

## **BLOCKS MAINTENANCE STRATEGY WITH REPAIRS, WHOSE AMOUNT DEPENDS ON THE TIME OF ONSET OF FAILURE**

*associate professor Ph.D. Anton Slavchev Georgiev*  
*Technical University – Varna, [georgiev\\_an@yahoo.com](mailto:georgiev_an@yahoo.com)*

**Abstract:** The article focuses on issues related to maintenance of electronic systems. Developed and proposed a strategy for maintenance. In this strategy, the decision on the type, volume and content of the repairs is based on how far in time is the next maintenance. The paper investigates and analyzes the main characteristics of this strategy. It proposes analytical expressions to evaluate its effectiveness.

**Keywords:** Maintenance activities, Reliability, Maintenance, Operational reliability, After prophylactic failures, maintenance of electronic equipment, methods for raising the reliability.

## **БЛОКОВА СТРАТЕГИЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ С АВАРИЙНИ ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ, ЧИЙТО ОБЕМ ЗАВИСИ ОТ МОМЕНТА НА НАСТЪПВАНЕ НА ОТКАЗА**

*доц. д-р инж. Антон Георгиев*  
*Технически Университет – Варна, [georgiev\\_an@yahoo.com](mailto:georgiev_an@yahoo.com)*

**Абстракт:** Статията е посветена на проблемите, свързани с техническото обслужване на електронни системи. Разработена и предложена е стратегия за техническо обслужване, при която решението за типа, обема и съдържанието на ремонтните дейности се взема на базата на това, колко отдалечена във времето е следващата профилактика. В статията са изследвани и анализирани основните характеристики на такава стратегия и са предложени аналитични изрази за оценка на нейната ефективност.

**Ключови думи:** Надеждност, Техническо обслужване, Експлоатационна надеждност, Профилактика на технически системи, Аварийно възстановяване на технически системи.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

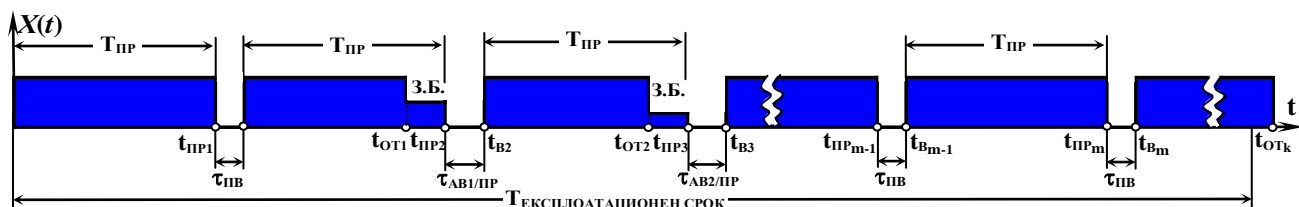
Отказите, причинени от грешки при експлоатацията, и в частност - от неправилно техническо обслужване, съставляват до 35% от общия брой внезапни откази в електронните системи (ЕС) [1, 2]. Тази тревожна констатация налага изследването на причините за влошаването на надеждността по време на експлоатация на електронните изделия и търсене на методи и средства за нейното подобряване.

За поддържането на ЕС в състояние на работоспособност се провеждат множество възстановителни дейности, чийто последователност и обем са от съществено значение за експлоатационната надеждност на ЕС. Възстановителните процедури се включват в състава на аварийните възстановявания дейности и/или на профилактичните мероприятия. Профилактиките на ЕС следват строго определена (от възприетата стратегия за техническо обслужване (СТО)) последователност. За описването на възприетата СТО могат да се използват многократно разклонени алгоритми, специфични за всяка конкретна ЕС. За съжаление, профилактиката е съпроводена с влошаване на коефициента на готовност (поради намаляване на времето за работа на ЕС); сериозни материални разходи (поради използване на висококвалифициран труд, скъпа специализирана измервателна техника [3, 4], специфична екипировка и т.н.); поява на “следпрофилактич-

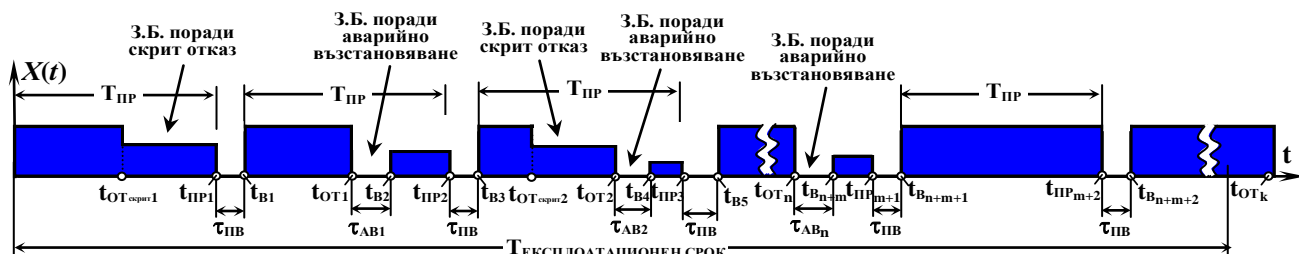
ни” откази и други нежелани ефекти. Това налага оптимизиране на основните характеристики на СТО: организация на профилактичните дейности, сроковете за провеждането им, съдържание и последователност на профилактичните възстановявания, критерии за избор на редуване на аварийните и профилактичните намеси и др. Неоправданото пренебрегване на проблемите, свързани с профилактичните дейности е една от причините за допускането на грешки при техническото обслужване на ЕС, а от там и за влошаването на тяхната експлоатационна надеждност.

Съгласно [5], СТО могат да се класифицират като: Стратегия на аварийно техническо обслужване [5]; Блокова стратегия за техническо обслужване и Строго периодична стратегия за техническо обслужване.

На фигури 1, 2 и 3 са показани времедиаграмите на три от най-подходящите за практиката Блокови СТО: блоковата СТО със зони на бездействие; блоковата СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания и блоковата СТО с възстановявания, чийто обем и продължителност зависят от момента на настъпване на отказа. Времедиаграми на тези СТО са показани съответно на фиг.1, фиг.2 и фиг.3. Освен чрез времедиаграми, СТО могат да бъдат описани и с помощта на диаграми на преходите [5].



фиг. 1 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване със зони на бездействие



фиг. 2 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания



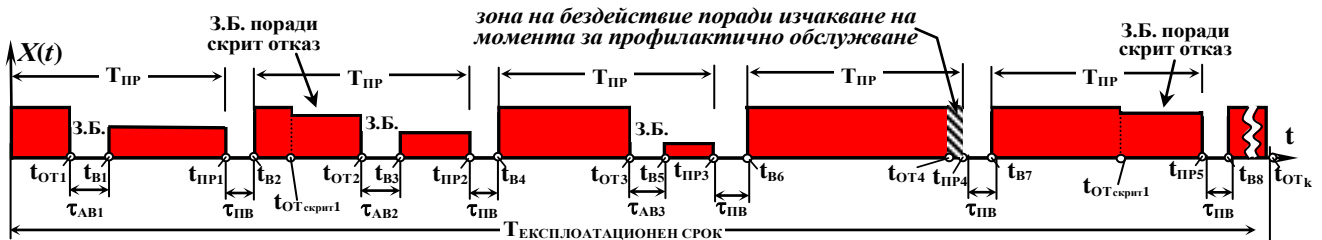
фиг. 3 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване, с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на отказа, без строго спазване на  $T_{PP}$

## БЛОВОВА СТРАТЕГИЯ С ВЪЗСТАНОВЯВАНИЯ, ЧИЙТО ОБЕМ ЗАВИСИ ОТ МОМЕНТА НА НАСТЪПВАНЕ НА ОТКАЗА

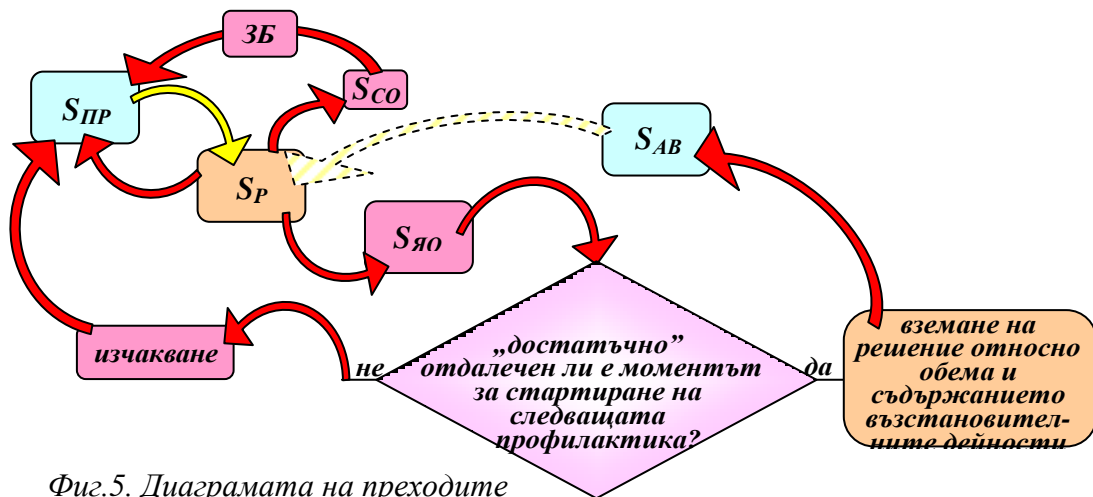
Блокова СТО с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на

отказа, е тази СТО, при която решението за обхвата от възстановителни дейности се определя от това, дали отказът е настъпил „малко” преди момента на започване на поредната профилактика или е „достатъчно” отдалечен от него. Големината на интервала, считан за „достатъчно” отдалечаващ момента на отказа от момента, фиксиран за начало на плановата профилактика, зависи от много фактори (профит, безопасност на обслужващия персонал или на хора, използващи ЕС, достъпност на ЕС за ремонтни дейности и др.) и е индивидуален за всеки конкретен тип ЕС.

Пълната работоспособност на ЕС се възстановява по време на поредната профилактика, когато ЕС се настройва така, че всички нейни параметри да попаднат в допустимите граници. Възможни са различни варианти на тази стратегия, но два от тях биха представлявали по-голям интерес за практиката. При битови апаратури и ЕС, чиято надеждност не е от значение за безопасността на хората, максимален профит се постига, ако профилактичните дейности стартират в момента, в който настъпи явен отказ, а срокът на профилактика е изтекъл (фиг. 3 и фиг. 6). При ЕС, от чиято надеждност зависят здравето и живота на хора, е наложително моментът на стартиране на профилактичните възстановявания да е строго фиксиран от срока на профилактика (профилактичните дейности стартират в момента, в който изтича срока на профилактика (фиг.4)).



фиг. 4 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване, с възстановявания, чийто обем зависи от момента на настъпване на отказа, със строго спазване на  $T_{PP}$



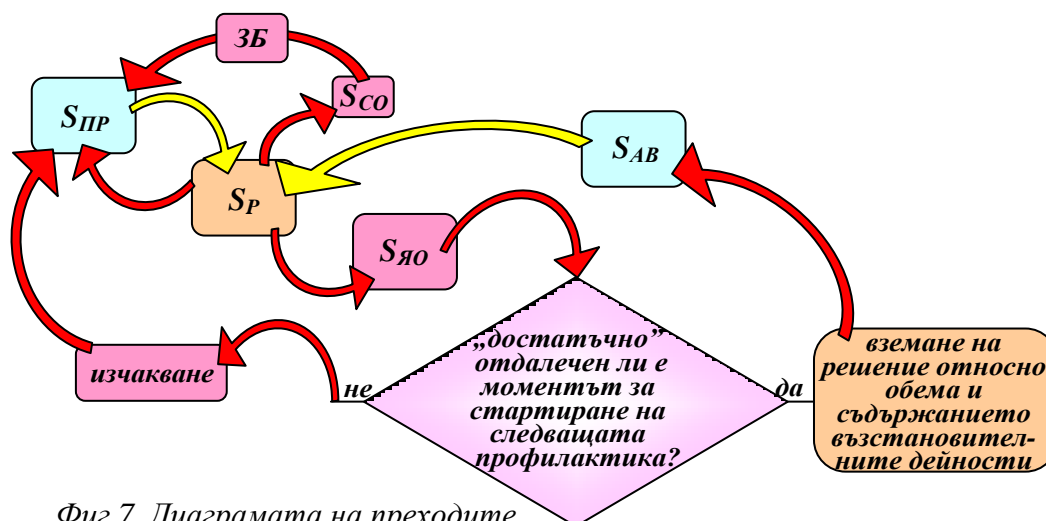
Фиг.5. Диаграмата на преходите

Успешното прилагане на блоковата СТО с възстановявания, чийто обем и момент зависи от момента на настъпване на отказа, е възможно само при наличие на СК, която мигновено да индицира възникналия отказ и да дава пълна информация за неговата локация и характера му. При наличие на ефективна система за непрекъснат контрол на състоянието, относителният дял на скритите откази е малък, а ако все пак, при контролните профилактични измервания, бъдат установени такива, то те биват отстранявани при профилактично-възстановителните процедури. Скритите откази, колкото и малък да е техният брой, са причина за наличието на З.Б., чиято продължителност е случайна величина - от момента на възникването им до извършването на контролните профилактични измерва-

ния. Както се вижда на времедиаграмите от фиг. 3 и фиг. 4, скритите откази в този случай са частични и не влияят съществено върху работоспособността на системата (отказите предизвикващи по-съществено понижаване на работоспособността биват откривани от системата за контрол на състоянието). При установяване на типични, често повтарящи се скрити откази, системата за контрол се „обучава” да ги разпознава и открива или се прилага подходящо резервиране на отказващите елементи/модули [6] и [7]. Диаграма на преходите, описваща случайния процес  $X(t)$ , типичен за тази СТО е илюстрирана на фиг. 5.



фиг. 6 Времедиаграма на блокова стратегия за техническо обслужване зависеща от момента на настъпване на отказа, с пълни аварийни възстановявания, без строго спазване на  $T_{PP}$



Фиг.7. Диаграмата на преходите

Поради ниските разходи за частични (минимални) аварийни възстановявания (фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 5), тази стратегия се характеризира със сравнително висока стойност на профита. Извършването на пълни аварийни възстановявания (фиг. 6 и фиг. 7) при тази блокова стратегия понижава профита [5], както поради по-големите разходи за реализирането на пълни възстановявания в случайни моменти от време (при профилактичните възстановявания, моментите на стартиране са предварително известни, което позволява да се направи както предварителна подготовка на контролно-измервателната апаратура и на необходимите за ремонта оборудване и екипировка, така и да се планират действията на субективния фактор), така и поради повишения размер пропуснати ползи от бездействието на ЕС, свързан по-голямата продължителност на пълните аварийни възстановявания в сравнение с продължителността на профилактичните (също пълни) възстановявания. В някои ситуации обаче, когато осигуряването на експлоатационната надеждност е от значение за безопасността на хората, провеждането на пълни аварийни възстановявания е наложително. Понижаването на профита поради извършването на пълни аварийни възстановявания при тази блокова стратегия все пак може да бъде компенсирано от гъвкавостта на варианта, при който не се спазва точно фиксирания момент за стартиране на поредната профилактика. Освен повишен профит, този вариант (фиг. 6) на СТО се характеризира и с висока стойност на коефициента на готовност. Трябва

да се отбележи обаче, че прилагането на това решение изисква ефективно действаща система за непрекъснат контрол на състоянието на ЕС, която да гарантира не само индицирането на всички откази (количеството скрити откази да се сведе до нула), а и да дава точна и пълна информация за типа, характера и локацията на отказалия елемент/модул, с което да се сведе до минимум средното време за аварийно възстановяване и да се освободи времеви ресурс за провеждане на настройка и регулиране на параметрите на ЕС в допустимите граници (дейности, присъщи на профилактиката). Така, след приключване на пълното аварийно възстановяване, ЕС би била с изцяло възстановена работоспособност, което (при липса на отказ) би ѝ позволило да работи в продължение на време равно на  $T_{ПР}$ .

Случайният процес  $X(t)$ , отразяващ състоянието на ЕС във времето приема шест дискретни стойности: работоспособно състояние  $S_P$ ; състояние на престой, дължащ се на „скрит” отказ  $S_{CO}$ ; състояние на престой, дължащ се на явен отказ  $S_{ЯО}$ , който предстои да бъде незабавно отстранен поради достатъчната отдалеченост на момента на настъпване на отказа от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване; състояние на изчакване (поради престой, дължащ се на явен отказ  $S_{ИЯО}$ , който няма да бъде незабавно отстранен поради недостатъчната отдалеченост на момента на настъпване на отказа от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване – отказ, който ще бъде отстранен по време на профилактичното обслужване); състояние на аварийно възстановяване на работоспособността  $S_{AB}$  и състояние на профилактично възстановяване на работоспособността  $S_{ПР}$ . Съществува и седмо състояние  $S_{БР}$ , при което системата за контрол е в режим на вземане на решение „за” или „против” незабавно стартиране на аварийно възстановяване и решение за обхвата (обема) на аварийно-възстановителните дейности, но при съвременните системи за контрол, времето за пребиваване в това състояние е пренебрежимо малко и на практика може да се приеме за равно на нула (фиг. 5).

Тъй като  $M_{t_{S_{БР}}} = T_{П_{БР}} = 0$ , за описване на математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от шестте възможни състояния ( $S_P$ ,  $S_{CO}$ ,  $S_{ЯО}$ ,  $S_{ИЯО}$ ,  $S_{ПР}$  и  $S_{AB}$ ), приемаме, че: времената от завършване на поредното възстановяване до настъпването на отказ, са разпределени по закона  $R(x)$ ; времената за престой в състояние на скрит отказ, са разпределени по закона  $P(x)$ ; аварийно-възстановителните дейности започват веднага след установяването на явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, поради което средното време за престой, в това състояние, е случайна величина, чиято стойност може да се пренебрегне т.е.  $M_{t_{S_{ЯО}}} = T_{П_{ЯО}} \approx 0$ ; след установяването на явен отказ, „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, аварийно-възстановителни дейности не се провеждат, а ЕС остава в състояние на изчакване на поредната профилактика, или  $M_{t_{S_{ИЯО}}} = T_{П_{ИЯО}} \gg 0$ ; с  $T_{В_{ПР}}$  записваме математическото очакване на

случайната величина време за профилактично възстановяване  $\tau_{ПВ}$ , чиято вероятностна плътност е  $f_{ПВ}(t)$ ; а с  $T_{В_{AB}}$  записваме математическото очакване на случайната величина време за аварийно възстановяване  $\tau_{AB}$ , чиято вероятностна плътност е  $f_{AB}(t)$ , и обикновено  $T_{В_{ПР}} > T_{В_{AB}}$ .

Математическото очакване на времената за пребиваване на ЕС във всяко от шестте състояния, показани на диаграмата на преходите могат да бъдат записани във вида:

$$M_{t_{S_P}} = T_{CP} = \int_0^{\infty} [1 - R(x)] dx,$$

$$\begin{aligned}
 M_{t_{SCO}} &= T_{\Pi_{CO}} = \int_0^{\infty} [1 - P(x)] dx, \\
 M_{t_{SAB}} &= T_{B_{AB}} = \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx, \\
 M_{t_{SIP}} &= T_{B_{IP}} = \int_0^{\infty} x \cdot f_{IP}(x) dx, \\
 M_{t_{SIIJO}} &= T_{\Pi_{IIJO}} \gg 0 \\
 M_{t_{SJO}} &= T_{\Pi_{JO}} \approx 0. \\
 M_{t_{SBP}} &= T_{\Pi_{BP}} = 0.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

За да изразим математическото очакване  $M_{t_{SIIJO}}$  на времената за пребиваване на ЕС в състояние на изчакване, дължащо се на явен отказ, „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване, означаваме с  $W(x)$  закона за разпределяне на тези времена, при което може да се запише, че

$$M_{t_{SIIJO}} = T_{\Pi_{IIJO}} = \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx.
 \tag{2}$$

Подобно на Блоквата СТО със зони на бездействие и Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания, и при стратегията показана на фиг. 4, математическото очакване на времето между две поредни профилактики не зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте описани състояния – стойността му е равна на срока на профилактика  $T_{IP}$ . За разлика от тези три стратегии, при вариантите на стратегията, показани на фиг. 3 и фиг. 6, математическото очакване на времето между две поредни профилактики зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния, и най-вече от стойността на  $M_{t_{Sp}}$ , при което въпреки, че стойността на срока на профилактика  $T_{IP}$  има фиксирана стойност, моментът на стартиране на възстановителните дейности има случаен характер, поради отместването на момента, от който се отчита стойността на  $T_{IP}$ . Това от една страна повишава коефициента на готовност и реализирания профит от експлоатацията на ЕС, но от друга, поради наличието на белези, присъщи на аварийното възстановяване, при профилактиките на тази СТО, стратегията има и някои недостатъци (не добра предварителна подготовка на контролно-измервателната апаратура и на необходимите за ремонта оборудване и екипировка, влошена планоност в действията на субективния фактор и др.), водещи в крайна сметка до повишаване на параметъра на потока на следпрофилактичните откази.

За разлика от първите три варианта на блокова СТО (Блоквата СТО със зони на бездействие, Блокова СТО с минимални аварийни и пълни профилактични възстановявания и стратегията показана на фиг. 4), при вариантите, показани на фиг. 3 и фиг. 6, математическото очакване на продължителността на времеинтервала, заключен между два поредни момента за стартиране на възстановителните дейности, е случайна величина – няма точно фиксирана стойност  $T_{IP}$  и зависи от математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния. С помощта на математическото очакване на времената за пребиваване във всяко от шестте състояния, записваме математическото очакване на продължителността на времеинтервала  $T_{IP}$ , заключен между два поредни момента за стартиране на пълните възстановителни дейности

$$M[T_{IIIP}] = \int_0^{\infty} [1-R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-P(x)] dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{IIIP}(x) dx + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + 0. \quad (3)$$

Ако ремонтните дейности не започват веднага след проявяването на явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващата профилактика (малко вероятно но все пак възможна ситуация, която не е препоръчителна за тази СТО), то стойностите на случайната величина „време за престой след проявил се явен отказ” могат да бъдат представени чрез тяхното математическо очакване (различно от 0), като се използва законът им на разпределение. Ако отбележим този закон като  $Q(x)$ , то математическото очакване на времето за престой след проявил се явен отказ, „достатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващата профилактика, ще бъде

$$M_{t_{ЯО}} = T_{IIЯО} = \int_0^{\infty} [1-Q(x)] dx \neq 0, \quad (4)$$

а в този случай, математическото очакване на продължителността на времеинтервала  $T_{IIIP}$ , заключен между два поредни момента за стартиране на пълни възстановителни дейности ще бъде

$$M[T_{IIIP}] = \int_0^{\infty} [1-R(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-P(x)] dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{AB}(x) dx + \int_0^{\infty} x \cdot f_{IIIP}(x) dx + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} [1-Q(x)] dx \quad (5)$$

Коефициентът на готовност  $K_{\Gamma}$ , за тази Блокова СТО, е

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_{IIСO} + T_{IIЯO} + T_{IIIP} + T_{B_{AB}}} \left[ 1 + \frac{\left( T_{IIСO} + T_{IIЯO} + T_{IIIP} + T_{B_{AB}} \right) e^{\frac{\left( T_{CP} + T_{IIСO} + T_{IIЯO} + T_{IIIP} + T_{B_{AB}} \right)}{T_{CP} \left( T_{IIСO} + T_{IIЯO} + T_{IIIP} + T_{B_{AB}} \right)}}}{T_{CP}} \right] =$$

$$= \frac{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} \cdot$$

$$\left[ 1 + \frac{\left( \int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt \right) e^{\frac{\left( \int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt \right) t}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt \left( \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-Q(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt \right)}}}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt} \right], \quad (6)$$

но тъй като  $M_{t_{ЯО}} = T_{IIЯО} \approx 0$ , а при за  $t \rightarrow \infty$ , изразът в средните скоби е приблизително равна на единица (стационарен режим), за  $K_{\Gamma}$  и  $K_{II}$  може да се запише:

$$K_{\Gamma} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1-R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1-W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IIIP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}, \quad (7)$$

$$K_{II} \approx \frac{T_{II_{CO}} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}}{T_{CP} + T_{II_{CO}} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} = \frac{\int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - P(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} \quad (8)$$

Както беше отбелязано, прилагането на този вариант на Блокова СТО изисква ЕС да разполага с вградена, ефективно работеща система за непрекъснат контрол. Наличието на такава система прави малко вероятно съществуването на скрити откази, при което математическото очакване на времето за пребиваване на ЕС в състояние на скрит отказ  $T_{II_{CO}} \rightarrow 0$ . Ако все пак част от отказите не биват откривани от системата за контрол, то това са частични откази, които не влияят съществено на работоспособността на ЕС. Това дава основание изразите за  $K_{I}$  и  $K_{II}$  да бъдат опростени до вида:

$$K_{I} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} \quad (9)$$

$$K_{II} \approx \frac{\int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt}{\int_0^{\infty} [1 - R(t)] dt + \int_0^{\infty} [1 - W(x)] dx + \int_0^{\infty} t \cdot f_{IP}(t) dt + \int_0^{\infty} t \cdot f_{AB}(t) dt} \quad (10)$$

За изразяване на  $K_{P_{III}}$ , характеризиращ тази Блокова СТО, използваме означенията:  $K_{S_p}$  - относителен дял на времето, в което ЕС е в работоспособно състояние;  $K_{S_{CO}}$  - относителен дял на времето, в което ЕС пребивава в състояние на скрит отказ ( $K_{S_{CO}} \approx 0$ );  $K_{S_{ЯО}}$  - относителен дял на времето, в което тя пребивава в състояние на явен отказ ( $K_{S_{ЯО}} \approx 0$ );  $K_{S_{II_{ЯО}}}$  - относителен дял на времето, в което тя пребивава в състояние на изчакване, поради настъпил явен отказ „недостатъчно отдалечен” от момента на стартиране на следващото профилактично възстановяване;  $K_{S_{IP}}$  - относителен дял на времето, в състояние на профилактично възстановяване и  $K_{S_{AB}}$  - относителен дял на времето, в състояние на аварийно възстановяване. При което, за стационарен режим  $K_{S_p} = K_{I}$  (29), а останалите три по-значими величини могат да бъдат записани във вид:

$$K_{S_{AB}} = \frac{T_{B_{AB}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} \quad (11)$$

$$K_{S_{IP}} = \frac{T_{B_{IP}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} \quad (12)$$

$$K_{S_{II_{ЯО}}} = \frac{T_{II_{ЯО}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} \quad (13)$$

С помощта на последните четири израза (10), (11), (12) и (13), за коефициента на разходите и пропуснатите ползи, може да се запише израза

$$K_{P_{III}} = \frac{\frac{C_{S_{II_{ЯО}}} \cdot T_{II_{ЯО}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} + \frac{C_{S_{AB}} \cdot T_{B_{AB}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}} + \frac{C_{S_{IP}} \cdot T_{B_{IP}}}{T_{CP} + T_{II_{ЯО}} + T_{B_{IP}} + T_{B_{AB}}}}{1 - K_{II}}$$

или



$$K_{PIII} = \frac{C_{S_{IIYO}} \cdot T_{PIYO} + C_{S_{AB}} \cdot T_{BAB} + C_{S_{IP}} \cdot T_{BIP}}{T_{CP}}, \quad (14)$$

където:  $C_{S_{IIYO}}$  са загубите (пропуснати ползи от неексплоатацията на ЕС) за единица време от престоя на ЕС в състояние на изчакване (фиг. 5 и фиг. 7), а  $C_{S_{IP}}$  и  $C_{S_{AB}}$  са сумарни величини, отчитащи като загубите за единица време от престоя на ЕС, така и разходите, направени за нейния ремонт ( $C_{S_{AB}}$ ) или за профилактиката ѝ ( $C_{S_{IP}}$ ).

Математическото очакване на относителния профит  $P$  от експлоатацията на ЕС, отчетен за единица време, може да се определи чрез израза

$$P = K_{S_P} (K - K_{PIII}) = K_{\Gamma} \left[ K - \frac{C_{S_{IIYO}} \cdot T_{PIYO} + C_{S_{AB}} \cdot T_{BAB} + C_{S_{IP}} \cdot T_{BIP}}{T_{CP}} \right], \quad (15)$$

И в този случай неравенството  $K < K_{PIII}$ , равенството  $K = K_{PIII}$  и малката стойност на разликата  $K - K_{PIII}$  са индикатор за неефективно избрана или лошо прилагана СТО.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията се анализира възможността за прилагане на нова стратегия за техническо обслужване, при която обемът и съдържанието на възстановителните дейности зависи от момента на настъпване на отказа. Изследвани и анализирани са особеностите на тази стратегия. Формулирани са нейните основни характеристики. Разкрити са достоинства и недостатъците ѝ. Очертани са областите на нейното приложение. Изведени са изрази, оценяващи ползата от прилагането ѝ в практиката.

## REFERENCES

- [1]. Георгиев А. С., Н. Г. Георгиева, Х. Гигов, Т. Папанчев, Г. Тодоринов и А. Карачумаков. НПЗ/2011 „Изследване на възможностите за подобряване надеждността на електронни изделия”, с ръководител доц. д-р. инж. Георгиев А.С, Научноизследователски проект, финансиран целево от държавния бюджет – 2011 г.
- [2]. Георгиев А. С. и Т. Папанчев, Научноизследователски проект №ПДЗ. „Изследване на надеждността на електронни изделия”, с ръководител доц. д-р. инж. Георгиев А.С, проект, финансиран целево от МОМН.
- [3]. Тошков А. З. Оптоелектроника и оптични комуникации, „Форос солна офсет” Бургас ISBN 954-9370-22-4, Бургаски свободен университет, 2005 г., 304 стр.
- [4]. Македонски Д. В., А. З. Тошков, Измерване в електрониката и електротехниката, „Форос солна офсет” Бургас ISBN-957-9370-09-7, Бургаски свободен университет, 2004г., 255 стр.
- [5]. Георгиев А. С. Стратегии за техническо обслужване на електронните системи. Електронно списание „Компютърни науки и комуникации” ISSN: 1314-7846 брой 1, 12.2012 г. стр. 58-66.
- [6]. Georgiev A. Sl. 'Facts that Influence on the Optimal Number of the Reserve Modules in the Electronic Equipment'. *International Scientific Journal "Acta Universitatis Pontica Euxinus"* published by aegis of Tehnical University of Varna – Bulgaria and Ovidius University of Constanta – Romania, ISSN 1312-1669, Volume 1, Number 1, 2002 pp. 103-107. [http://www.univ-ovidius.ro/imim/Acta\\_Pontica\\_Euxinus\\_Vol\\_1\\_No1.pdf](http://www.univ-ovidius.ro/imim/Acta_Pontica_Euxinus_Vol_1_No1.pdf)
- [7]. Георгиев А.С., Н. Г. Георгиева., Д. М. Ковачев и А. З. Тошков. 'Оптимизиране на резервирането в електронните системи'. Национална конференция с международно участие "Електроника ' 2002", София, 17-18.10.2002. Сборник с доклади - стр. 247-252.