 В сетях передачи данных с подвижными объектами  
33 широко используется быстродействующая аппаратура  
34 повышенной верности БАПВ и Дискрет [3]. При  
35 изменении условия связи в радиоканале благодаря



1 адаптивному методу работы система обеспечивает  
2 достоверность не ниже  $10^{-4}$ . При этом, контроль качества  
3 сигналов производится по форме огибающей кодовых  
4 посылок детектором качества сигналов - ДКС, а контроль  
5 качества по знакам- производится проверкой соотношения  
6 чисел посылок и пауз на  $\frac{3}{4}$ . ДКС не обладая знаковой  
7 избыточностью дают возможность повысить достоверность  
8 на 2 порядка и выше. Так в работах автора [4,5,6]  
9 исследована помехоустойчивость систем передачи данных  
10 по радиоканалам с ДКС. Такие системы широко  
11 используются в радиосетях передачи данных в аппаратуре  
12 передачи данных: СТР-114, STB-750 фирмы Phillips,  
13 Сокол-МР и др.[3,7,8].

14 Но в условиях нестационарности ( медленные  
15 интерференционные замирания в канале) эти системы  
16 работают неудовлетворительно, т.к. из-за частых  
17 автозапросов ошибок пропускная способность системы  
18 очень сильно снижается. В этих условиях наиболее  
19 эффективно применение систем с адаптивными  
20 регистрацией и синхронизацией. В работе Арипова М.Н.[4]  
21 приведены некоторые алгоритмы прогнозирования  
22 суммарных искажений, в основном, для марковских  
23 каналов, которые не могут охватить случаи немарковских и  
24 нестационарных каналов связи.

25 Во многих работах [4,5,6] временные искажения - ВИ  
26 аппроксимированы нормальным законом распределения.  
27 Там же установлено, что ВИ кодовых посылок в реальных  
28 каналах связи ( в проводных каналах телеграфного  
29 телеграфирования – ТТ и радиоканалах ДКС диапазона )  
30 коррелированы, что приводит к группировке ошибок  
31 Последнее приводит к сильному увеличению вероятности  
32 ошибок.

33 В работах [4,5] дается аналитическая оценка вероятности  
34 ошибок в низкоскоростных телеграфных каналах при



1 коррелированных краевых искажениях. При этом,  
2 коэффициенты корреляции между стартовым и  $i$ -переходами  
3 синхронного сигнала аппроксимированы экспоненциальной  
4 функцией вида:  $r_{0,i} = e^{-\alpha \cdot i}$ .

5 В работе автора [ 5 ] установлено, что закон распределения  
6 суммарных искажений по длительности кодовых посылок  
7 КП в пределах стартстопной комбинации ССК в реальных  
8 каналах ТТ достаточно хорошо аппроксимируется U -  
9 образной кривой Пирсона типа 1, а закон распределения  
10 величины СИ подчиняется сумме двух экспонент:

$$11 f(\delta_m) = \xi_1 \cdot e^{-\lambda_1 \cdot \delta_m} + \xi_2 \cdot e^{-\lambda_2 \cdot \delta_m}$$

12 В пределах пакетов искажений сохраняются эти же законы  
13 распределения, но численные значения параметров этих  
14 распределений перетерпывают тренд от начала к концу ССК  
15 и пакета. Там же установлено, что в пределах ССК функция  
16 корреляции величин СИ аппроксимируются экспонентой, а  
17 в пределах пакетов СИ – экспоненциально-косинусной  
18 функцией.

19 В условиях нестационарности ( медленные замирания )  
20 каналов связи адаптация методов регистрации и  
21 синхронизации существенно повышает верность  
22 правильного приема. Эффективность алгоритмов адаптации  
23 ( с прогнозом или без прогноза ) зависит от характера  
24 нестационарности искажений. Например, если  
25 нестационарность слабовыражена, наиболее эффективен  
26 алгоритм без прогноза (способ усреднения во времени).

27 В работе [ 4 ] приведены некоторые часто используемые  
28 алгоритмы прогнозирования величин искажений. Эти  
29 могут быть использованы для адаптации систем  
30 синхронизации или фазирования и систем регистрации:  
31 алгебраический, Колмогорова-Винера, Яглома и др. Эти  
32 алгоритмы довольно сложны, обладающие физическим  
33



1 быстрое действие и не всегда можно их использовать в  
 2 системах реального времени.  
 3 В работах автора [ 9,10,11 ] приведен обобщенный алгоритм  
 4 прогнозирования со скользящим суммированием и его  
 5 использования для прогноза интенсивности потоков  
 6 сообщений и уровня сигналов в пространственно-  
 7 временных ПВ каналах связи. Этот алгоритм рассчитан для  
 8 процессов измерения, аппроксимации, прогнозирования и  
 9 моделирования стационарных и нестационарных процессов.  
 10 Алгоритм можно использовать в РМВ при условии  
 11 оперативного определения весовых коэффициентов.

$$12 \quad \hat{m}_x + \hat{\sigma}_{0x} \cdot x_j = \sum_{k=1}^m \hat{b}_{xk} \cdot \hat{x}_{j+k-m-l-1},$$

$$13 \quad j = \overline{m+l+1, n},$$

14 где параметры  $\hat{m}_x, \hat{\sigma}_{0x}, \hat{b}_{xk}$  определяются усреднением  
 15 измеренных данных; а значения  $\hat{x}_{j+k-m-l-1}$   
 16 определяются путем измерения.

17 Индексы:  $k \geq m+l, m$  – глубина памяти,  $l$  – длина  
 18 интервала; входом алгоритма является  $m+l$  – точек  
 19 измерения, а выходом –  $m+l+1, \dots, n$ .

20 Алгоритм производит вычисление весовых коэффициентов  
 21 и параметров  $l, m$ , минимизирующих невязку.

22 Этот алгоритм дает возможность выбора наилучшего  
 23 коэффициента из матрицы коэффициентов  $\hat{b}_{xk}$

24 критерию минимального СКО. Алгоритм обладает еще  
 25 более при известных значениях весовых коэффициентов.

26 Этот алгоритм обладает высоким быстрым действием и  
 27 рассчитан для управления процессами в реальном времени.  
 28 При наличии погрешности синхронизации между принимаемым  
 29 и передающим устройствами наблюдается  
 30 последовательность величин искажений. Будет  
 31 нестационарной со стационарными параметрами. При



1 этом, прогнозные значения ВИ на  $S$  шагов вперед имеет  
2 вид [ 4 ]:

$$3 \quad \hat{\delta}(t + s) = \sum_{l=1}^n (-1)^{l-1} \cdot C_n^l \cdot \delta(t + S - l\tau) + \hat{\delta}_{s,t,\tau},$$

4 где  $\tau \geq S$ .

5 Среднеквадратическая ошибка  $\Delta^2(S; \tau)$  определяется как

$$6 \quad \Delta^2(S; \tau) = M \left| d_\tau^n \cdot \delta(t + S) - \hat{\delta}_{s,t,\tau}^2 \right|.$$

7 В работах [ 9,10,11 ] разработан алгоритм моделирования и  
8 прогнозирования на один шаг для нестационарного  
9 процесса со стационарными первыми приращениями,  
10 который выглядит так:

$$11 \quad \delta[n] = a_0 \cdot N[n] + a_1 \cdot N[n-1] + (1 + \rho)\delta[n-1] - \rho \cdot \delta[n-2].$$

12 Параметры  $a_0, a_1, \rho$  определяются по

13 экспериментальным данным измерения. Для такого

14 процесса прогнозные значения величины искажения

15  $\delta(t_0 + m)$  на  $m$  шагов будет:

$$16 \quad \delta(t_0 + m) = \delta(t_0) + e^{-\alpha m} \cdot [\delta(t_0) - \delta(t_0 - m)].$$

17 Алгоритм моделирования нестационарного процесса со

18 стационарными вторыми приращениями, когда приращения

19 имеют экспоненциальную корреляционную функцию имеет

20 вид:

$$21 \quad \delta[n] = A_0 \cdot N[n] + A_1 \cdot N[n-1] + A_2 \cdot N[n-2] + B_1 \delta[n-1] + B_2 \cdot \delta[n-2] + B_3 \cdot \delta[n-3],$$

22 где:

$$23 \quad A_0 = a_0, A_1 = a_1 - a_0, A_2 = -a_1, B_1 = \rho + 2, B_2 = 2\rho - \rho^2, B_3 = \rho^2 - \rho.$$

24 Для этого процесса алгоритм прогнозирования на  $m$  шагов

25 вперед выглядит так:

$$26 \quad \delta(t_0 + m) = 2\delta(t_0) - \delta(t_0 - m) + e^{-\alpha m} [\delta(t_0) - \delta(t_0 - m)].$$

27 На основе анализа установлена обобщенно-имитационная

28 модель ВИ в виде:

$$29 \quad \delta[n] = A_0 \cdot N[n] + A_1 \cdot N[n-1] + B_1 \delta[n-1] + B_2 \delta[n-2] + B_3 \delta[n-3],$$



1 Этот алгоритм может описать как стационарные  
2 марковские, так и нестационарные процессы со  
3 стационарными приращениями первого порядка при  
4 соответствующем выборе коэффициентов  $A_0, A_1, B_1, B_2$ .

5 Последние устанавливаются на этапе измерения (  
6 идентификация ОИМ ВИ)  
7 и определяют тип и характер ВИ.

8 Разработанные алгоритмы моделирования и  
9 прогнозирования СИ и ВИ могут быть использованы при  
10 построении АСНИ и САПР адаптивных систем  
11 синхронизации и фазирования систем передачи данных по  
12 ПВ - каналам.

### Л и т е р а т у р а

- 16 1. Н.НАЗАРБАЕВ. *Послание Президента*  
17 *Н.Назарбаева народу Казахстана*. 18 февраль,2005,  
18 г. Астана.
- 19 2. Н.НАЗАРБАЕВ. *Послание Президента*  
20 *Н.Назарбаева народу Казахстана*. 1 март,2006, г.  
21 Астана.
- 22 3. ВЕНСКАУСКАС К.К. И ДР. *Системы и средства*  
23 *радиосвязи морской подвижной службы*.  
24 Справочник.,-Л.:Судостроение,1986.
- 25 4. АРИПОВ М.Н. *Передача дискретной информации по*  
26 *низкоскоростным каналам связи*. – М.: Связь, 1980.
- 27 5. ТУКУБАЕВ З.Б. *Исследование и анализ*  
28 *поэлементных способов контроля качества*  
29 *сигналов наЭВМ.Канд. диссерт. Ташкент, 1977.*
- 30 6. АБИЛОВ Б.*Использование временных искажений*  
31 *для оценки качества радиоканала*.  
32 *средств связи,сер.СС, вып.2*.1989.
- 33 7. ГОЛОВИН О.В. *Декаметровая радиосвязь*. – М.:  
34 *Радио и связь*, 1998. -240 с.



- 1 8. ИЛЬИН А.А., КУЗЬМИН Б.И., МАРКОВ В.А. И ДР.  
2 *Автоматизированная радиосвязь с судами*. Под  
3 ред. Д.т.н. Семенова К.А. – Л.: Судостроение, 1989.-  
4 336 с.
- 5 9. ТУКУБАЕВ З.Б. *Обобщенный алгоритм измерения,*  
6 *аппроксимации, моделирования и прогнозирования в*  
7 *управлении пространственно-временными ка-*  
8 *налами*. Журнал “Проблемы информатики и  
9 энергетики”, изд. Фан, вып.5, Ташкент, 1998 г.
- 10 10. ТУКУБАЕВ З.Б. И ДР. *Обобщенный алгоритм*  
11 *измерения, аппроксимации, моделирования и*  
12 *прогнозирования в пространственно-временных*  
13 *каналах*. Материалы международной конферен.  
14 “Вычислительные технологии и матем. моделиров.в  
15 науке, технике и образовании”, ВТММ-2002, ч.5,  
16 Новосибирск-Алматы, 2002.
- 17 11. ТУКУБАЕВ З.Б. *Моделирование разнесенного*  
18 *приема сигналов и вопросы*  
19 *прогнозирования в условиях общих гауссовских*  
20 *замираний*, НТ сборник Техника средств связи, сер.  
21 Системы связи, -М., 1990г., с.16-24.

