

$$A_{1\varphi_{BX}} = \frac{D_3(\lambda_{1\varphi_{BX}})\varphi_0}{M_3(\lambda_{1\varphi_{BX}})\lambda_{1\varphi_{BX}}} = -0,31 \qquad A_{2\varphi_{BX}} = \frac{D_3(\lambda_{2\varphi_{BX}})\varphi_0}{M_3(\lambda_{2\varphi_{BX}})\lambda_{2\varphi_{BX}}} = -1,31$$

С учетом численных значений $A_{1\varphi_{BX}}$ и $A_{2\varphi_{BX}}$ выражение для ПСО принимает вид

$$\Delta\varphi_{\Pi}(t) = -0,31e^{-40t} + 1,31e^{-50t} \qquad (23)$$

Кривая переходного процесса в соответствии с выражением (23) изображена на рис.2,г.

Время переходного процесса составляет 0,04с, что в 2 раза меньше заданного.

В рассмотренной системе для подавления двух начальных значений используется только первая производная по задающему воздействию. В то же время, по известной методике, для этого понадобились бы первая и вторая производные.

Таким образом, представление замкнутого контура управления КСФС в виде соединения элементарных звеньев позволяет осуществлять подачу сигналов разомкнутых компенсационных каналов на входы этих звеньев, что обеспечивает использование только низших производных по фазе входного сигнала КСФС для повышения точности КСФС в переходных режимах. Техническая реализация дифференцирующих звеньев низкого порядка практически не представляет затруднений.

Список литературы

1. Складенко С.Н. и др. Системы фазовой синхронизации. - К.: Техника, 1994. 160с.
2. Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении. - М.: Сов. радио, 1978.-598с
3. Зайцев Г.Ф., Стеглов В.К., Брицкий І.О. Теория автоматического управления. - К.: Техника, 2002.-688с
4. Зайцев Г.Ф., Стеглов В.К. Квазиоптимальные следящие системы.-К.: Высш. шк., 1981.-176с.

Поступила 11.04.2005

УДК 629. 735.03

О. Н. Котламина, В.М. Фисенко

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО И ЗАДЕРЖАННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТКО ГА

Большая номенклатура и декомпозиция действующего и вводимого в эксплуатацию в ГА Украины современного телекоммуникационного оборудования (ТКО) требуют в целях защиты информации формализации задач построения общего профиля защищенности, это особенно важно по отношению к высокоразвитым в техническом отношении информационно – телекоммуникационным системам, к которым относятся отдельные виды бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО). Решение указанных задач непосредственно определяется уровнем декомпозиции проводимых контрольных мероприятий и работ по техническому обслуживанию ТКО/РЭО.

В общем случае эксплуатация современного БРЭО допускает следующие виды контроля соответствия его функционирования и технического состояния (ТС):

- непрерывный КС 1-1, осуществляемый по наличию (отсутствию) проблемных ситуаций (ПС) или неисправных ТС БРЭО в процессе его эксплуатации;
- периодический контроль КС 1-2, выполняемый по результатам негативных оценок контроля КС 1-1 в процессе послеполетных наземных проверок, являющихся составной частью технологии обслуживания Т1;

- периодический контроль соответствия КС2, проведение которого определяется заданным нормативными документами (НД) уровнем готовности (КС 2-1) БРЭО после накопления им профилактируемых (п.о.) и эксплуатационных (э.о.) отказов и затратами, связанными с восстановительными работами и последствиями от задержки ТО;

- периодический контроль КС 2-2, проводимый по результатам негативных оценок контроля КС 2-1 в процессе ТО БРЭО по технологии Т2;

- периодический контроль соответствия БРЭО нормам технических параметров (КС3), проводимый в лабораторных условиях обслуживающей системы (ОС) через регламентированные интервалы налета часов (500ч, 2000ч и т.п.). Этот вид контроля является составной частью трудоемкого ТО, выполняемого по технологии Т3.

Технологии обслуживания БРЭО Т1 и Т2 с проведением контролей КС1 и КС2 отражают концепции обслуживания изделий по их фактическому ТС (КС1) и уровню надежности (КС2). Для ТКО АТС такое ТО в соответствии с НД называют контрольно - корректирующим.

В процессе практической реализации контроля КС2 БРЭО принимаются во внимание и экономические показатели продолжения эксплуатации либо проведения восстановительных мероприятий (ТОУН по технологии Т2).

Общей и отличительной особенностью использования технологий обслуживания БРЭО Т1 и Т2 является случайный их проведения как по объему, так и по периодичности. Но в обоих случаях имеет место задержанный принцип их проведения, что объясняется накоплением п.о. и э.о. и их обнаружением в виде ПС, неисправных ТС и допустимых отказов (КС2, Т2). Таким образом, фактор дискретности ТО (периодичности контроля) имеет место в те моменты времени, когда п.о. и э.о. возникают, а ОС пока по разным причинам не срабатывает. В случае занятости ОС устранением п.о. (замена, регулировка, настройка) после завершения работ по технологии Т1 проводится контроль соответствия БРЭО вида КС 1-2. Т. е. имеет место модель контроля КС1 дискретно - непрерывного типа – непрерывный контроль КС 1-1 в периоды отсутствия ПС (непрерывных ТС и дискретный – в моменты их устранения).

Формализация взаимодействия ОС и БРЭО (ТКО) в процессе проведения контроля КС1, таким образом, может быть произведена в виде модели с накоплением п.о. и задержанным (дистанционным для ТКО) обслуживанием.

При реализации обслуживания БРЭО по технологии Т2 с контролем КС2 также справедлив принцип накопления отказов (э.о.), но до определенной НД их величины. На практике предлагается осуществлять эксплуатацию БРЭО до безопасного отказа. И, если по результатам контроля КС 1-1 технология Т1 может применяться уже при появлении одного ($n_{п.о.}=1$) п.о., то после проведения контроля КС 2-1 количество как п.о., так и э.о. должно быть: $n_{п.о.} \gg 1$, $n_{э.о.} > 1$. Выполнение последних условий задается требуемой величиной коэффициента готовности (K_r) и стоимостью последствий допустимых э.о. ($C_{п.о.}$). В общем случае проведение ТО по технологии Т2 предусматривает произвольную плотность распределения наработки БРЭО между очередными работами по уровню надежности изделий.

Формализация действий ОС для морально устаревшего парка ВС и его РЭО при появлении п.о. и э.о. (действующая система ТО РЭО) может быть описана моделью представленной на рис. 1 в виде пространства следующих дискретных ТС:

S_1 - основной и резервный комплекты РЭО находятся в исправном (работоспособном) ТС;

S_2 (S_3)- основной (резервный) комплект РЭО ТКО подвержен п.о. аппаратных или программных средств, которые обнаруживаются экипажем ВС и устраняются наземным (местным) инженерно-техническим персоналом ОС;

S_4 (S_6)- основной (резервный) комплект БРЭО (ТКО) подвержен э.о., являющихся следствием ранее проявляемых (и не локализованных) п.о., индицируемых в виде ПС

неисправных ТС изделий и устраняемых местным образом ИТП; распознавание ПС / неисправностей производится в основном интуитивно с использованием имеющихся средств сигнализации и индикации неисправностей и перечня типовых отказов;

S₅- основной и резервный комплекты БРЭО (ТКО) подвержены общим п.о., которые в последствии могут привести к э.о.(S₇);

S₇- ТС, при котором интенсивности э.о. ($\lambda_{э.о.}$) как основного, так и резервного комплектов БРЭО являются недопустимыми, что требует вмешательства ИТП для проведения трудоемких восстановительных мероприятий $\lambda_{э.о.}$ ($\lambda_{п.о.}$) – интенсивность появления э.о. (п.о.); μ - интенсивность восстановления изделий.

Современное ТКО и БРЭО, обладающее высокоразвитой структурой встроенного / тестового (ВСК), интегрального (в виде системы сбора и локализации отказов – ССЛЮ) и внешнего (наземного) контроля, позволяет ИТП ОС осуществлять в ряде случаев дистанционное и задержанное обслуживание. Для современного ТКО дистанционное обслуживание обеспечивается соответствующими техническими средствами обнаружения и анализа неисправностей. Современное БРЭО для реализации указанных принципов ТО требует применения соответствующей инженерной поддержки (ПИП – пульт инженерной поддержки ВС Ан-140).

Формализация принципов дистанционного (централизованного) и задержанного ТО возможна в виде графа дискретных ТС ТКО/БРЭО, изображенного на рис. 2.

На представленной модели ОС отмечаются две возможные версии задержки ТО. Первая связана с отсутствием восстановления основного (S₂) и резервного (S₃, S₈) комплектов РЭО после появления продислакируемых отказов и осуществлением восстановительных работ дистанционно только при появлении э.о. (ТС S₆, S₇). Техническое состояние S₁₂ требует например для БРЭО дистанционного и централизованного обслуживания в специализированном центре ТО. В этом случае возможна реализация контроля КС 2-1 по технологии Т2 (ТОУН).

Таким образом, задержанное обслуживание осуществляется для технически развитого БРЭО (ТКО), обладающего высокой живучестью, аппаратурной и функциональной избыточностью и определяется наличием внешних (дистанционных) средств диагностирования / ТО.

Приведенная на рис. 2 модель задержанного ТО БРЭО/ТКО в отличие от модели местного обслуживания (рис.1) предполагает накопление п.о. и э.о. до появления ПС или неисправных ТС оборудования, индицируемых встроенными (ВСК) и интегральными (ССЛЮ, ПИП) средствами контроля. Принятие решений об уровне неисправности или отказа оборудования производится наземным ИТП (для БРЭО) или автоматизированной системой ТО (для ТКО). При этом численные значения профилакируемых ($\tau_{пр}=\lambda^{-1}_{ксл-2}$) и эксплуатационных ($\tau_3=\lambda^{-1}_{ксл-1}$) временных задержек для проведения ТО согласно технологиям Т1 и Т2 определяются интенсивностями проведения контроля КС 1-2, КС 2-1 и КС 2-2. В общем случае аналогичная задержка на ТО возможна и после контроля КС 1-1, когда имеют место самоустраняющиеся неисправности, либо другие факторы, характеризующие возможности ОС.

Представленная на рис. 2 модель дистанционного и задержанного обслуживания включает пространство ТС S₁-S₃, S₆-S₈, S₁₂, которое описывает необслуживаемое функционирование, предусматривающее непрерывный или оперативный виды контроля КС 1-1 и КС 2-1.

Таким образом, указанные выше ТС БРЭО/ТКО описывают модель надежности оборудования, в то время как ТС другого подмножества $S_i \in (S_4, S_5, S_9-S_{11}, S_{13})$ – модель ОС в стационарных условиях работы. По результатам проведенного контроля соответствия в ТС S₂/S₃ (КС 1-1), S₆-S₈ (КС 1-2) и S₁₂ (КС 2-1) и назначается периодичность и объем проводимых работ в соответствии с технологиями Т1 и Т2 (S₁₃) соответственно. При этом предусматривается изъятие объекта обслуживания из регламента эксплуатации, либо

частичное снижение его качества функционирования. Интенсивности переходов исследуемого объекта в подмножестве ТС ($S_4, S_5, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{13}$) имеют традиционное для подобной формализации ОС содержательное описание. Для большинства рассматриваемых здесь ТС это описание подобно характеристике переходов для модели ОС, приведенной на рис. 1.

Модель задержанной и дистанционной ОС, приведенная на рис. 2, может иметь следующие версии:

- эксплуатируемый объект из ТС S_2, S_3 и S_8 не переводится на ТО, а накапливает п.о. и э.о. (штриховые линии S_2-S_5, S_3-S_4 и S_8-S_9 отсутствуют); восстановление исправности объекта предусматривается после проведения контроля (ТС S_6, S_7 и S_{12}) в ТС S_{10}, S_{11} и S_{13} ; причем, последние возвращают изделие в ТС S_4, S_5, S_9 и S_1 , либо позволяют принять решение о назначении трудоемких ремонтных операций (S_{13}).

- эксплуатируемый объект из всех ТС подмножества $S_i \in S_1-S_3, S_6-S_8, S_{12}$ осуществляет переход в ТС обслуживания с задержкой, определяемой соответствующими интенсивностями перехода $\lambda_{ксл-1}, \lambda_{ксл-2}$ и др.;

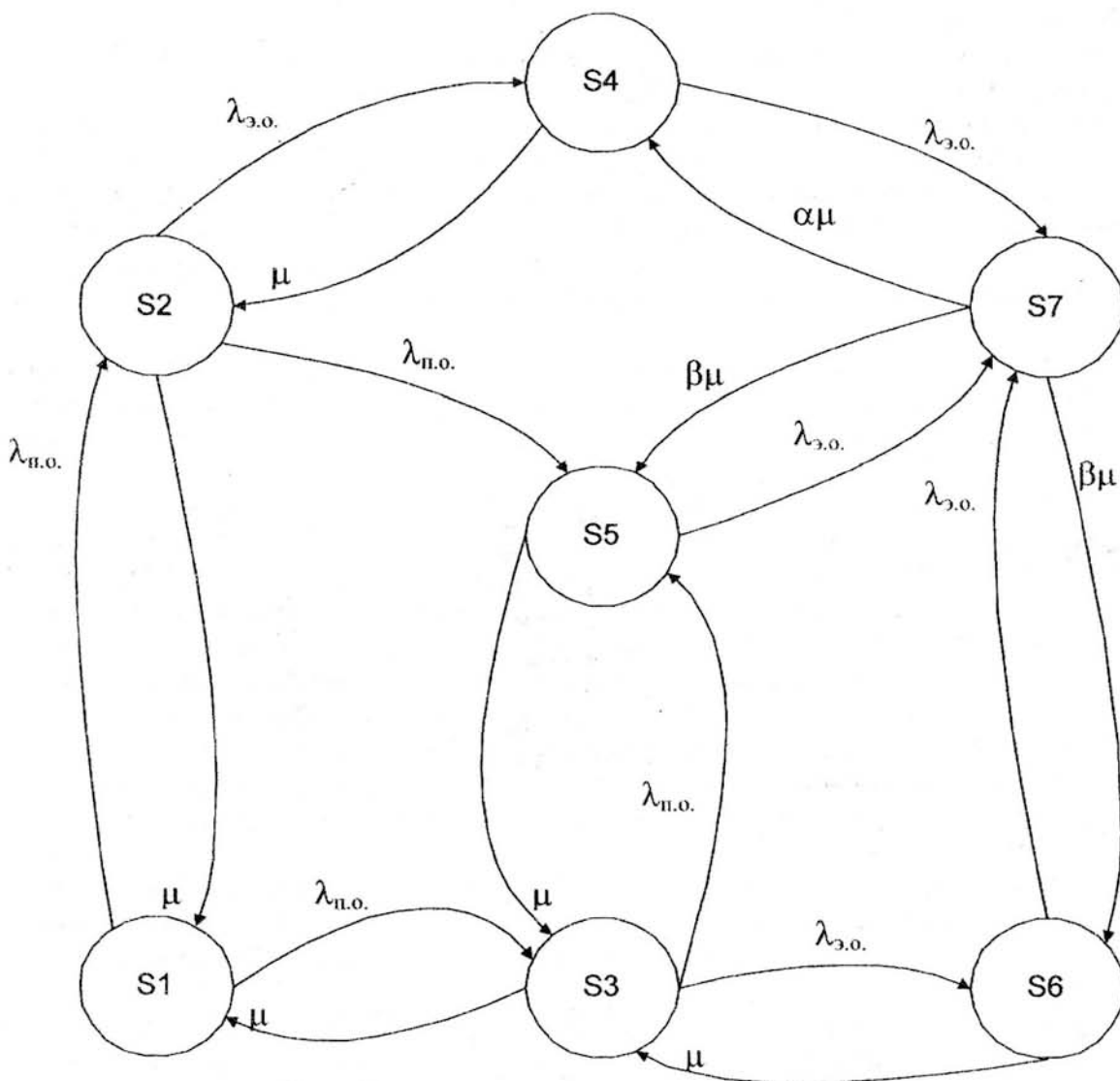


Рис. 1. Граф переходов ИТС БРЭО для действующей системы его технической эксплуатации

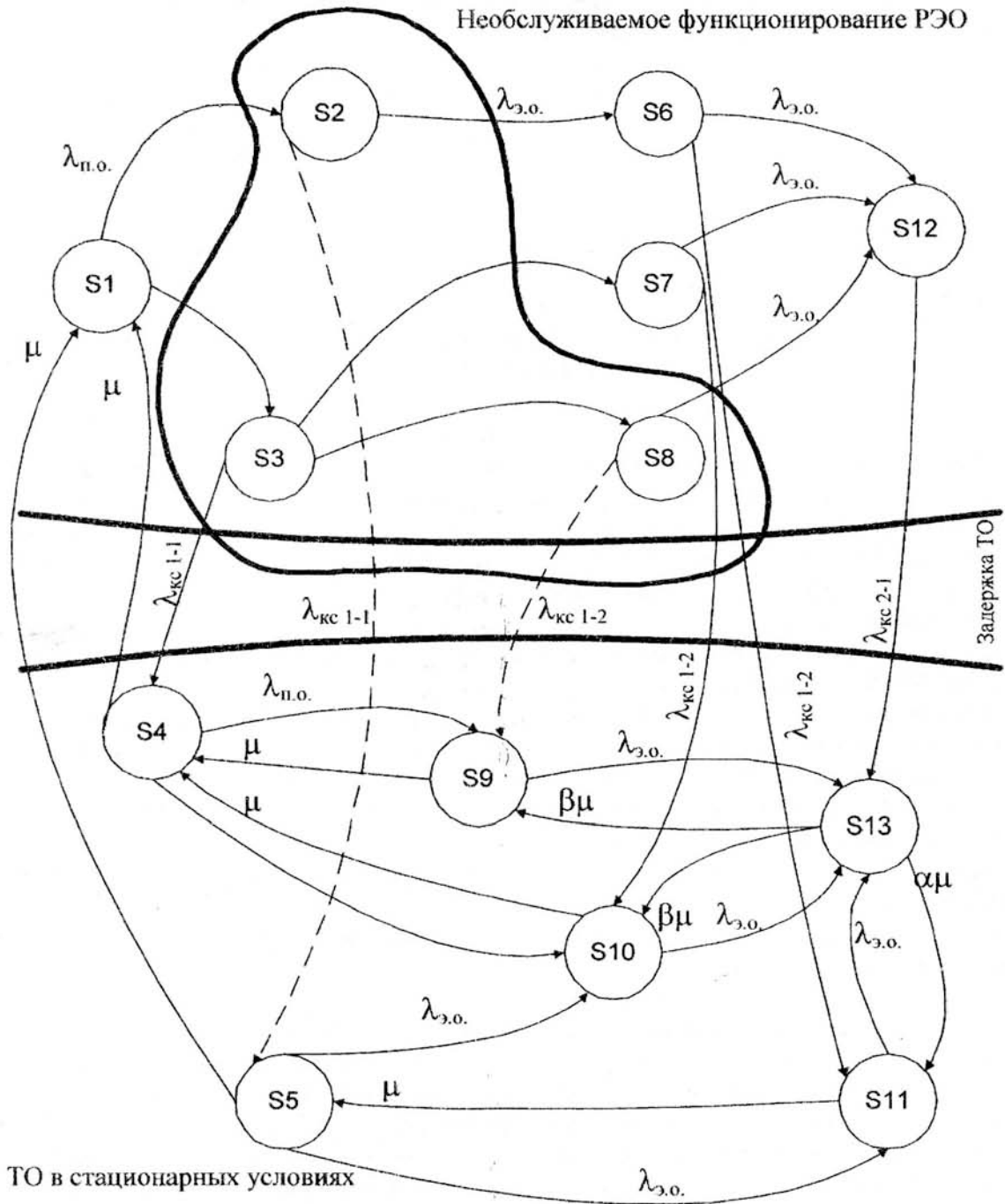


Рис. 2. Граф переходов ИТС БРЭО (ТКО) при их дистанционном и задержанном обслуживании

- эксплуатационный объект, находясь в ТС S_{12} , по результатам контроля КС 2-1 поступает в централизованную организацию по ТО БРЭО для проведения восстановительных работ, требующих специализированных контрольно-измерительных средств и обслуживающего ИТП. Практически реализация ТОУН (технология Т2) во времени может быть совмещена с трудоемкой формой регламентных работ по налету часов. Таким образом дистанционное и задержанное ТО позволит оптимизировать технико-экономические

категории обслуживания БРЭО/ТКО за счет рационального использования ресурсов изделий, ИТП и контрольно-испытательных средств.

Поступила 6.07.2005
После доработки 7.09.2005

УДК 621.39 (045)

І.О.Мачалін, В.І.Луцевіч, І.Є.Терентьева

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АПАРАТУРИ СУЧАСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Вступ

Наземні канали авіаційних спеціалізованих мереж передачі даних (МПД) із все більш зростаючою інтенсивністю застосовуються для передавання різноманітної інформації у рамках постійно розширюваного набору прикладних застосувань. Особливість використання наземних МПД в авіації полягає в тому, що через необхідність додержання суворих заходів безпеки роль стандартизації, регламентації та уніфікації, у т. ч. щодо обладнання передачі даних та правил його використання, має визначальне значення. Тому є доцільним для задоволення потреб у спеціалізованих авіаційних телекомунікаціях будувати уніфіковані однорідні МПД, специфікації котрих детально розроблені, широко апробовані і мають підтримку ведучих міжнародних організацій із стандартизації. Отже, у вищезазначеній сфері слід орієнтуватися на використання мережних технологій каналного рівня, серед котрих найбільш поширеною є технологія Frame Relay (скорочено - FR) [1].

Як показує досвід технічної експлуатації (ТЕ) апаратури FR, у технічній документації, що надається розробниками, практично відсутнє експлуатаційне забезпечення, дозволяюче здійснювати оцінку достовірності контролю параметрів апаратури FR, визначати її основні надійносні характеристики та вартосні параметри ТЕ. Саме тому стаття присвячена розробці математичних моделей процесу ТЕ та дослідження основних параметрів експлуатаційного забезпечення апаратури FR.

Показники ефективності експлуатації апаратури FR

Основні відмінності умов ТЕ обладнання FR в авіаційних мережах полягають в наступному. Відомі моделі ТЕ обладнання авіаційних телекомунікаційних мереж відносяться, як правило, до фізичних рівнів обробки інформації (тобто, до рівня електричних сигналів та фізичних каналів). В структуру потоку проблем, які виникають у роботі такого обладнання, основний вклад вносять збої, помилки та відмови, які породжені не стільки апаратною ненадійністю елементів обладнання, скільки некоректностями в роботі програмного забезпечення.

В сучасних авіаційних МПД процеси контролю працездатності обладнання відбуваються у фоновому режимі. Тому задачі мінімізації експлуатаційних витрат за рахунок мінімізації часу ТЕ, знаходження оптимальних моментів проведення контролю працездатності і т. ін. в значній мірі втратили свою колишню актуальність. На перший план висувається необхідність вирішення задач параметричної оптимізації моделей ТЕ за критеріями максимізації експлуатаційної ймовірності безвідмовної роботи (ЕЙБР) та (або) максимізації інтегрального показника ефективності - коефіцієнта готовності (КГ), а також задачі вибору оптимального порога в прийнятті рішення про працездатність системи при забезпеченні заданих значень умовних ймовірностей "помилкової відмови" (тобто, коли приймається помилкове рішення про наявність відмови) та "невиявленої відмови" (коли до