

# АНАЛИЗ НА ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТТА НА СИСТЕМИТЕ НА ГАЗОТУРБИНЕН ДВИГАТЕЛ

Владимир Сергеев Сербезов, ТУ – София

In this work an attempt is made to define the sequence of making a failure analysis of an aircraft gas turbine engine and its systems. The failure analysis is required by JAR-E. A brief overview of the JAR-E 'fail safe' requirements is made. The analysis sequence is represented in the form of block diagrams. The author is planning to continue this work with a further development of the failure analysis procedures.

Изискванията за безопасност и надеждност на авиационната техника налагат използването на все по-сложни системи на борда на летателните апарати. От своя страна сложността и комплексността на системите на съвременните газотурбинни двигатели (ГТД) прави невъзможно предвиждането на всички техни възможни състояния и влиянието им върху безопасността на полета. Това налага разработването и прилагането на сложни процедури за доказване на нивата на безопасност и надеждност при сертифициране на системите в съответствие с нормите за летателна годност на авиационната техника (НЛГ).

В страните от европейския регион се прилагат нормите за летателна годност Joint Aviation Requirements (JAR). За авиационните двигатели това са НЛГ JAR-E. Надеждността на ГТД и системите му според JAR-E се гарантира чрез:

- Доказване на съответствие с определени правила на проектиране и производство
- Анализ на възможните неизправности и последствията от тях
- Провеждане на изпитания

Високите разходи на труд, време и средства при провеждане на изпитания прави желателно по-широкото прилагане на методите за анализ на възможните неизправности и последствията от тях при доказване на съответствието с НЛГ. В настоящата работа е направен опит за описване на последователността за извършване на тези анализи.

## НОРМИРАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА СПОРЕД НОРМИТЕ JAR-E

Нивата на безопасност на които трябва да отговарят двигателя и системите му в JAR-E се нормират според последствията, които би имал даденият отказ върху цялостната безопасност на полета. Според това отказите могат да водят до:

### 1. Опасни последствия –

–**Изхвърляне на отломки с висока енергия то двигателя.** Изхвърлянето на отломки с висока кинетична енергия извън гондолата на двигателя може да се получи при разрушаване на бързо-въртящ се ротор на двигателя. То може да бъде предизвикано от превишаване на максимално-допустимата честота на въртене или температура на газовете пред турбината, засмукване на чужди предмети и др. Отломките от двигателя могат да нанесат значителни повреди на летателния апарат и системите му.

–**Значителна теглителна сила в посока обратна на желаната от пилота.** Под значителна теглителна сила в посока обратна на желаната от пилота се разбира както случайно включване на реверса на двигателя по време на полет, така и излизането на двигателя на максимален режим при подаване на команда от пилота за включване на реверса при спиране. И двата случая биха довели до възникване на аварийна ситуация.

–**Пълна невъзможност за изключване на двигателя.** Пълната невъзможност за изключване на двигателя, независимо от командите на пилота може да доведе до пожар, разрушаване на двигателя и други опасни последствия.

Вероятността за възникване на такива последствия в следствие на отказ в двигателя и системите му трябва да е по-малка от  $10^{-7}$

2. Незначителни последствия –

– **Частична или пълна загуба на мощност от един двигател.** Частичната или пълна (спиране) загуба на мощност от един двигател, на многодвигателен транспортен самолет би довела до усложняване на условията на полета и аварийно кацане, но има голяма вероятност да бъде парирана от пилота.

Вероятността за възникване на такива последствия в следствие на отказ в двигателя и системите му трябва да е по-малка от  $10^{-3}$

3. Значителни последствия –

– Значителните последствия попадат между тези описани в т.1 и т.2

Вероятността за възникване на такива последствия в следствие на отказ в двигателя и системите му трябва да е по-малка от  $10^{-5}$

### НЕОБХОДИМА ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА АНАЛИЗ НА ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТТА

За извършване на анализ на отказобезопасността на дадена система се изисква:

– Определяне на пълния диапазон на очакваните условия на експлоатация. Трябва да бъде известен пълния диапазон от очаквани условия на експлоатация (температура и налягане на околния въздух, влажност и запрашеност и др.) с цел определяне на влиянието им върху работата на двигателя.

– Валидирани модели на анализирани обекти за целия диапазон на очакваните условия на експлоатация. За да може да бъде извършено аналитично изследване на отказобезопасността на даден обект трябва да разполагаме с математически модел на този обект, за който да е доказано че дава вярни резултати.

– Или/и статистически и опитни данни от експлоатацията на системи с подобна конструкция, предназначение и условия на работа. Тези данни допълват и в някои случаи могат да заместват гореописаните модели на елементите.

Възможно е прилагането на метода на експертната оценка за елементи, чиито отказ би имал незначителни последствия за безопасността на полета.

При липса на част от изискваната информация, тя трябва да бъде получена по експериментален път

По-долу са представени разработените блок-схеми, показващи последователността на провеждане на анализа на отказите на ГТД и системите му. Тези блок схеми дават общата последователност за провеждане на анализ на отказобезопасността, при което би било постигнато достатъчно пълно обхващане на възможните откази на двигателя. Под “ИЗПИТАНИЯ” в тях се разбират необходимите стендови, полетни и др. Испитания, както и изследвания на характеристиките на използваните материали и др., необходими за определяне и потвърждаване на характеристиките на изследваните обекти. По-подробното разглеждане на конкретните етапи на този анализ ще е обект на по-нататъшни изследвания на автора.

Схема 1. Обща последователност при анализ на отказобезопасността на система за управление на газотурбинен двигател

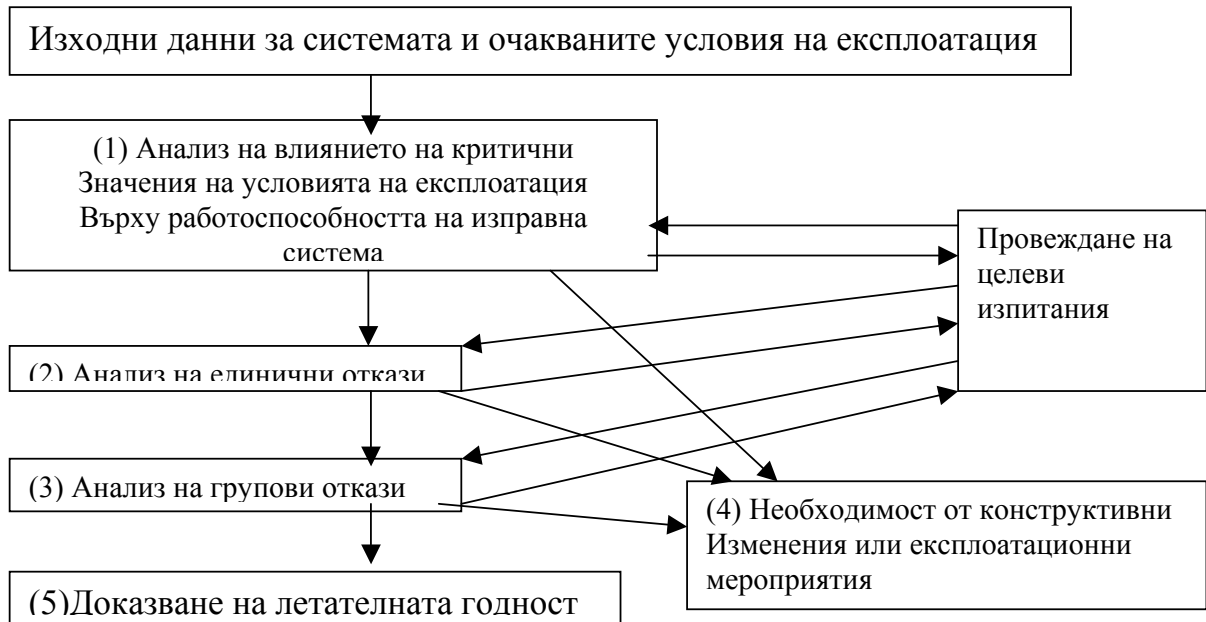


Схема 2. Анализ на влиянието на критичните значения на условията на експлоатация върху работоспособността на изправна система



Схема 3. Анализ на единични откази

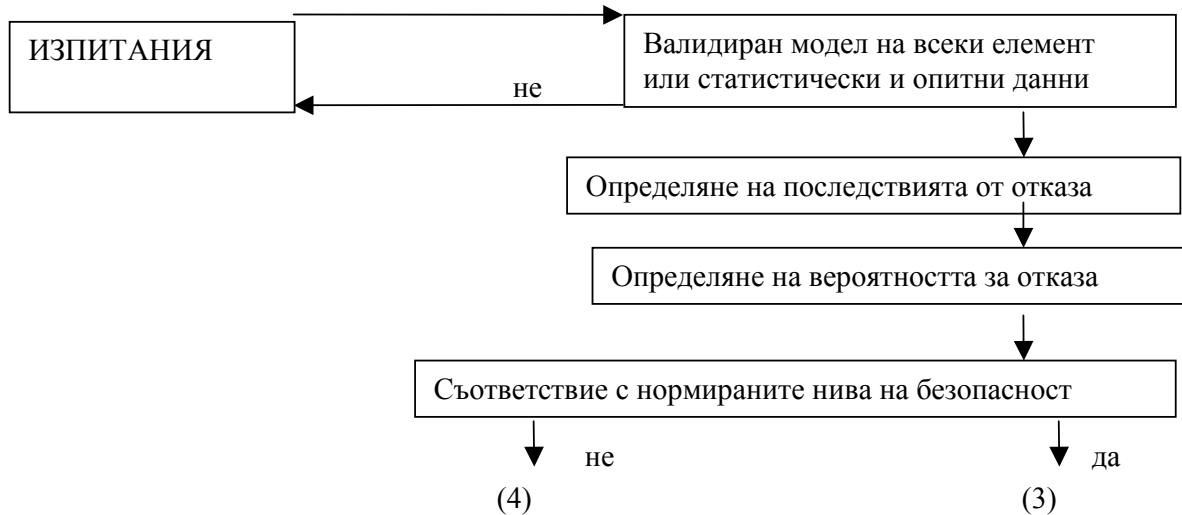


Схема 4. Анализ на групови откази



Използвана литература:

- 1.JAR-E Engines, Amendment 11, 1 November 2001;
- 2.JAR-1 Definitions and Abbreviations, Change 5, 15 July 1996.