

УДК 681.3(07)

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОГО ВОССТАНАВЛИВАЕМОГО ОБЪЕКТА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

**Ленков С.В., Боряк К. Ф.,  
Салимов Р.М., Цыцарев В.Н.**

*Военный институт Киевского национального университета им. Т. Шевченко  
Просп. Академика Глушкова, 2, корп. 8, Киев, 03680, Украина*

*В статье приводятся общие сведения о программном обеспечении, предназначенном для компьютерной поддержки методики определения оптимальных параметров системы технического обслуживания сложного восстанавливаемого объекта.*

Методика определения оптимальных параметров системы технического обслуживания (СТО) сложного восстанавливаемого объекта телекоммуникационной техники (ТКТ) полностью основана на применении имитационной статистической модели, которая реализована программно (программа ISMPN) [1,2]. Поэтому и рассматриваемая в статье методика основана на использовании специально разработанного для этой цели программного обеспечения (ПО), которое реализовано в рамках программы ISMPN.

Прежде чем рассматривать само ПО, в начале необходимо пояснить суть решаемой задачи. Формально задача определения оптимальных параметров СТО (для случая одного вида ТО) описывается следующими соотношениями [1]:

$$\begin{aligned} T_0(n_{\text{то}}^*, T_{\text{то}}^*) &\geq T_0^{\text{тп}}; \\ K_{\text{ти}}(n_{\text{то}}^*, T_{\text{то}}^*) &= \max K_{\text{ти}}(n_{\text{то}}, T_{\text{то}}); \\ c_{\text{уд}}(n_{\text{то}}^*, T_{\text{то}}^*) &= \min c_{\text{уд}}(n_{\text{то}}, T_{\text{то}}); \\ K_3(n_{\text{то}}^*, T_{\text{то}}^*) &= \max K_3(n_{\text{то}}, T_{\text{то}}), \end{aligned} \tag{1}$$

где  $T_0(n_{\text{то}}, T_{\text{то}})$  - средняя наработка на отказ объекта ТКТ;  
 $K_{\text{ти}}(n_{\text{то}}, T_{\text{то}})$  - коэффициент технического использования;  
 $c_{\text{уд}}(n_{\text{то}}, T_{\text{то}})$  - удельные затраты стоимости на эксплуатацию;  
 $K_3(n_{\text{то}}, T_{\text{то}})$  - коэффициент эффективности ТО;  
 $n_{\text{то}}^*$  и  $T_{\text{то}}^*$  - искомые оптимальные значения числа обслуживаемых (обновляемых) элементов  $n_{\text{то}}$  и периодичности ТО  $T_{\text{то}}$ . (4)

В этой постановке задачи показатели  $T_0$ ,  $K_{\text{ти}}$ ,  $c_{\text{уд}}$  и  $K_3$  - это целевые функции (ЦФ), а  $n_{\text{то}}$  и  $T_{\text{то}}$  - параметры задачи. Постановку задачи (1) словесно формулируется так:

требуется найти такие значения параметров  $n_{\text{то}}^*$  и  $T_{\text{то}}^*$ , при которых значения ЦФ будут

удовлетворять требованиям (1). Ввиду сложности задачи она не может быть решена аналитическими методами, и в соответствии с предложенной в [1] методикой решается приближенно с привлечением человека-эксперта. При этом вся рутинная вычислительная работа возлагается на персональный компьютер (ПК), а функция принятия решения (выбора) возлагается на эксперта. Таким образом, назначение рассматриваемого ПО заключается (помимо рутинных расчетов) в представлении эксперту информации в виде, удобном для принятия решения.

Основные результаты. В программе ISMPN имеются два режима, поддерживающие методику определения оптимальных параметров СТО:

“База данных” - в этом режиме создается база данных (БД), в которую вводится вся необходимая информация об объекте ТКТ и параметрах СТО;

“Поиск оптимальной СТО” - в этом режиме производятся в интерактивном режиме все расчеты, обеспечивающие решение задачи (1).

В режиме “База данных” на экране ПК отображается форма, вид которой показан на рис. 1.

На этой форме имеются несколько страниц, предназначенных для ввода-редактирования различной информации БД (на рис. 1 показана страница “Состав и структура объекта”). Более детальное рассмотрение режима “База данных” выходит за рамки настоящей статьи.

В режиме “Поиск оптимальной СТО”, в котором имеются такие три подрежима:

- 1) “Варьирование периодичности ТО”;
- 2) “Варьирование объема ТО”;
- 3) “Формирование вариантов оптимальной СТО”.

Первые два режима предназначены для исследования экспертом характера целевых функций (ЦФ) в зависимости от параметров  $n_{\text{то}}$  и  $T_{\text{то}}$ . Такое исследование необходимо для выяснения, есть ли экстремумы у ЦФ  $K_{\text{ти}}$ ,  $c_{\text{уд}}$  и  $K_3$ , и для

определения диапазонов значений параметров  $n_{\text{то}}$  и  $T_{\text{то}}$ , в которых существуют экстремумы ЦФ.

На рис. 2 показан вид экрана ПК после моделирования в режиме “Варьирование периодичности ТО”.

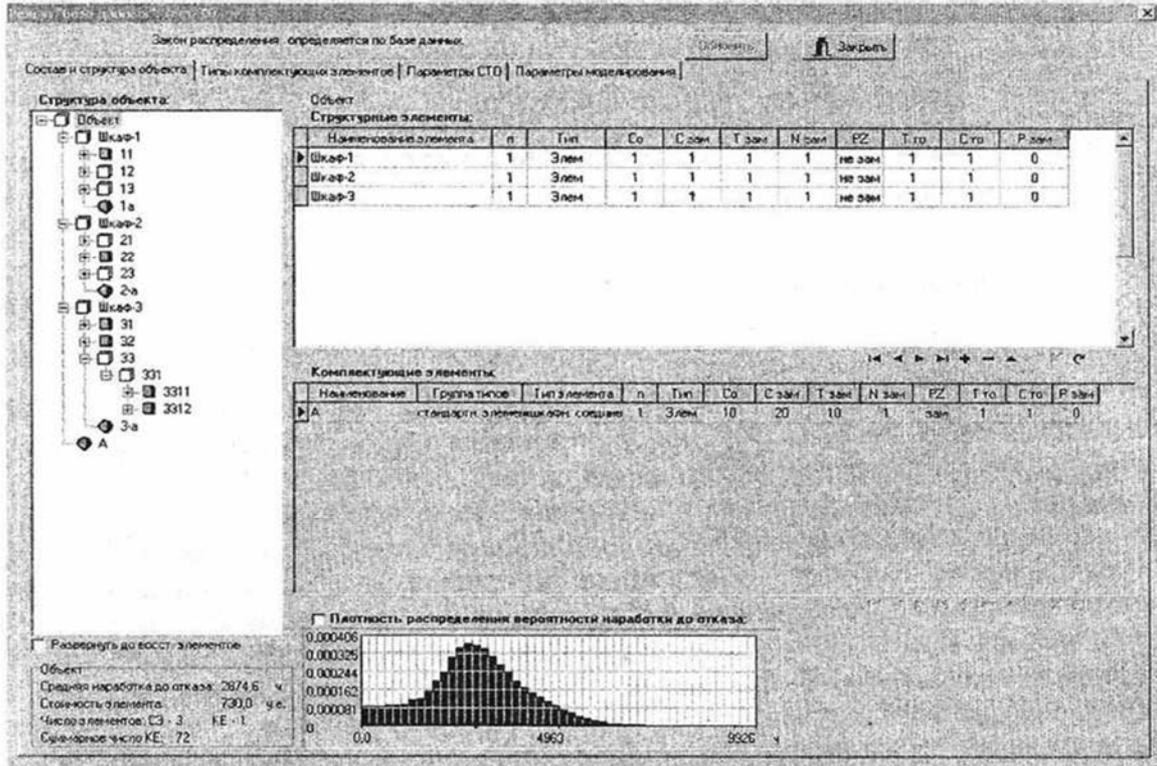


Рис.1. Форма экрана ПК в режиме “База данных” (страница “Состав и структура объекта”)

В правой части формы отображаются графики ЦФ  $T_0(n_{то}, T_{то})$ ,  $K_r(n_{то}, T_{то})$ ,  $K_{ти}(n_{то}, T_{то})$ ,  $c_{уд}(n_{то}, T_{то})$  и  $K_з(n_{то}, T_{то})$  в зависимости от параметра  $T_{то}$ .

Диапазон варьирования параметра  $T_{то}$  (периодичности ТО) задается с помощью компонентов редактирования, расположенных на панели в левой верхней части формы.

Графики формируются при условии, что число обслуживаемых элементов и  $n_{то}$  фиксировано и определяется списком элементов, для которых включены выключатели (см. рис. 2). В средней части формы расположена таблица с числовыми значениями ЦФ, отображаемыми на графиках.

В режиме “Варьирование объема ТО” форма экрана сходна с формой в режиме “Варьирование периодичности ТО”. Из соображений экономии места ее вид мы не приводим.

В режиме “Формирование вариантов оптимальной СТО” производится моделирование при совместном варьировании параметров  $n_{то}$  и  $T_{то}$  в заданных для них диапазонах. На рис. 3 показан вид формы в процессе моделирования. В правой части формы отображаются семейства графиков ЦФ, получаемых при различных значениях параметра  $n_{то}$ .

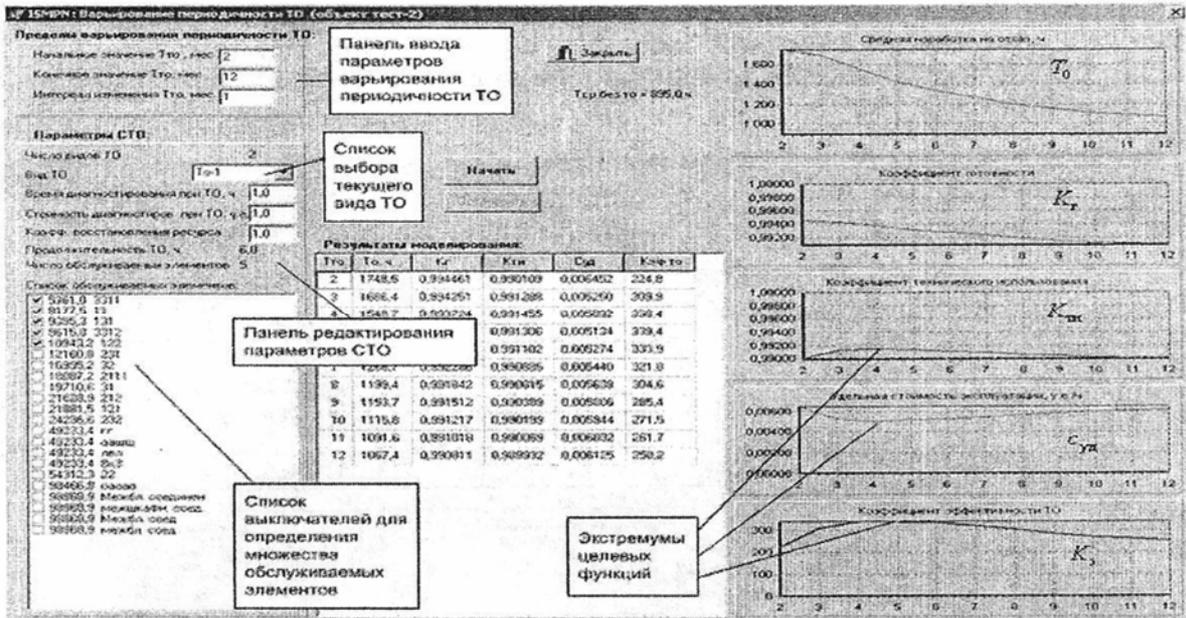


Рис. 2. Форма отображения результатов моделирования в режиме “Варьирование периодичности ТО”

В таблице в центре формы отображаются экстремальные значения функций  $K_{ти}$ ,  $C_{уд}$  и  $K_{э}$ , получаемые при различных значениях  $n_{то}$ .

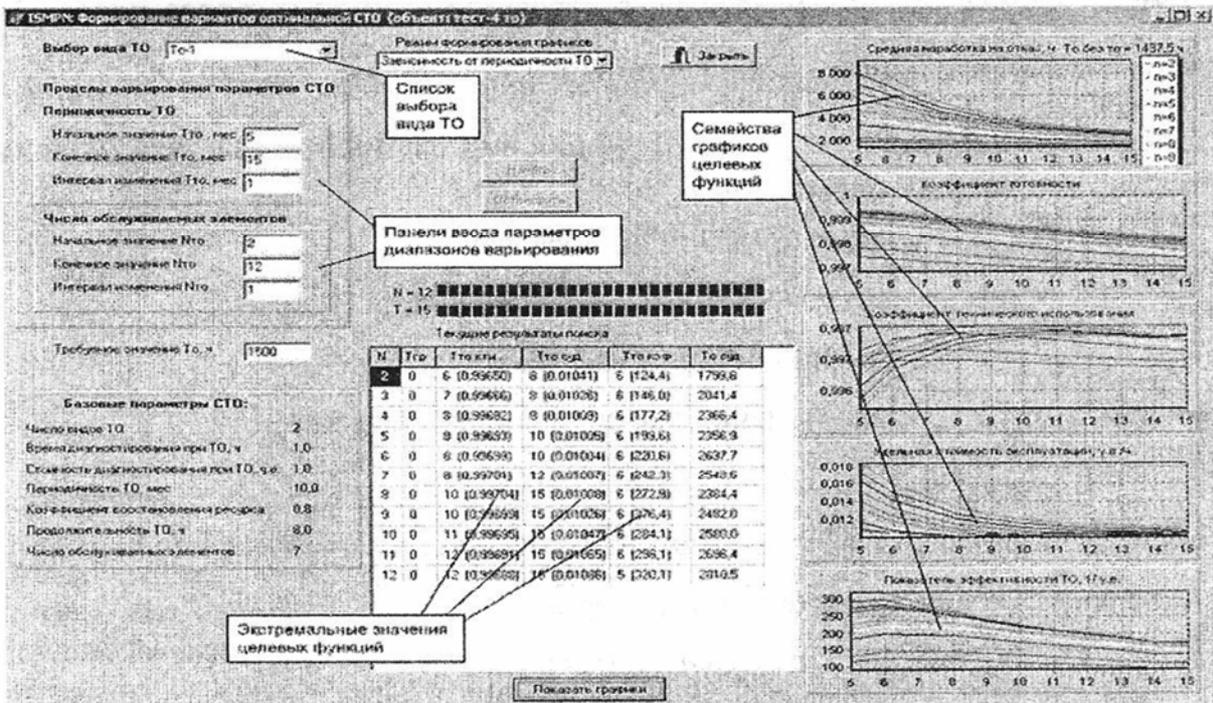


Рис. 3. Форма отображения результатов моделирования в режиме “Формирование вариантов оптимальной СТО”

После завершения процесса моделирования становится активной кнопка "Показать графики", расположенная в нижней части формы (под таблицей).

После нажатия этой кнопки отображается форма с полученными окончательными результатами (рис. 4).

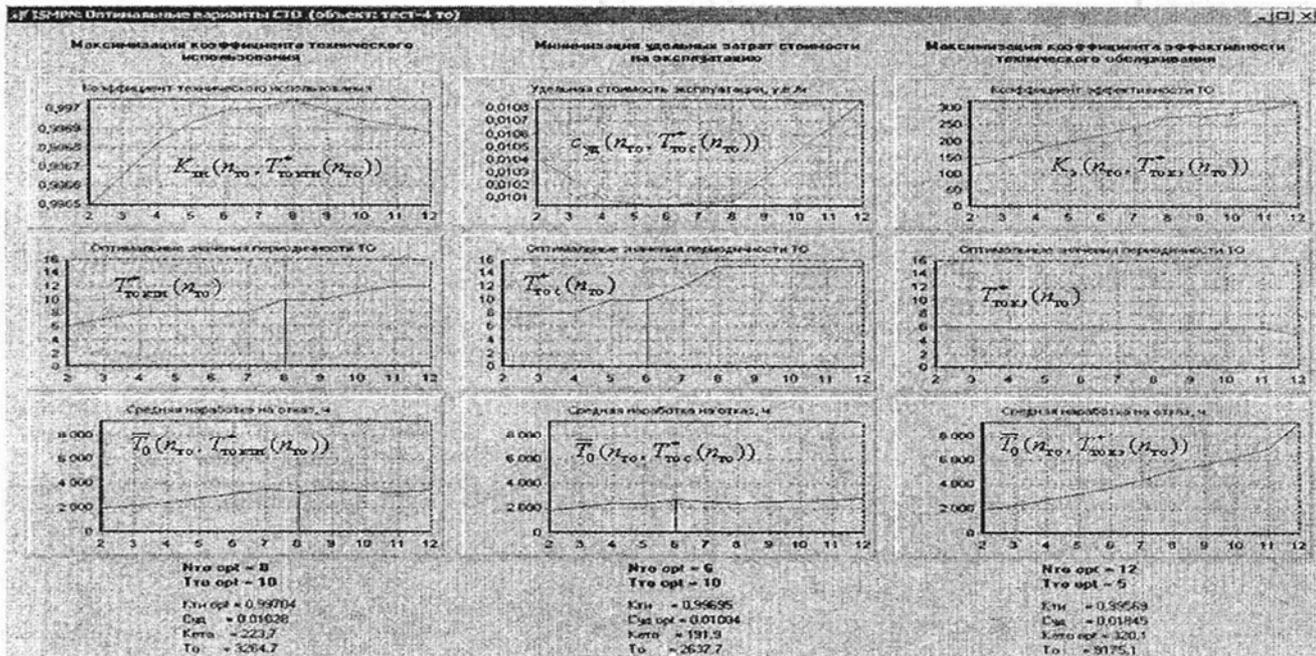


Рис. 4. Форма отображения найденных вариантов оптимальных параметров СТО

Содержание информации, отображаемой на этой форме, необходимо рассмотреть более подробно.

В левой части формы отображаются один под другим три графика зависимостей от числа обслуживаемых элементов  $n_{то}$ :

$K_{ти}(n_{то}, T_{то кти}^*(n_{то}))$  - коэффициент технического;

$T_{то кти}^*(n_{то})$  - периодичность ТО, оптимальная по критерию  $\max K_{ти}$ ;

$\bar{T}_0(n_{то}, T_{то кти}^*(n_{то}))$  - средняя наработка на отказ.

Значения  $T_{то кти}^*(n_{то})$  здесь получаются следующим образом:

$$T_{то кти}^*(n_{то}) : K_{ти}(n_{то}, T_{то кти}^*(n_{то})) = \max_{T_{то}} K_{ти}(n_{то}, T_{то}). \quad (2)$$

Внизу под графиками отображаются оптимальные значения параметров  $n_{то кти}^*$  и

$T_{то кти}^{**}$ , полученные при использовании критерия  $\max K_{ти}$ :

$$n_{то кти}^* : K_{ти}(n_{то кти}^*, T_{то кти}^*(n_{то кти}^*)) = \max_{n_{то}} K_{ти}(n_{то}, T_{то кти}^*(n_{то}));$$

$$T_{то кти}^{**} = T_{то кти}^*(n_{то кти}^*). \quad (3)$$

В центре формы расположены графики:

$c_{уд}(n_{то}, T_{тоc}^*(n_{то}))$  - удельная стоимость эксплуатации;

$T_{тоc}^*(n_{то})$  - периодичность ТО, оптимальная по критерию  $\min c_{уд}$ ;  $\bar{T}_0(n_{то}, T_{тоc}^*(n_{то}))$  - средняя наработка на отказ.

Значения  $T_{тоc}^*(n_{то})$  здесь получаются следующим образом:

$$T_{тоc}^*(n_{то}) : c_{уд}(n_{то}, T_{тоc}^*(n_{то})) = \min_{T_{тоc}} c_{уд}(n_{то}, T_{тоc}). \quad (4)$$

Внизу под графиками отображаются оптимальные по критерию  $\min c_{уд}$  значения параметров  $n_{тоc}^*$  и  $T_{тоc}^{**}$ .

$$\begin{aligned} n_{тоc}^* : c_{уд}(n_{тоc}^*, T_{тоc}^*(n_{тоc}^*)) &= \min_{n_{тоc}} c_{уд}(n_{тоc}, T_{тоc}^*(n_{тоc})); \\ T_{тоc}^{**} &= T_{тоc}^*(n_{тоc}^*). \end{aligned} \quad (5)$$

**В правой части формы** расположены графики:

$K_3(n_{то}, T_{токз}^*(n_{то}))$  - показатель эффективности ТО;

$T_{токз}^*(n_{то})$  - периодичность ТО, оптимальная по критерию  $\max K_3$ ;

$\bar{T}_0(n_{то}, T_{токз}^*(n_{то}))$  - средняя наработка на отказ.

Значения  $T_{токз}^*(n_{то})$  здесь получаются следующим образом:

$$T_{токз}^*(n_{то}) : K_3(n_{то}, T_{токз}^*(n_{то})) = \max_{T_{токз}} K_3(n_{то}, T_{токз}). \quad (6)$$

Внизу под графиками отображаются оптимальные значения  $n_{токз}^*$  и  $T_{токз}^{**}$ , полученные при использовании критерия  $\max K_3$ .

$$\begin{aligned} n_{токз}^* : K_3(n_{токз}^*, T_{токз}^*(n_{токз}^*)) &= \max_{n_{токз}} K_3(n_{токз}, T_{токз}^*(n_{токз})); \\ T_{токз}^{**} &= T_{токз}^*(n_{токз}^*). \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, в результате моделирования эксперт получает полную информацию, достаточную для формирования близкого к оптимальному и приемлемого для практики решения задачи (1). Только эксперт, владеющий дополнительной неформализуемой информацией, может принять окончательное решение.

На рис. 5 показана схема формирования экспертом решения на основе информации, получаемой с помощью программы ISMPN.

На рисунке показан случай, когда эксперт отдал предпочтение решению, полученному по критерию  $\max K_{тн}$ .

Программа ISMPN разработана в системе программирования Delphi [3]. БД построена по принципу "встроенной" в программу ISMPN БД, и основана на использовании СУБД InterBase [4].

Программа 13МРҮ

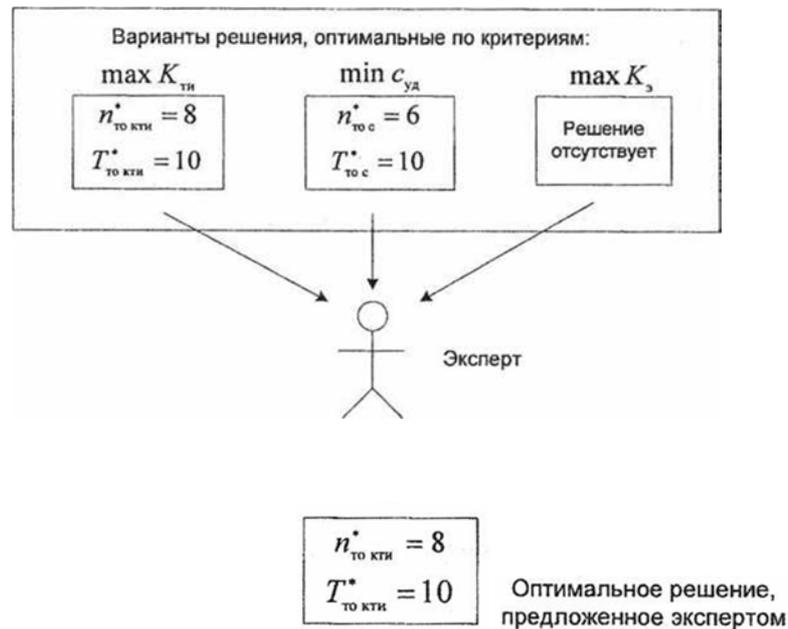


Рис. 5. Схема взаимодействия эксперта с программой ISMPN при принятии решения

**Выводы.** Авторами разработано ПО, предназначенное для компьютерной поддержки методики определения оптимальных параметров системы технического обслуживания сложного восстанавливаемого объекта. Программа ISMPN разработана в системе программирования Delphi.

**Литература**

1. Боряк К.Ф. Дослідження процесу технічного обслуговування складних відновлюваних об'єктів радіоелектронної техніки за допомогою імітаційної статистичної моделі // Вісник інженерної академії України, - К., 2008. - №2. - С.85 - 91.
2. Браун В.О., Боряк К.Ф., Лантвойт О.Б., Цыцарев В.Н. Моделирование процессов технического обслуживания сложных восстанавливаемых объектов радиоэлектронной техники // Вісник інженерної академії України.- К., 2008. - №1. - С. 47 - 52.
3. Дарахвелидзе П. Г., Марков Е. П. Программирование в Delphi 7. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 784 с.
4. Ковязин А., Востриков С. Мир InterBase. Архитектура, администрирование и разработка приложений баз данных в InterBase/Firebird/Yaffil. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002.- 496 с.