

Икономизация на надеждността на техническите системи

Николай Петров

Abstract: *There is represented topical problem of economization of the technical systems' reliability (on the background of the world economic crisis) in this paper. This problem determines necessity of introduction of the concept, technical-economic system" and definition of its reliability.*

We realize technical-economic system as probability category, connected with accidental economic processes accomplishing at world economy, market and society, as a function of the time and condition of using technical systems. The condition is characterized by their ability to implement the functions and preserve the value of their reliability's and risks indexes at the time [3].

Key words: *economization of the reliability; technical-economic system*

Увод: Да се икономизира съответната *техничко-икономическа система* (ТИС), означава тя да се остойности, т.е. по определен начин да и се препише някаква цена.

Следователно, необходимо е да се използва следното определение от монографията на най-известния специалист по надеждност на Балканския полуостров – проф. д.т.н. Евгений Гиндев [1]:

„Икономизацията на надеждността е стойностно оценяване на свойството “надеждност”, във всичките му компоненти – както цената на надеждността, потенциално заложена и реално постигната в конкретната ТИС, така и цената на надеждността като резултативно качество, проявяващо се при експлоатацията на въпросната система”.

Постановка на проблема и целта: Финансовите разходи по осигуряване на надеждността, зависят от цената на отказа и от важността на безотказната работа на ТИС. Ако например отказът, може да доведе до унищожаване на материални ценности или до смърт на хора, то средствата за увеличаване на надеждността не трябва да се пестят [2].

Пълните разходи S за изработване на едно изделие от ТИС, съдържат следните съставни показатели: разходи за проектиране и производство C_n^0 и разходи по експлоатация C_e^0 . Те се определят от:

$$S = C_n^0 + C_e^0,$$

(1)

Първата съставка на (1) предлага еднократните капиталовложения, докато втората изразява текущите разходи (фиг. 1).

Общият вид на функцията $S(t)$ най-добре се описва от експоненциалния икономически модел, при който разходите в произволен момент се увеличават пропорционално на собствените им стойности, съгласно формулата [1]:

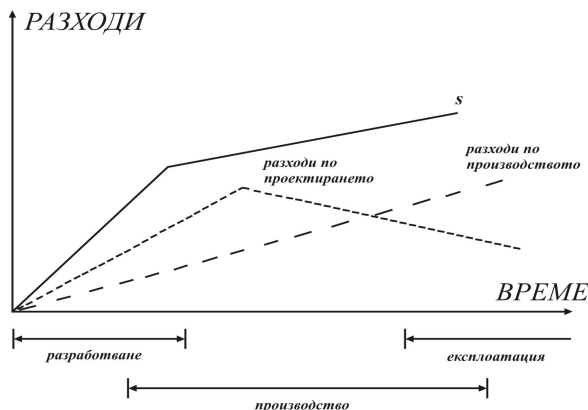
$$\frac{dS(t)}{dt} = \chi S(t), \quad S(t) = S_0 e^{\chi t}, \quad (2)$$

където $S_0 = S(0)$ са наличните капиталовложения, χ е коефициент на пропорционалност, който се пресмята по формулата за сложните проценти:

$$S_i = S_0 (1 + \xi_n)^i. \quad (3)$$

Тук S_i са общите разходи, приведени към края на i -та година, а ξ_n е нормативен икономически коефициент за привеждане, определящ се по израза:

$$\xi_n = (S_i - S_{i-1}) / S_{i-1}. \quad (4)$$



Фиг. 1. Функция на разходите по обслужване на ТИС от текущото време [1]

При доопитни (априорни) пресмятания се използва следната стойност за $\xi_n = 0,12$. От това следва:

$$S_0(1 - \xi_n)^i = S_0 e^{\chi T(i)}, \quad (5)$$

където $T(i)$ е общото работно време за i години в часове (например непрекъснатото работно време за 1 година, т.е. при $i=1$ следва $T(1)=8760$ h).

От формула (5), след логаритмуване на двете страни се получава:

$$\chi = \frac{1}{T(i)} \ln(1 + \xi_n). \quad (6)$$

В уравнението (5) се извършват следните числови полагания $\xi_n = 0,2$ и $\chi = 13 \cdot 10^{-6} 1/h$, от което следва

$$S(t) = S_0 e^{13 \cdot 10^{-6} t}. \quad (7)$$

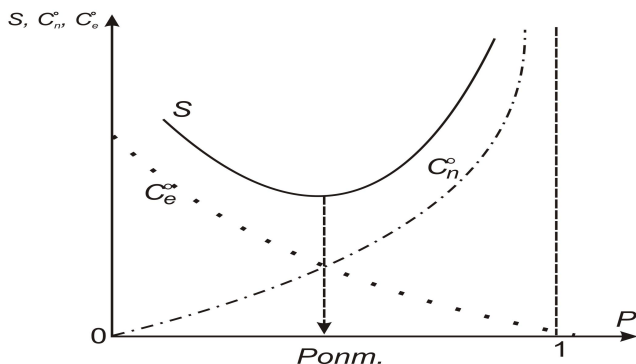
Формулата се отнася за произволен момент от едногодишният интервал. В зависимост от надеждността P на обекта (ТИС), общите разходи за неговото проектиране и експлоатация S , както и двете съставки C_n^0 и C_e^0 от (1) имат различно поведение, показано на фиг. 2.

С увеличаването на надеждността P на обекта, нараства съставката C_n^0 , защото възникват допълнителни разходи по осигуряване на по-висока надеждност. Втората съставка C_e^0 , с увеличаването на надеждността P на обекта се изменя към намаляване, тъй като експлоатацията и ремонтът на надеждното изделие изисква по-малко разходи.

Следователно, общите разходи като функция на надеждността $S(P)$ имат минимум, който е еквивалентен на оптималната надеждност.

От така направения обзор при поставяне на научния проблем, следва определението за целта на икономизацията на надеждността [3]:

„Целта на икономизацията на надеждността е постигането на оптималната и стойност, т.е. на компромис между разходите за извършване на техническо обслужване и поддържане на допустимата надеждност“.



Фиг. 2. Зависимост на надеждността P на обекта (ТИС) от общите разходи за неговото проектиране и експлоатация S , както и двете съставки C_n^0 и C_e^0

От така поставената по-горе научна цел в доклада, следва следната:
Надеждностна аксиома: „Този, който поръчва или купува даден технически обект или обслужва съответна ТИС, трябва да бъде наясно дали може или иска да плати цената на нужната му надеждност”.

Дейности по осигуряването на надеждността:

1. Дейности по проектирането, изработването и изпитването на опитния образец на обекта от ТИС и съответните разходи:

- определяне на теоретичната (прогнозната) надеждност;
- надеждностни изследвания на аналогични изделия;
- надеждностни изследвания на градивните елементи;
- закупуване на ФЕ, материали и окомплектовка;
- повторни функционални изпитвания;
- разходи за анализ на отказите;
- отстраняване на последици от отказите;
- изследователските изпитвания на ФЕ от обекта;
- контролни изпитвания на опитния образец;
- преработващи дейности свързани с контролни изпитвания;
- входящ, пооперационен и изходящ контрол;
- цена на запасни части, инструменти и принадлежности (ЗИП);
- надеждностна стандартизация;
- надеждностно съпровождане на изделия от редовно производство;
- система за събиране на данни за експлоатационна надеждност;
- проектиране на контролни и диагностични устройства;
- дейности и изпълнение на толерансен (допусков) анализ и контрол;
- написване на методики за надеждностно обучение и контрол;
- анализ на възможността за резервиране на рискови обекти от ТИС.

2. Дейности по внедряване и производство, свързани с осигуряване на надеждността:

- създаване на инструментална екипировка;
- входящ, операционен и изходящ контрол;
- оборудване на работните места с цел надеждностно осигуряване;
- провеждане на контролни изпитвания на надеждност;
- коригиращи дейности, свързани с контролни изпитвания;

- разходи за функционални изпитвания;
- съхраняване и проверка на ФЕ от обекти на ТИС;
- разходи за анализ на откази и рискови ситуации;
- параметрично надеждностно съпровождане;
- замяна на ФЕ при гаранционно поддържане.

3. Образуване на единична цена на изделието:

- цена на материали със специално предназначение;
- цена на ЗИП;
- основна заплата на персонала, осигуряващ надеждността;
- допълнителна заплата за квалификация по надеждност;
- цена на резервни ФЕ;
- цена от изпитвания по надеждност.

Анализ на надеждностно-икономически параметри [3]:

В табл. 1 са показани данни за това как нараства средното време за безотказна работа T_0 на проектиран и произведен технически обект в зависимост от средствата заделени за осигуряване на надеждността (част от общите средства за производство или обслужване на ТИС). Препоръчаната долна граница за надеждностни разходи, при каквато и да е производство или дейност по обслужването е, е $0,08.C_n^0$.

Таблица 1

Данни за T_0 , според разходите за надеждност

Разходи за надеждността, част от разходите за производство C_n^0 [%]	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,30	0,50
Средно време за безотказна работа T_0 в условни единици	1	5	7	10	12	16	20

Някои изделия със специално предназначение имат интересна особеност – разходите по поддържането и експлоатацията надхвърлят десетки пъти цената на закупуване. Една такава илюстрация е показана в следващата табл. 2.

Таблица 2

Данни за разходите по поддържане и експлоатация на изделия

Икономически показатели	Тип на апаратурата		
	РЛС	Комуникационна	Навигационна
Цена на апаратурата (усл. един.)	100	1,5	1,2
Цена на годишната ТЕ (усл. един.)	60	17,5	7,33
Отношение на годишната експлоатационна цена към покупната цена	0,6	12	6

Основната икономическа идея на експлоатацията е разходите по поддържането C_p^0 на бъдат минимални за времето на средния експлоатационен срок

Структурата на C_p^0 е:

- разходи за работна заплата на обслужващия персонал;
- разходи за осигуряване на условията за работа на изделието и обслужващия персонал;
- разходи за транспортиране и съхранение;
- административни разходи;
- разходи за извършване на регламентни и профилактични дейности;
- разходи за ремонт;
- цена на отказа (пропуснати ползи или нанесени вреди).

Тази част от разходите, която се дължи на цената на ремонта и цената на отказа, дефинира *преките загуби от надеждността на изделието*. Смята се, че приемливото равнище на тези загуби е до 10 % от покупната цена на изделието на ТИС.

За времето на средния ресурс T_{cp} на експлоатация на обектите на ТИС, при експоненциална хипотеза, средния брой откази n_{cp} на възстановим технически обект е $n_{cp} = \lambda T_{cp}$, но за произволен период T във времето на средния ресурс, следва:

$$P(T) = e^{-\lambda T}, \quad (8)$$

$$\ln P(T) = -\lambda T, \quad (9)$$

$$\lambda = -\frac{1}{T} \ln P(T), \quad (10)$$

от което следва:

$$n_{cp} = -\frac{T_{cp}}{T} \ln P(T). \quad (11)$$

Ако цената на един ремонт е C_p , то средната цена $\bar{C}(T_p)$ на всички ремонти за времето на средния ресурс T_p е

$$\bar{C}(T_p) = -C_p \frac{T_{cp}}{T} \ln P(T). \quad (12)$$

Като се включи в (12) и цената на единичния отказ $C_{омк}$ (при положение, че отказът не завършва с унищожаването на техническия обект), то следва окончателната формула за средната цена на всички възстановявания (обслужване и ремонти) на ТИС:

$$\bar{C}(T_p) = -\left[C_p + C_{омк}\right] \frac{T_{cp}}{T} \ln P(T). \quad (13)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на решаването на поставения проблем, синтезирането на надеждностна аксиома и извършения анализ следват изводите:

1. Остойността на отказа на обекта на ТИС е свързано с един от най-важните проблеми на приложната надеждност – нормирането (задаването) на надеждностните показатели.

2. Да се нормира надеждностен показател, значи да му се присвои обосновано някаква числена стойност. Терминът „обосновано“ се разбира в смисъл „целесъобразно“. С други думи, показателят трябва да бъде оптимален.

3. За техническите обекти на ТИС, за които ползата им от безотказна работа и загубите от отказите могат непосредствено да се оценят в пари, се предпочита използване само на показателите C_n^0 и C_e^0 , без да оценяват приходите и разходите от безотказното функциониране или от отказите (виж табл. 1).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гиндев Е. Увод в теорията и практиката на надеждността. Част 2. Осигуряващи процедури в надеждността. София, Акад. изд. "Марин Дринов", 2002.
- [2] Нанева А. и др. Надеждност на икономическите системи. Русе, 2005.
- [3] Петров Н. Изследване на операциите при осигуряване на надеждността на технико-икономически системи. Бургас, ЕЦНОК-Бургас, 2009.

Докладът е рецензиран.