

УДК 681.3(07)

**І.В. Толок,**  
кандидат педагогічних наук

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОПОВНЕННЯ РЕСУРСУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ВІДНОВЛЮЮТЬСЯ

*У статті розглядається аналіз особливостей визначення ресурсу складних технічних об'єктів, що відновлюються. Визначено необхідність знання функції параметру потоку відмов як основної характеристики, що дозволяє визначити та побудувати стратегію поповнення ресурсу.*

*Показано, що для адекватної оцінки ресурсу складних об'єктів, що відновлюються, необхідне апріорне визначення функції параметра потоку відмов як для об'єкта, так і його складових. Оскільки ця функція для реального об'єкта практично ніколи не відома, єдиним виходом вважається визначення її шляхом моделювання.*

**Ключові слова:** визначення ресурсу, складні технічні об'єкти, параметр потоку відмов.

*В статье рассматривается анализ особенностей определения ресурса сложных технических восстанавливаемых объектов. Определена необходимость знания функции параметра потока отказов как основной характеристики, что позволяет определить и построить стратегию пополнения ресурса.*

*Показано, что для адекватной оценки ресурса сложных возобновляемых объектов необходимо априорное определение функции параметра потока отказов, как для объекта, так и его составляющих. Поскольку эта функция для реального объекта практически никогда не известна, единственным выходом считается определение ее путем моделирования.*

**Ключевые слова:** определение ресурса, сложные технические объекты, параметр потока отказов.

*An analysis of the characteristics of the resource definition of complex technical objects is carried out. The necessity of knowledge of function parameter of the flow of failures as the main features that allow you to define and build the strategy of replenishment of the resource is define.*

*It is shown that for the adequate estimation of the resource of proceeded complicate objects it is determined the function of parameter of stream of refuses both for an object and his constituents. As this function for the real object practically is never known, the unique exit determination is considered by her way of design.*

**Keywords:** resource definition, complex technical objects, parameter of stream of refusals.

**Вступ та постановка задачі.**

Об'єктом цієї статті є технічні складні об'єкти, що відновлюються і призначені для тривалого багаторазового використання. Наприклад, транспортні засоби, системи зв'язку, станції радіолокацій, комплекси автоматизованих систем управління тощо. До складу таких об'єктів входять десятки і сотні тисяч різноманітних комплектуючих складових (елементів) – механічні, електромеханічні, гідравлічні, радіоелектронні та інші вироби і елементи.

Однією з найважливіших характеристик об'єктів тривалого багаторазового використання разом із технічними характеристиками є величина технічного ресурсу. Технічний ресурс (далі – ресурс) – це сумарне напрацювання об'єкта від початку його експлуатації або його відновлення після ремонту до переходу в граничний стан [1]. Під граничним станом (далі – ГС) розуміється такий стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація недопустима або недоцільна. Звісно, що застосування об'єкта за призначенням допускається тільки в межах встановлених норм вичерпання ресурсу, після чого мають бути виконані заходи з поповнення ресурсу, інакше експлуатація об'єкта має бути припинена.

**Основні результати дослідження**

В основі поняття ГС повинен лежати якийсь із показників надійності. Крім того, визначення поняття ГС враховує вартісні витрати на подальшу експлуатацію об'єкта, однак воно буде похідним до визначення, обґрунтованого властивістю безвідмовності об'єкта.

Для технічних об'єктів, що відновлюються, найбільш інформативним показником безвідмовності є параметр потоку відмов [2]. При цьому важливо знати не просто точкову оцінку показника, а потрібна прогнозна оцінка динаміки на весь період експлуатації об'єкта, тобто необхідне знання параметра потоку відмов як функції сумарного напрацювання об'єкта. Функцію параметра потоку відмов позначимо  $\Omega(t)$ .

Для об'єктів, що не відновлюються, вичерпною характеристикою безвідмовності є функція інтенсивності відмов  $\lambda(t)$ , яку прийнято представляти у вигляді так званої U-подібної кривої, на якій виділяються три періоди експлуатації: приробки, нормальної експлуатації і старіння.

У загальному випадку такі ж три періоди характерні і для функції параметра потоку відмов  $\Omega(t)$  (рис. 1).

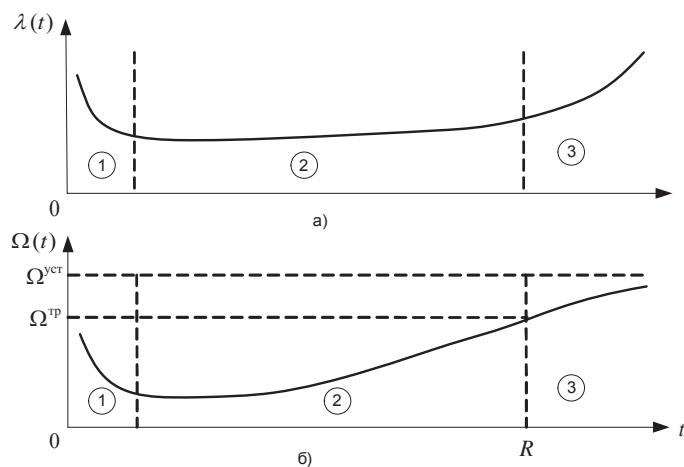


Рис. 1. Типові вигляди функцій  $\Omega(t)$  і  $\lambda(t)$  (1 – період приробки; 2 – період нормальної експлуатації; 3 – період старіння)

Відмінність функції  $\Omega(t)$  від  $\lambda(t)$  полягає в тому, що функція  $\Omega(t)$  має максимальне значення  $\Omega^{уст}$ , яке досягається при настанні режиму відмова-відновлення об'єкта, що встановився ( $\Omega^{уст} = \lim_{t \rightarrow \infty} \Omega(t)$ ). Функція  $\lambda(t)$  не має максимуму ( $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) = \infty$ ).

Для об'єкта, що відновлюється, ознакою закінчення періоду нормальної експлуатації (і настання ГС) є досягнення функції  $\Omega(t)$  деякого неприпустимого значення. Є два підходи до визначення критерію настання ГС для об'єктів, що відновлюються.

1. Коли критерій настання ГС задається нерівністю:

$$\Omega(t) > \Omega^{tp}, \quad (1)$$

де  $\Omega^{tp}$  – необхідне (допустиме) значення параметра потоку відмов;  
 $t$  – сумарна наробка.

Як ресурс об'єкта  $R$  приймається найменше значення  $t$  з умови (1).

2. Коли вимога задається не до “миттєвого значення” показника безвідмовності  $\Omega(t)$ , а до середнього значення  $\bar{\Omega}$ , що визначається на зазначеному періоді експлуатації  $T_3$ . У цьому випадку критерій ПС визначається виразом:

$$\bar{\Omega} > \bar{\Omega}^{tp}, \quad (2)$$

де  $\bar{\Omega}^{tp}$  – необхідне середнє значення параметра потоку відмов;

$\bar{\Omega}$  – середнє значення параметру потоку відмов на інтервалі експлуатації  $T_3$ , що визначається відповідно до виразу:

$$\bar{\Omega} = \bar{\Omega}(T_3) = \frac{1}{T_3} \int_0^{T_3} \Omega(t) dt. \quad (3)$$

Відмінність цих підходів тільки відносна, оскільки оцінка  $\bar{\Omega}$  так само залежить від сумарної наробки впродовж періоду експлуатації  $T_3$ . У дійсності тривалість експлуатації  $T_3$  – це теж “ресурсна” характеристика, яку бажано заздалегідь визначати (розраховувати) для конкретного типу об'єктів тривалого багаторазового призначення.

Припущення, що “миттєва оцінка”  $\Omega(t)$  – відома, так само певне допущення, оскільки вона завжди ґрунтується на апріорній статистиці [3]. Для подальшого аналізу введемо умовні поняття об'єктів “високої” та “низької” надійності.

Відмінність функції  $\Omega(t)$  для об'єктів “високої” та “низької” надійності полягає в тому, що для об'єктів “високої” надійності режим процесу відмов-відновлень, що встановився, настає значно повільніше, ніж для об'єктів “низької” надійності. Крім того, значення, що встановилося  $\Omega_h^{уст}$  для об'єктів “низької” надійності, завжди більше, ніж для об'єктів “високої” надійності. На рис. 2 наведені характерні графіки функції  $\Omega(t)$  для цих двох груп.

Видно, що ресурс об'єкта визначається, в першу чергу, реальним рівнем його безвідмовності ( $R_b \gg R_n$ ). Узгодження вимог до безвідмовності  $\Omega_n^{TP}$  і  $\Omega_b^{TP}$  вибір критерію (1) чи (2) не суттєво впливає на величину ресурса об'єкта порівняно з впливом його реального рівня безвідмовності. Для об'єкта "високої" надійності величина ресурса більш суттєво залежить від визначеної вимоги  $\Omega^{TP}$ .

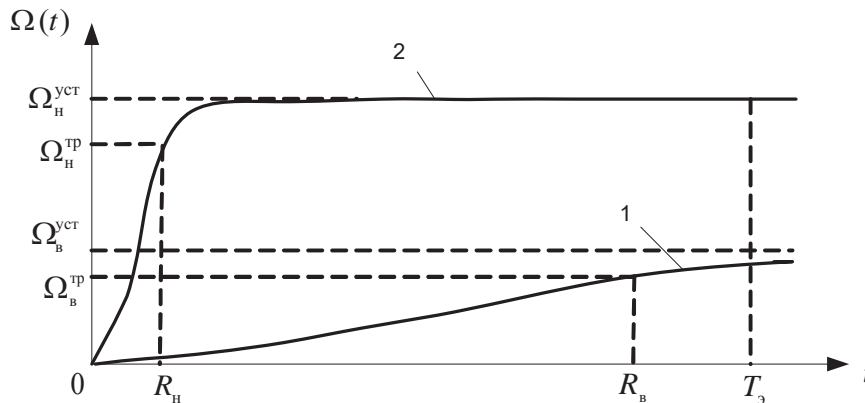


Рис. 2. Характерний вигляд функції  $\Omega(t)$  для об'єктів "високої" (1) та "низької" (2) надійності

На рис. 3 наведена залежність ресурсу об'єкта від заданої вимоги  $\Omega^{TP}$ . При наближенні значення  $\Omega^{уст}$  до значення, що характерне для режиму, що установився до процесу відмов-відновлень, відбувається стрибкоподібне зростання величини ресурсу.

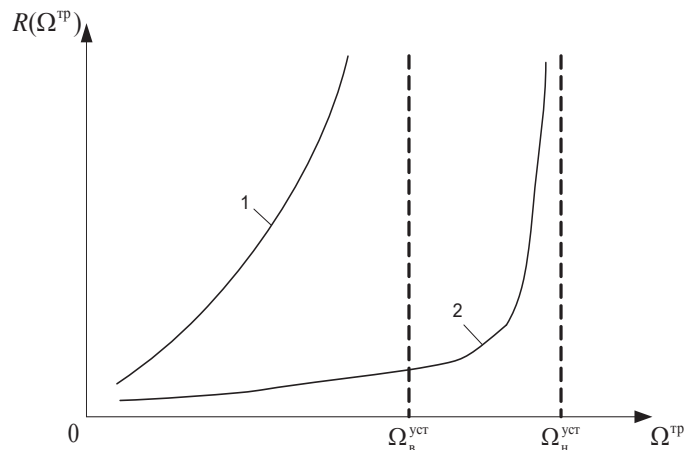


Рис. 3. Залежність ресурсу об'єкта від заданої вимоги  $\Omega^{TP}$  (1 – об'єкти "високої надійності", 2 – об'єкти "низької надійності")

Для об'єкта тривалого багаторазового призначення передбачено в процесі експлуатації поповнення ресурсу за рахунок планових ремонтів (далі – ПР).

Вигляд функції  $\Omega(t)$  в разі проведення ПР показано на рис. 4.

Для об'єктів "низької" надійності ПР проводиться з фіксованою періодичністю, це зручно в організаційному плані, при цьому може бути порушення умови

(1) на частини міжремонтних інтервалів експлуатації. Через це при визначенні ресурса для об'єктів “низької” надійності у тому числі і міжремонтного ресурсу доцільно використати критерій (2).

Для об'єктів “високої” надійності природнішим є використання критерію (1). При  $\Omega^{np} > \Omega(T_3)$  звичайно виникає необхідність проведення ПР. На рис. 4 наведено випадок, коли на об'єкті за весь час експлуатації проводиться тільки один ПР.

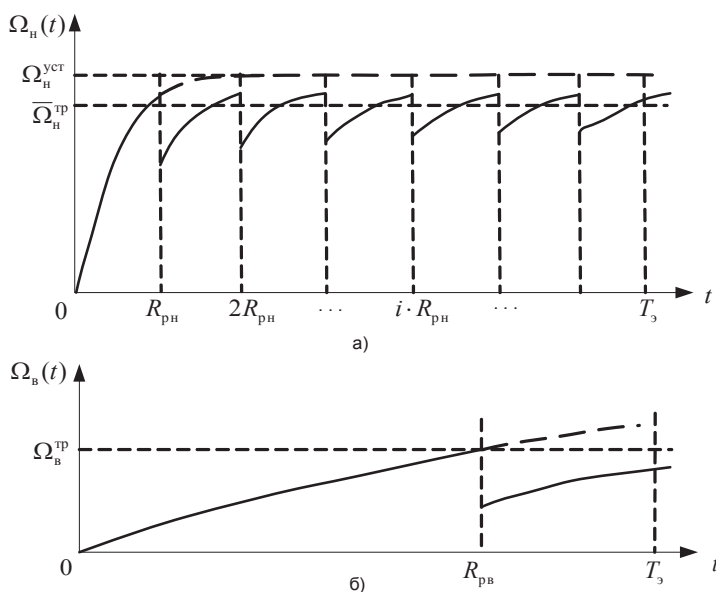


Рис. 4. Вигляд функції на випадок проведення планових ремонтів  $\Omega(t)$  (а – об'єкти “низької надійності”, б – об'єкти “високої надійності”)

### Висновки

У статті на основі аналізу об'єктів “високої” і “низької” надійності розглянуті крайні випадки, які дають уявлення про нестохастичні закономірності визначення ресурсу відновлюваних об'єктів тривалого багаторазового призначення.

Для адекватної оцінки ресурсу складних об'єктів, що відновлюються, необхідне апріорне визначення функції параметра потоку відмов  $\Omega(t)$  як для об'єкта, так і його складових. Оскільки функція  $\Omega(t)$  для реального об'єкта практично ніколи не відома, єдиним виходом вважається визначення її шляхом моделювання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://dnaop.com/html/2273/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_2860-94](http://dnaop.com/html/2273/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_2860-94)
2. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т.5. Проектный анализ надежности. – М. : Машиностроение, 1988. – 316 с.
3. Толлок І.В. Удосконалення процесу технічного обслуговування складних відновлюваних об'єктів авто- та бронетехніки за допомогою імітаційної статистичної моделі / І.В. Толлок // Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – 4(47). – С. 90–95.

Отримано 13.02.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н.