

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Приводятся краткие сведения о программной модели процесса технического обслуживания и ремонта сложных восстанавливаемых объектов РЭТ. Рассматривается пример применения модели, производится анализ полученных результатов.

Разработанная программная модель процессов ТОиР является вполне адекватной, получаемые с ее помощью результаты являются непротиворечивыми и хорошо соответствуют физическому смыслу моделируемых процессов. По результатам моделирования, получаемых с помощью данной модели, можно давать научно обоснованные рекомендации по выбору тех или иных параметров процесса ТОиР.

Ключевые слова: программная модель, радиоэлектронная техника, техническое обслуживание.

Введение. Под сложным объектом радиоэлектронной техники (РЭТ) понимается техническое устройство, состоящее из большого количества разнотипных комплектующих элементов и предназначенное для непрерывной или циклической работы в составе некоторой системы. Подавляющее число комплектующих элементов объекта являются изделиями радиоэлектронной техники (микросхемы, полупроводниковые и электронные приборы различного назначения, печатные платы и т.п.). В процессе эксплуатации объектов РЭТ для обеспечения требуемого уровня их надежности производится их техническое обслуживание (ТО) и ремонт.

При рассмотрении процесса технического обслуживания и ремонта (процесса ТОиР) всегда предполагается, что осуществляется техническая эксплуатация некоторого множества объектов РЭТ, которые объединены общей целью их применения. Это множество условимся называть группировкой объектов РЭТ. Далее предполагается, что группировка состоит из однотипных объектов РЭТ. Основными составляющими процесса ТОиР являются: ТО; ремонт (текущий и плановый); обеспечение ТО и ремонта запасными элементами (ЗИП). Процесс ТОиР должен быть организован таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность применения объектов РЭТ по их назначению.

Для оптимальной организации процесса ТОиР необходимо, как минимум, иметь достоверные прогнозные оценки показателей надежности и стоимости эксплуатации объектов РЭТ при заданных параметрах процесса ТОиР. Инструментом для получения таких оценок являются математические модели процесса ТОиР, реализованные в виде конкретного программного обеспечения. В данной статье рассматривается программная модель, которая реализует имитационную статистическую модель процесса ТОиР, описанную в [1]. Программная модель разработана в среде программирования Delphi [2] (программа ISMPN, режим **Моделирование ТОиР**).

Процесс ТОиР является сложным организационно-техническим процессом, в котором участвуют люди, обслуживающие технику, технические средства, используемые для ТО и ремонта объектов. Очевидно, что такой процесс характеризуется большим количеством параметров, поэтому при описании модели очень важно точно указать, какие параметры учитываются в модели. Эти параметры были подробно описаны в [1], однако для лучшего понимания текста данной статьи целесообразно определить их здесь еще раз.

Параметры (исходные данные) модели. Параметрами модели в обобщенном рассмотрении являются:

- параметры объекта РЭТ, которые мы разделили на параметры безотказности Б, параметры ремонтпригодности В и параметры стоимости С¹;

- параметры системы ТО $P_{то}$;

- параметры системы ремонта $P_{ро}$;

- параметры системы обеспечения ЗИП $P_{зип}$;

- параметры группировки $P_{груп}$;

- параметры моделирования P_m .

Определим содержание этих параметров.

Параметры безотказности объекта Б:

$T_{ср i}$ - средняя наработка до отказа i -го элемента ($i = \overline{1, |E_o|}$, где E_o - множество конструктивных элементов, входящих в структурную схему надежности объекта);

V_i - коэффициент вариации наработки до отказа i -го элемента ($i = \overline{1, |E_o|}$).

Параметры ремонтпригодности объекта В:

$\tau_{ктс}$ - продолжительность контроля технического состояния (ТС) объекта;

$\tau_{пн}$ - среднее время поиска неисправности;

$\tau_{зам i}$ - среднее время замены i -го элемента ($i = \overline{1, |E_o|}$);

$\tau_{то i}$ - средняя продолжительность операции ТО i -го элемента ($i = \overline{1, |E_{то}|}$, где $E_{то}$ - подмножество обслуживаемых элементов, $E_{то} \subset E_o$);

$E_{ро}$ - подмножество элементов объекта, для восстановления которых в случае их отказа требуется применение ремонтного органа (РО) ($E_{ро} \subset E_o$). При отказе элементов, не входящих в $E_{ро}$, восстановление работоспособности объекта производится обслуживающим персоналом (расчетом). Параметр $E_{ро}$, с одной стороны, является характеристикой ремонтпригодности объекта, но, с другой стороны, является параметром, определяющим требования к РО.

Параметры стоимости объекта С:

C_{oi} - стоимость i -го элемента ($i = \overline{1, |E_o|}$);

$C_{зам i}$ и $C_{то i}$ - стоимость операций замены и ТО i -го элемента.

Параметры системы ТО $P_{то}$ ²:

$N_{то}$ - число видов ТО;

$E_{то j}$ - подмножество элементов, которые обслуживаются при ТО j -го вида;

$T_{то j}$ - периодичность проведения ТО j -го вида ($j = \overline{1, N_{то}}$);

Параметр $P_{то}$ имеет различное содержание в зависимости от выбранной стратегии ТО.

Параметры системы ремонта $P_{ро}$:

¹ В действительности эти характеристики являются показателями надежности и стоимости объекта. Однако, по отношению к рассматриваемой модели они являются параметрами.

² Для случая стратегии ТО по ресурсу.

N_{po} - количество РО;

τ_d - среднее время движения РО к месту ремонта (доставки отказавшего объекта в РО);

τ_{poa} - административное время РО (время подготовки РО к выполнению ремонтных работ);

c_{po} - удельная стоимость затрат при применении РО (стоимость одного часа работы).

К параметрам P_{po} также следовало бы отнести подмножество элементов, ремонт которых в состоянии осуществлять данный РО. В рассматриваемой модели предполагается, что в РО можно осуществлять восстановление любых элементов из множества E_{po} .

Параметры системы обеспечения ЗИП $P_{зип}$:

$K_{зип-о}$ - коэффициент готовности одиночного ЗИП, придаваемого объекту РЭТ (ЗИП-О);

$K_{зип-р}$ - коэффициент готовности ЗИП, придаваемого РО (ЗИП-Р);

$\tau_{зип-с}$ - средняя время доставки элементов из центрального склада.

Параметры группировки $P_{груп}$:

$N_{об}$ - число объектов РЭТ в группировке;

$c_{отк}$ и $c_{то}$ - удельная стоимость потерь при отказе и ТО объекта.

Параметры моделирования P_m :

$T_э$ - продолжительность эксплуатации объектов;

N_I^{max} - максимальное число реализаций, при выполнении которых процесс моделирования завершается;

$\varepsilon^{пр}$ - требуемая точность результатов (относительная ошибка).

Содержание моделируемого процесса. Не вникая в детали алгоритма моделирования, описанного в [1], укажем только, что основными моделируемыми событиями являются:

- событие «отказ», возникающее в случайный момент времени вследствие отказа какого-либо из элементов объекта;

- событие «ТО», возникающее в детерминированный или случайный момент времени. Случайное время ТО появляется при применении адаптивной стратегии ТО, при которой время до следующего ТО определяется с учетом текущего технического состояния объекта;

- событие «освобождение РО», возникающее в момент завершения проводившегося в РО текущего ремонта или ТО.

Обработка каждого из событий заключается в имитации связанных с этим событием действий и накопление необходимой статистики, которая затем используется для вычисления результирующих показателей модели.

При наступлении события «отказ» немедленно начинается восстановление работоспособного состояния объекта. Восстановление объекта может осуществляться либо расчетом, либо с привлечением РО. Если причиной отказа объекта является отказ элемента, принадлежащего множеству E_{po} , то восстановление производится в РО, в противном случае, если отказал элемент, не принадлежащий множеству E_{po} , восстановление осуществляется силами расчета.

Содержание процесса восстановления, который инициируется в момент отказа, определяется диаграммами, изображенными на рис. 1. На рисунке использованы следующие обозначения: τ_b - время восстановления; τ_n - время простоя объекта в неработоспособном

состоянии; $\tau_{ож в}$ - время ожидания начала ремонта; $\tau_{в ро}$ - время восстановления в РО; $\tau_{зан ро}$ - время занятости РО.

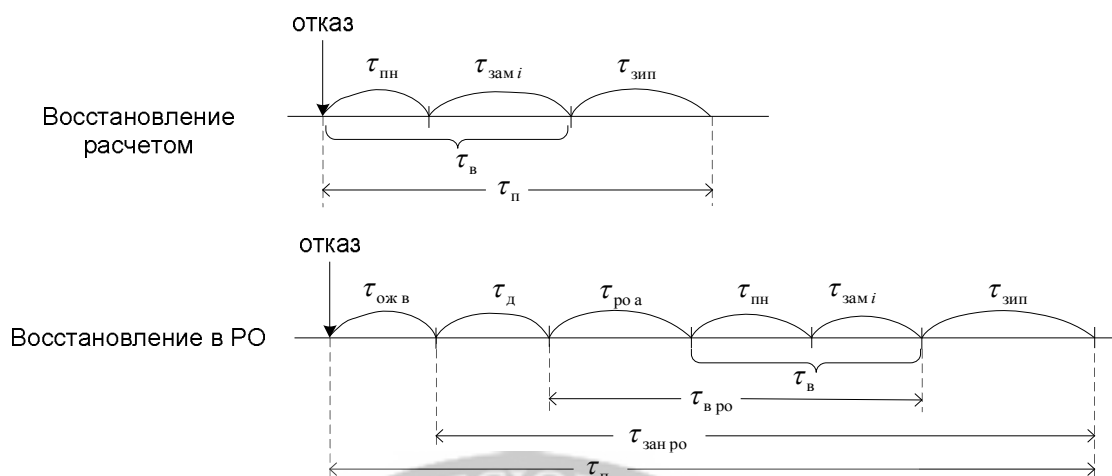


Рис.1. Временные диаграммы процесса восстановления объекта.

Все составляющие процесса восстановления (за исключением $\tau_{ож в}$, $\tau_{д}$ и $\tau_{зип}$) имитируются как детерминированные величины. Время ожидания $\tau_{ож в}$ является случайным и зависит от времени наступления событий «освобождение РО». Время движения РО $\tau_{д}$ и время доставки ЗИП $\tau_{зип}$ имитируются как равномерно распределенные случайные величины с параметрами, заданными в БД.

Имитация факта восстановления (выполнения текущего ремонта) осуществляется путем генерирования нового значения случайного времени отказа элемента и запоминания его в календаре событий.

На рис. 2 изображена диаграмма, определяющая составляющие времени, в течение которого проводится ТО объекта. Так же, как и для процесса восстановления, случайными величинами имитируются составляющие $\tau_{ож то}$ и $\tau_{д}$.

Время ТО $\tau_{то}$ не учитывается как время простоя, так как ТО планируется на периоды времени, когда объект РЭТ не применяется по назначению. Составляющая $\tau_{зип}$ отсутствует, так как предполагается, что ЗИП для проведения ТО всегда имеется.

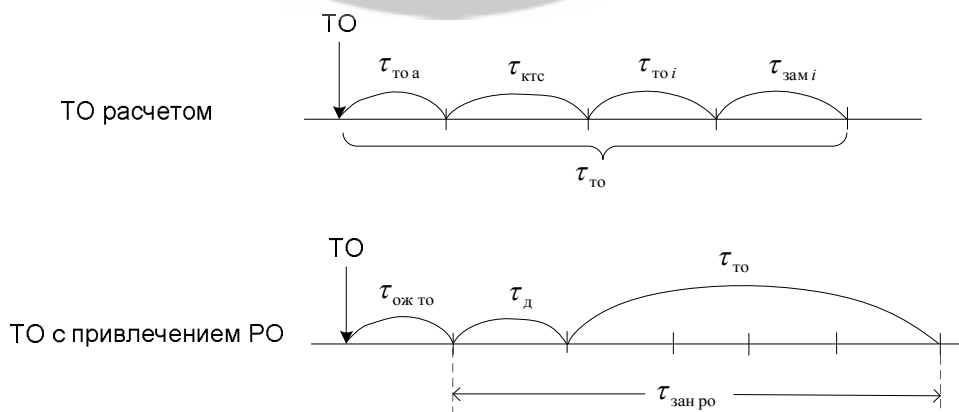


Рис. 2. Временные диаграммы процесса ТО

Имитация факта проведения ТО осуществляется путем перепланирования отказов всех элементов, входящих в множество обслуживаемых элементов $E_{то} \subset E_0$.

Выходная информация модели. В качестве выходной информации модели вычисляются статистические оценки следующих показателей:

- показатели надежности и стоимости эксплуатации объекта:

T_0 - среднее время между отказами объекта;

$T_{\text{в}}$ - среднее время восстановления;

$T_{\text{п}}$ - среднее время простоя в неработоспособном состоянии;

$K_{\text{г}}$ - коэффициент готовности;

$K_{\text{ти}}$ - коэффициент технического использования;

$C_{\text{уд}}$ - удельные затраты стоимости на эксплуатацию объекта;

- показатели использования РО:

$P_{\text{зан ро}}$ - показатель суммарной занятости РО;

$\bar{\tau}_{\text{ож в}}$, $\bar{\tau}_{\text{ож то}}$ - среднее время ожидания освобождения РО при восстановлении (ремонте)

и при ТО;

$\bar{n}_{\text{ож в}}$, $\bar{n}_{\text{ож то}}$ - среднее число задержек из-за отсутствия свободных РО при восстановлении и ТО;

- дополнительные показатели:

\bar{n}_0 - среднее число отказов объекта за время эксплуатации T_3 ;

$\bar{n}_{\text{то}}$ - среднее число ТО, проводимых на объекте за время эксплуатации;

$T_{\text{то}}$ - средняя продолжительность одного ТО;

ε - относительная точность оценки показателя \bar{n}_0 .

Формулы для вычисления показателей надежности и стоимости были приведены в [1].

Показатели использования РО вычисляются по следующим формулам:

$$P_{\text{зан ро}} = \tau_{\text{зан ро}\Sigma} / n_{\text{зан ро}\Sigma}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{зан ро}\Sigma}$ - суммарное время занятости РО при выполнении текущих ремонтов или ТО;

$n_{\text{зан ро}\Sigma}$ - суммарное число текущих ремонтов и ТО, выполненных в РО;

$$\bar{\tau}_{\text{ож в}} = \tau_{\text{ож в}\Sigma} / n_{\text{ож в}\Sigma}, \quad (2)$$

где $\tau_{\text{ож в}\Sigma}$ - суммарное время ожидания освобождения РО для выполнения восстановительных работ; $n_{\text{ож в}\Sigma}$ - суммарное количество случаев ожидания РО для восстановления;

$$\bar{n}_{\text{ож в}} = n_{\text{ож в}\Sigma} / N_I, \quad (3)$$

где N_I - число выполненных итераций моделирования.

Величина ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = z_{\alpha} \sigma(n_{\text{отк } i}) / \bar{n}_{\text{отк } i}, \quad (4)$$

где $\sigma(n_{\text{отк } i})$ и $\bar{n}_{\text{отк } i}$ - среднеквадратическое отклонение и среднее значение числа отказов после выполнения i -й итерации процесса моделирования (одна итерация соответствует периоду эксплуатации T_3);

z_{α} - квантиль нормированного нормального распределения для вероятности $1 - \alpha$ (для $\alpha = 0,05$ $z_{\alpha} = 1,96$ [3]).

Результаты расчетов после завершения процесса моделирования выводятся на экран ПК в форме, вид которой показан на рис 3. Для того, чтобы начать процесс моделирования, нужно нажать (щелчком мыши) кнопку **Начать**. Для задания режима моделирования (с ТО,

или без ТО) нужно включить опцию **Моделировать ТО** и выбрать нужную стратегию ТО (как это показано на рис. 3).

Параметры стратегий ТО, так же, как и параметры моделирования, параметры объекта РЭТ, задаются в режиме **База данных**, который в данной статье не рассматривается.

Для демонстрации возможностей разработанной программной модели ниже приводится пример моделирования, производится краткий анализ полученных результатов.

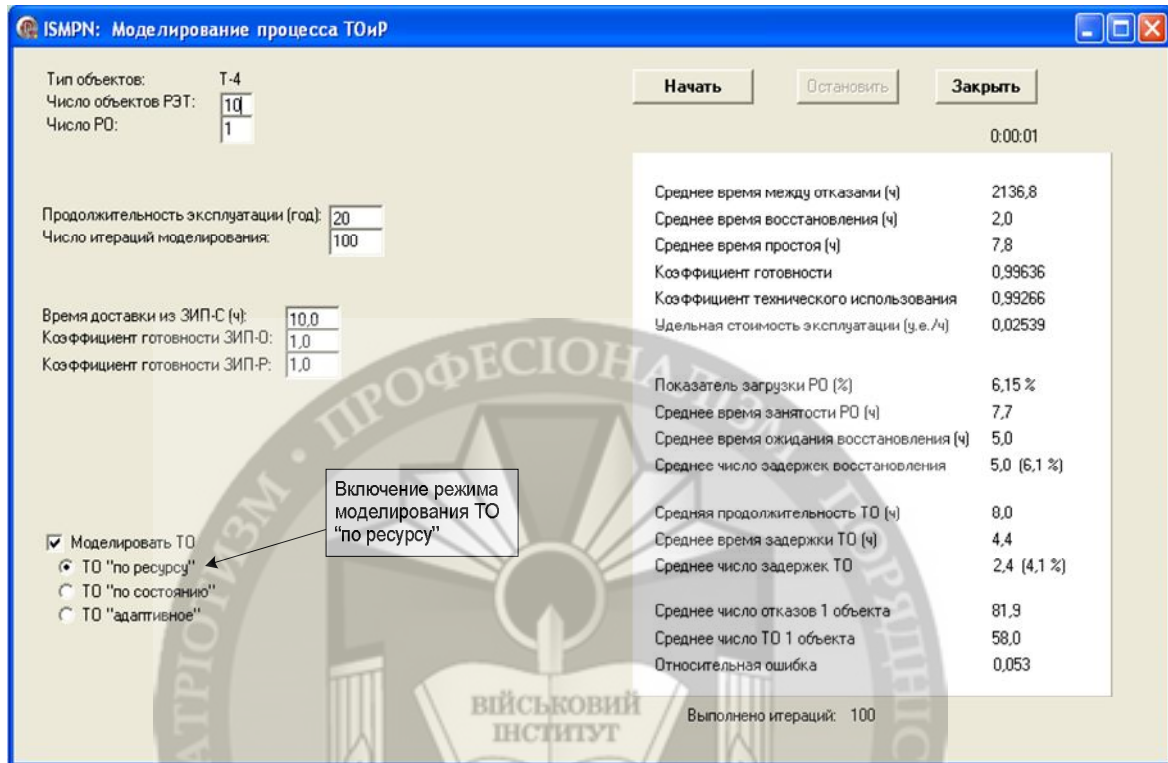


Рис. 3. Вид экрана ПК с результатами моделирования.

Пример моделирования процессов ТОиР. Для примера возьмем простой объект (назовем его T-4), состоящий из 50 элементов, соединенных в смысле надежности последовательно. Создадим для этого объекта БД (средствами программы ISMPN) и введем в нее следующие данные.

Параметр Б. Для различных элементов зададим различные значения средней наработки до отказа T_{cp_i} с примерно равномерным распределением их значений в интервале от 5000 ч до 10^6 ч. Закон распределения случайной наработки до отказа – DN -распределение с коэффициентом вариации $v_i = 0,8$ [4]. При заданных значениях T_{cp_i} и v_i средняя наработка до отказа объекта равна $T_{cp} = 3509$ ч (получена с помощью программы ISMPN).

Параметр В: $\tau_{ктс} = 0,5$ ч; $\tau_{пн} = 1$ ч; $\tau_{зам_i} = 1$ ч; $\tau_{то_i} = 0,5$ ч ($\forall i$).

Параметр С: $C_{0i} = 10$ у.е.; $C_{зам_i} = 1$ у.е.; $C_{то_i} = 1$ у.е. ($\forall i$).

Параметр Р_{то}: $N_{то} = 1$; $E_{то1} = \{1...5\}$; $T_{то1} = 3000$ ч (в множество $E_{то1}$ включены 5 наименее надежных элементов из E_0).

Параметр Р_{ро}: $N_{ро} = 1...3$; $\tau_{дро} = 5$ ч; $\tau_{роа} = 0,5$ ч; $c_{ро} = 1$ у.е./ч; $E_{ро} = E_0$. Последнее означает, что при любом отказе восстановление работоспособности объекта осуществляется в РО.

Параметр Р_{зип}: $K_{гзип-о} = K_{гзип-р} = 1$; $\tau_{дзип-с} = 10$ ч.

Параметр $P_{\text{груп}}$: $N_{\text{об}} = 1 \dots 150$; $c_{\text{отк}} = 5$ у.е./ч; $c_{\text{то}} = 1$ у.е./ч.

Параметр $P_{\text{м}}$: $T_3 = 20$ лет; $N_I^{\text{max}} = 100$.

Наиболее важными с точки зрения интенсивности процессов ТОиР параметрами являются число объектов РЭТ в группировке $N_{\text{об}}$ и число РО $N_{\text{ро}}$. Поэтому для демонстрации возможностей и адекватности модели необходимо определить допустимые пределы варьирования именно этих параметров. Число объектов $N_{\text{об}}$ будем варьировать от 1 до максимально приемлемого значения, которое в данном примере оказалось равным ≈ 150 .

В табл. 1 приведены результаты моделирования, полученные при отсутствии ТО при варьировании величины $N_{\text{об}}$ от 1 до 150 и при $N_{\text{ро}} = 1$. В табл. 2 приведены те же данные, но полученные при условии проведения ТО.

Очевидно, что наиболее тяжелый режим работы системы ТОиР складывается в условиях минимального количества РО $N_{\text{ро}}$ и максимального числа объектов $N_{\text{об}}$. Проявляется это в максимальной загруженности РО, в резком возрастании числа случаев задержки начала восстановительных работ, и, как следствие, в чрезмерном возрастании среднего времени простоя объектов $T_{\text{п}}$.

Так, в рассматриваемом примере при $N_{\text{об}} = 150$ и $N_{\text{ро}} = 1$ показатель суммарной занятости РО $P_{\text{зан ро}}$ достигает 84%, при этом среднее число задержек восстановления $\bar{n}_{\text{ож в}} = 113$ (что составляет 85% от среднего количества всех отказов за время эксплуатации $\bar{n}_0 = 132$). Среднее время простоя объекта в этих условиях достигает величины $T_{\text{п}} = 36$ ч. Очевидно, что полученные значения показателей свидетельствуют о чрезмерной загруженности РО.

Таблица 1
Показатели процесса ТОиР объекта Т-4 без проведения ТО при различном количестве объектов в группировке при наличии одного РО ($N_{\text{ро}} = 1$)

Показатели	Количество объектов РЭТ в группировке $N_{\text{об}}$					
	1	10	30	50	100	150
T_0 , ч	1309	1314	1318	1315	1317	1330
$T_{\text{в}}$, ч	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$T_{\text{п}}$, ч	7,5	7,7	8,4	9,2	13,4	36,1
$K_{\text{г}}$	0,99430	0,99415	0,99370	0,99304	0,98993	0,97317
$K_{\text{ти}}$	-	-	-	-	-	-
$c_{\text{уд}}$, у.е./ч	0,03679	0,03777	0,04005	0,04340	0,05922	0,14755
$P_{\text{зан ро}}$, %	0,57	5,7	17,1	28,5	56,9	84,7
$\bar{\tau}_{\text{ож в}}$, ч	0	4,5	5,1	6,0	10,3	34,3
$\bar{n}_{\text{ож в}}$	0	6,9	22,4	38,0	76,3	113,4
$\bar{\tau}_{\text{ож то}}$, ч	-	-	-	-	-	-
$\bar{n}_{\text{ож то}}$	-	-	-	-	-	-
$\bar{n}_{\text{то}}$	-	-	-	-	-	-
\bar{n}_0	132,0	133,2	132,8	133,2	133,0	132,1
ε	0,136	0,041	0,027	0,017	0,008	0,010

Таблица 2

Показатели процесса ТОиР объекта Т-4 при проведении ТО “по ресурсу” при различном количестве объектов в группировке при наличии одного РО ($N_{po} = 1$)

Показатели	Количество объектов РЭТ в группировке $N_{об}$					
	1	10	30	50	100	150
T_o , ч	2129	2136	2137	2126	2138	2309
T_b , ч	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
T_n , ч	7,5	7,8	8,7	9,8	14,9	29,1
K_r	0,99549	0,99636	0,99594	0,99540	0,99310	0,98754
$K_{тн}$	0,99277	0,99266	0,99224	0,99168	0,98942	0,98417
$c_{уд}$, у.е./ч	0,02478	0,02539	0,02753	0,03032	0,04187	0,07020
$P_{зан po}$, %	0,61	6,15	18,5	30,77	61,25	90,4
$\bar{\tau}_{ож в}$, ч	0	5,0	6,5	7,5	11,9	22,8
$\bar{n}_{ож в}$	0	4,9	15,4	25,9	50,6	69,0
$\bar{\tau}_{ож то}$, ч	5,1	4,4	5,3	6,5	14,1	266,4
$\bar{n}_{ож то}$	0,3	2,4	7,9	13,9	31,0	49,2
$\bar{n}_{то}$	58,0	58,0	58,0	57,6	57,1	52,7
\bar{n}_o	81,5	81,9	81,8	82,3	81,9	75,8
ε	0,186	0,053	0,034	0,027	0,022	0,009

В случае проведения ТО явления перегруженности системы ТОиР становятся еще более критическими (данные в табл. 2). Влияние ТО проявляется в сокращении суммарного количества отказов \bar{n}_o , и, следовательно, в увеличении средней наработки объектов между отказами T_o .

Медленное возрастание показателя T_o при увеличении $N_{об}$ объясняется накапливающимися задержками восстановления, что в результате приводит к уменьшению суммарного количества отказов в течение фиксированного периода эксплуатации T_s .

При увеличении числа РО интенсивность их использования уменьшается, РО начинают работать в более приемлемых условиях (количество задержек восстановления и ТО из-за нехватки РО резко сокращается). Тенденции улучшения основных показателей процесса ТОиР при увеличении числа РО (при $N_{po} = 1 \div 3$) показаны на рис. 4 в виде графиков.

Для любых статистических моделей весьма важным является вопрос требуемого «машинного» времени на расчеты. Реальные затраты времени, которые были получены в данном примере при выполнении всех итераций моделирования $N_I^{max} = 100$, сведены в табл. 3³.

По приведенным данным видно, что время счета существенно зависит не только от числа выполненных реализаций, но и от параметров $N_{об}$ и N_{po} .

³ Данные получены для процессора AMD Athlon II X2 245, 2.90 ГГц.

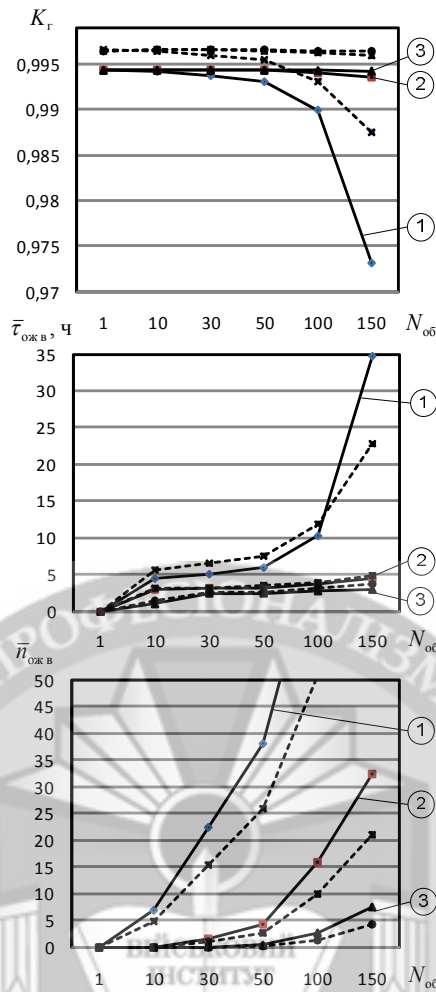


Рис. 4. Графики зависимости показателей процесса ТОиР от числа объектов $N_{об}$ при различном числе РО: ① $N_{po} = 1$, ② $N_{po} = 2$, ③ $N_{po} = 3$. (сплошная линия – без ТО, пунктирная – с ТО)

Таблица 3

Затраты машинного времени на вычисления в различных режимах счета

Режим моделирования	Число РО N_{po}	Число объектов РЭТ в группировке $N_{об}$				
		10	30	50	100	150
ТО не проводится	1	1"	17"	1' 4"	9' 45"	1 ^h 18'36"
	2	1"	12"	35"	2' 41"	7' 35"
	3	1"	12"	33"	2' 14"	5' 17"
Проводится ТО по "ресурсу"	1	1"	18"	1' 7"	10' 6"	3 ^h 45'6"
	2	1"	13"	37"	2' 43"	7' 41"
	3	1"	13"	36"	2' 24"	5' 36"

Утешительным является тот факт, что при больших значениях $N_{об}$ приемлемая точность достигается уже при небольшом количестве реализаций моделирования (5-10 реализаций). Следовательно, процесс моделирования без ущерба для точности результатов можно остановить ранее, не дожидаясь выполнения заданного количества реализаций N_I^{max} .

Полученные в данном примере результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы:

1) Разработанная программная модель процессов ТОиР является вполне адекватной, получаемые с ее помощью результаты являются непротиворечивыми и хорошо соответствуют физическому смыслу моделируемых процессов.

2) По результатам моделирования, получаемых с помощью данной модели, можно давать научно обоснованные рекомендации по выбору тех или иных параметров процесса ТОиР. В частности, по результатам рассмотренного примера видно, что при количестве объектов в группировке 100-150 количество РО должно быть не менее 3.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ленков С.В. Имитационная статистическая модель процесса технического обслуживания и ремонта сложных объектов радиоэлектронной техники / С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, В.О. Браун, Г.В. Банзак, В.Н. Цицарев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2012. – № 38. – С.63 – 69.

2. Дарахвелидзе П.Г., Марков Е.П. Программирование в Delphi 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 784 с.

3. Четыркин Е.М., Калихман И.Л. Вероятность и статистика. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 319 с.

4. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

д.т.н., проф. **Ленков С.В.**, д.т.н., проф. **Зубарев В.В.**, д.т.н., с.н.с. **Сєлюков О.В.**,
к.т.н., доц. **Осипа В.О.**, д.т.н., доц. **Боряк К.Ф.**, к.т.н., доц. **Цицарев В.Н.**

ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ Й РЕМОНТУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

Наводяться короткі відомості про програмну модель процесу технічного обслуговування й ремонту складних відновлюваних об'єктів РЕТ. Розглядається приклад застосування моделі, виробляється аналіз отриманих результатів.

Розроблена програмна модель процесів технічного обслуговування і ремонту є цілком адекватною, одержувані з її допомогою результати є несуперечливими й добре відповідають фізичному змісту модельованих процесів. За результатами моделювання, одержуваних за допомогою даної моделі, можна давати науково обґрунтовані рекомендації з вибору тих або інших параметрів процесу технічного обслуговування і ремонту.

Ключові слова: програмна модель, радіоелектронна техніка, технічне обслуговування.

prof. **Lenkov S.**, prof. **Zubarev V.**, Ph.D., Senior **Selyukov A.**,
Ph.D., Assoc. **Osyra V.**, dt.n. Assoc. **Boriak K.**, Ph.D. **Tsytysarev V.**

MODEL OF SOFTWARE MAINTENANCE AND REPAIR OF COMPLEX OBJECTS ELECTRONIC EQUIPMENT

We give a summary of the programming model of the maintenance and repair of complex objects renewable electronic equipment. An example application of the model, an analysis is made of the results.

The software process model maintenance is quite adequate, derived with the help of the results are consistent and well the physical content of the simulated processes. According to the simulation results obtained using this model, we can provide evidence-based recommendations for the selection of various process parameters maintenance and repair.

Keywords: programming model, electronic equipment, maintenance.