

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА  
НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
**Азатов М.А. Email: Azadov1135@scientifictext.ru**

*Азатов Махмуджан Азатович – старший преподаватель,  
кафедра технической эксплуатации воздушных судов и оборудования,  
факультет машиностроительных технологий,  
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, г. Ташкент, Республика  
Узбекистан*

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы влияния параметров законов распределения времени работы до отказа на надежность элементов технических систем. На основе анализа влияния изменения значения каждого параметра закона распределения на показатель надежности, определены степени влияния их на надежность элементов системы. Приведены диапазоны изменения основных параметров законов распределения, таких как экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла, нормальное распределение. Результаты анализа могут быть использованы в процессе решения задач по повышению надежности и созданию высоконадежных технических систем.

**Ключевые слова:** надежность, закон распределения, интенсивность отказов, параметр формы, параметр масштаба, вероятность безотказной работы, математическое ожидание, техническая система.

**THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF DISTRIBUTION  
LAWS FOR DEPENDABILITY OF TECHNICAL SYSTEM ELEMENTS**  
**Azadov M.A.**

*Azadov Makhmudjan Azadovich – Senior Lecturer,  
DEPARTMENT OF TECHNICAL OPERATION OF AIRCRAFT AND EQUIPMENT, FACULTY OF ENGINEERING  
TECHNOLOGIES,  
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV, TASHKENT, REPUBLIC OF  
UZBEKISTAN*

**Abstract:** the article examines the questions of parameters of distribution laws of working time as far as it will go for dependability of technical system elements. On the basis of the analysis of influence of each distribution law parameters for the significance of dependability indicator the influence degrees of them for dependability of system elements are determined. The ranges of variation of the basic parameters of the distribution laws, such as exponential distribution, Weibull distribution, normal distribution. The results of the analysis can be used in the process of task solution on the increase of dependability and creation of highly-dependable technical systems.

**Keywords:** reliability, distribution law, failure rate, form parameter, scale parameter, probability of failure-free operation, expected value, technical system.

УДК 629.07

Как известно, технические системы состоять из нескольких элементов, а время работы до отказов элементов подчиняются определенным законам распределения. В теории надежности используются различные законы распределения времени работы элементов до отказа. Каждый закон распределения аппроксимирует время безотказной работы определенного типа элементов технических систем. В настоящее время для описания отказов элементов различных технических систем применяются следующие законы распределения [1, 2]:

- экспоненциальное распределение (условное обозначение – EXP);
- распределение Вейбулла (W);
- нормальное распределение (N);
- распределение Релея (R);
- Гамма-распределение (Г);
- усеченное нормальное распределение (TN).

У каждого закона распределения имеются определенные параметры, характеризующие данное распределение:

- EXP( $\lambda$ ) -  $\lambda$  - интенсивность отказов;
- W( $\alpha, \beta$ ) -  $\alpha$  - параметр формы,  $\beta$  - параметр масштаба;
- N( $m, \sigma$ ) -  $m$  - математическое ожидание,  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение;
- R( $\lambda$ ) -  $\lambda$  - интенсивность отказов;
- Г( $\alpha, \beta$ ) -  $\alpha$  - параметр формы,  $\beta$  - параметр масштаба;

-  $TN(m, \sigma)$  -  $m$ - математическое ожидание,  $\sigma$ - среднее квадратическое отклонение.

Изменение значения каждого параметра закона распределения по-разному влияет на показатели надежности элементов системы. Рассмотрим влияния изменения значения параметров экспоненциального распределения, распределения Вейбулла и нормального распределения на надежность элементов технических систем. В качестве показателя надежности был выбран –  $P(t)$  - вероятность безотказной работы элемента. Для расчетов были использованы формулы соответствующих законов распределения [3]. Расчеты были выполнены в среде Microsoft Excel.

Получены следующие результаты:

1. Экспоненциальное распределение. Диапазон изменения времени работы элемента  $t$  от 0 до 1000 часов. Диапазон изменения значения параметра  $\lambda =$  от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $5 \cdot 10^{-3}$  1/час.

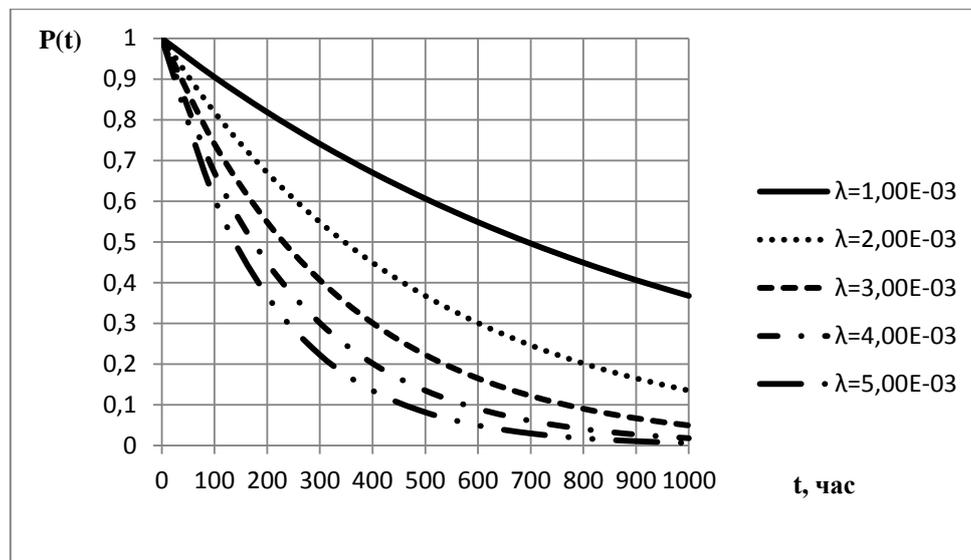


Рис. 1. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  при изменении  $\lambda$  для экспоненциального распределения

2. Распределение Вейбулла. Здесь были рассмотрены два варианта: 2.1.  $\alpha = \text{const.}$ ,  $\beta = \text{var}$ ; 2.2.  $\alpha = \text{var}$ ,  $\beta = \text{const.}$

2.1. Диапазон изменения времени работы элемента  $t$  от 0 до 1000 часов. Диапазон изменения значения параметров:  $\alpha = \text{const.} = 1$ ,  $\beta =$  от 500 до 1700 час.

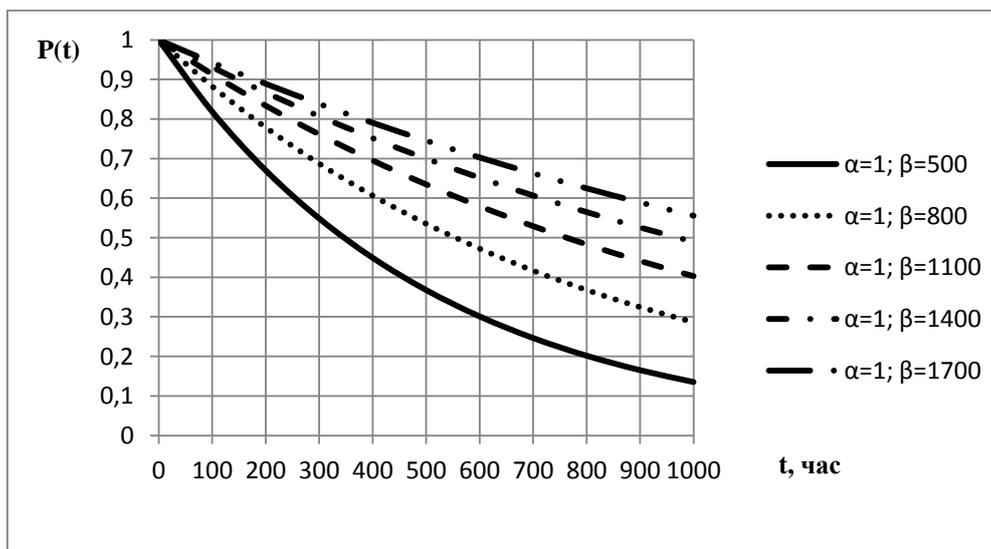


Рис. 2.1. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  при изменении  $\beta$  (при  $\alpha = \text{const.}$ ) для распределения Вейбулла

2.2. Диапазон изменения времени работы элемента  $t$  от 0 до 1000 часов. Диапазон изменения значения параметров:  $\alpha = \text{const.} = 1$ ,  $\beta =$  от 500 до 1700 час.

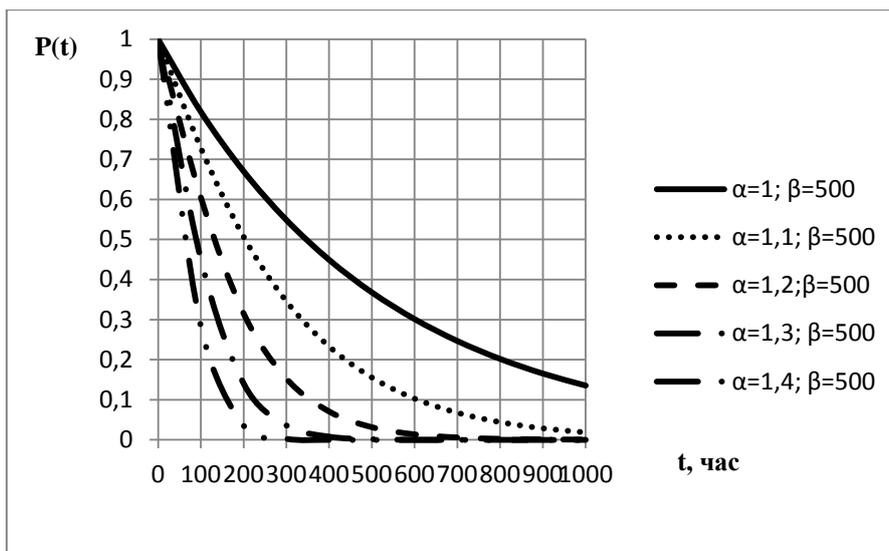


Рис. 2.2. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  при изменении  $\alpha$  (при  $\beta = \text{const.}$ ) для распределения Вейбулла

3. Нормальное распределение. Здесь были рассмотрены два варианта: 3.1.  $m = \text{const.}$ ,  $\sigma = \text{var}$ ; 3.2.  $m = \text{var}$ ,  $\sigma = \text{const.}$

3.1. Диапазон изменения времени работы элемента  $t$  от 0 до 1000 часов. Диапазон изменения значения параметров:  $m = \text{const.} = 1200$  час.,  $\sigma =$  от 400 до 800 час.

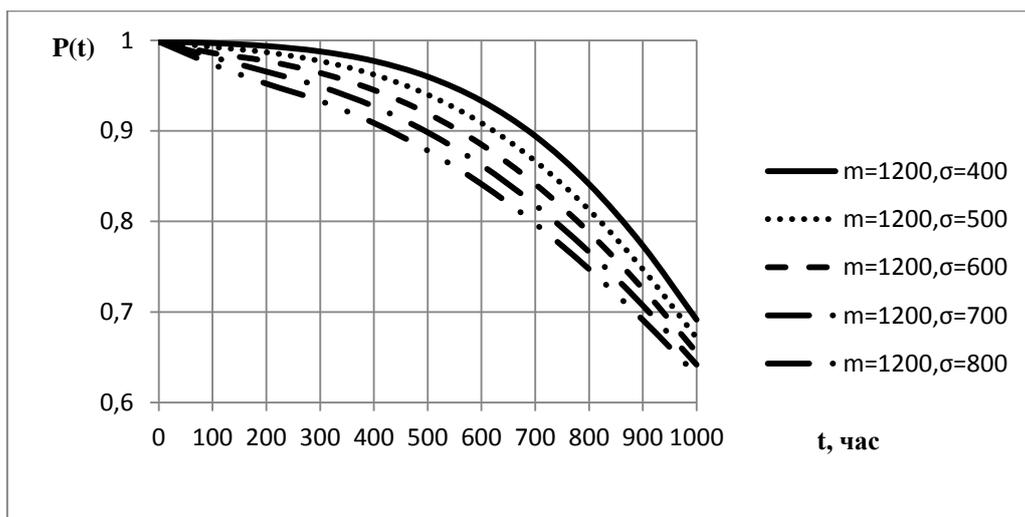


Рис. 3.1. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  при изменении  $\sigma$  (при  $m = \text{const.}$ ) для нормального распределения

3.2. Диапазон изменения времени работы элемента  $t$  от 0 до 1000 часов. Диапазон изменения значения параметров:  $m =$  от 1200 до 1600 час.,  $\sigma = \text{const.} = 400$  час.

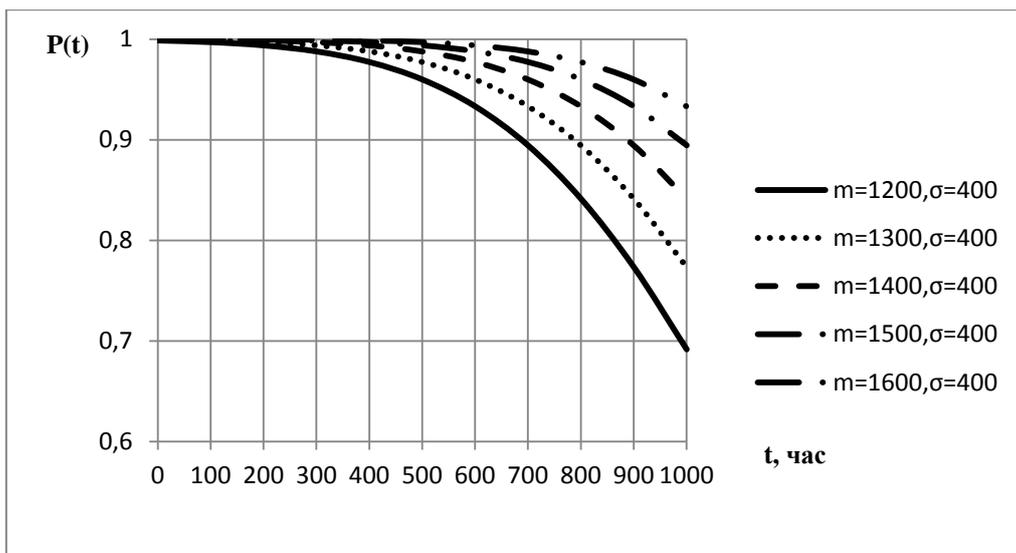


Рис. 3.2. Вероятность безотказной работы  $P(t)$  при изменении  $m$  (при  $\sigma = \text{const.}$ ) для нормального распределения

В результате анализа полученных данных были сделаны следующие выводы:

1. Экспоненциальное распределение: с увеличением значения  $\lambda$ - интенсивности отказов, надежность элемента снижается.

2. Распределение Вейбулла:

2.1. при  $\alpha = \text{const.}$  и с увеличением значения  $\beta$ - параметра масштаба, надежность элемента повышается;

2.2. при  $\beta = \text{const.}$  и с увеличением значения  $\alpha$  - параметра формы, надежность элемента снижается.

3. Нормальное распределение:

3.1. при  $m = \text{const.}$  и с увеличением значения  $\sigma$  - среднего квадратического отклонения, надежность элемента снижается;

3.2. при  $\sigma = \text{const.}$  и с увеличением значения  $m$  - математического ожидания, надежность элемента повышается.

Полученные результаты могут быть использованы при решении задач, связанных с повышением надежности и созданием высоконадежных элементов различных технических систем.

#### Список литературы / References

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. М.: МГТУ, 2002. 560 с.
3. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 506 с.