

# Дисциплина

## «Эксплуатация и ремонт вооружения, военной и специальной техники»



Кафедра Космических войск  
ВУЦ при МАИ





## **Тема 1**

«Содержание технической эксплуатации и  
войскового ремонта вооружения, военной и  
специальной техники»

### **Групповое занятие 3**

«Единичные показатели надежности  
вооружения, военной и специальной техники»



## Цели занятия:

1. Изучить показатели надёжности ВВСТ как числовые характеристики свойств надёжности.
2. Рассмотреть единичные показатели свойств, составляющие свойство надёжности.



## Учебные вопросы:

1. Понятие о показателях надежности вооружения, военной и специальной техники.
2. Единичные показатели надежности вооружения, военной и специальной техники.



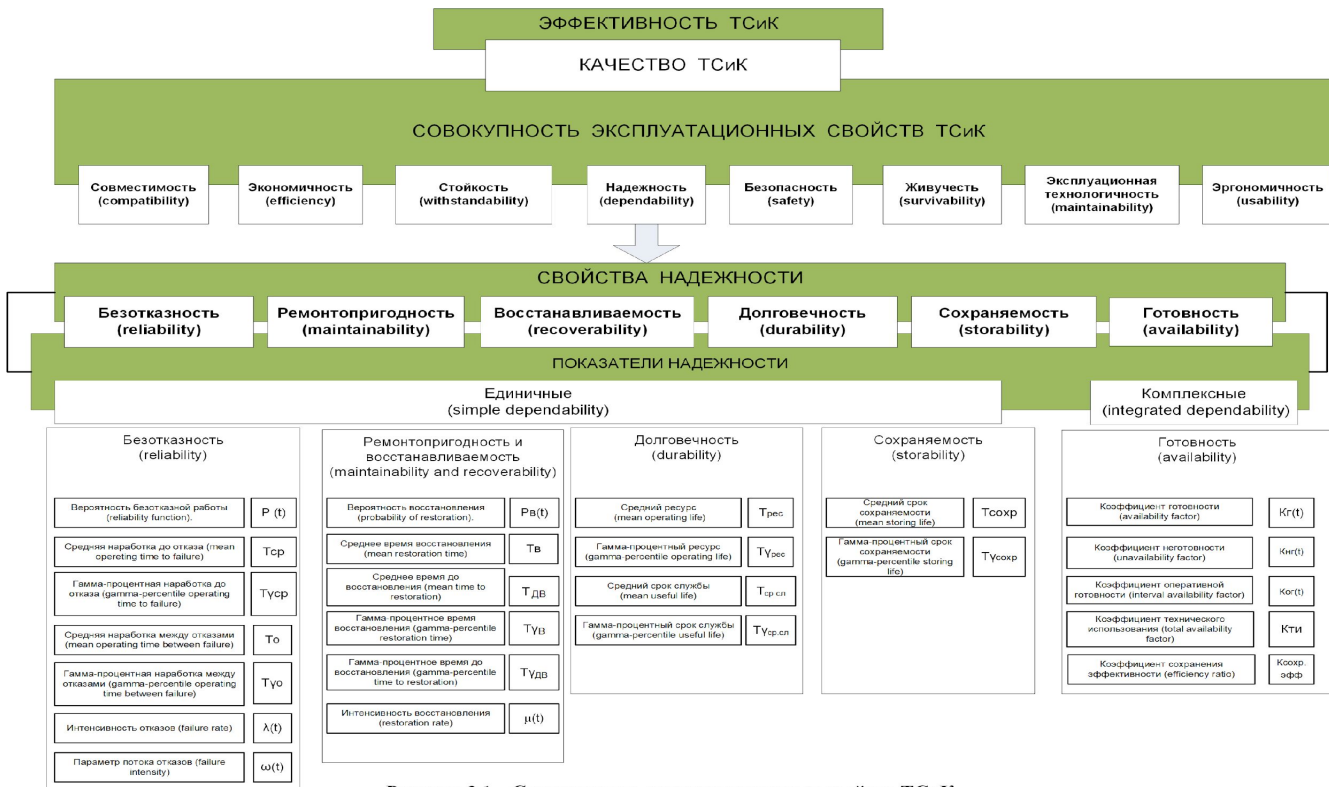
## Литература:

1. **Коробовский, А. В.** Содержание технической эксплуатации систем и комплексов. – Москва : Издательство «Ким Л.А.», 2020. – 96 с. – Текст непосредственный.



## Учебный вопрос 1

**Понятие о показателях надежности  
вооружения, военной  
и специальной техники**



**Рисунок 3.1 – Совокупность эксплуатационных свойств ТСиК**



Количественно надёжность объектов оценивается с помощью **показателей надёжности**.

***Показатель надёжности*** – количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надёжность объекта.

Показатель может быть **единичным**, если он характеризует **одно из свойств, составляющих надёжность** объекта, или **комплексным**, если он совместно характеризует **два или более** свойств, составляющих надёжность объекта.





Показатели надёжности введены согласно правилам *статистической теории надёжности*, одной из важнейших задач которой является разработка методов их расчета. Область применения этой теории ограничена крупносерийными объектами, которые изготавливаются и эксплуатируются в статистически однородных условиях и к совокупности которых применимо статистическое истолкование вероятности (пример – массовые изделия машиностроения, электротехнической и радиоэлектронной промышленности и т.п.).



Применение статистической теории надёжности к уникальным и малосерийным объектам ограничено. Эта теория применима для единичных ремонтпригодных (восстанавливаемых) объектов, в которых в соответствии с нормативно – технической документацией допускаются многократные отказы, для описания последовательности которых применима модель потока случайных событий. Теория применима также к уникальным и малосерийным объектам, которые в свою очередь состоят из изделий массового производства. В этом случае расчёт показателей надёжности объекта в целом проводится методами статистической теории надёжности по известным показателям надёжности компонентов и элементов. Методы статистической теории надёжности позволяют установить также требования к надёжности компонентов на основании требований к надёжности объекта в целом.



## Учебный вопрос 2

**Единичные показатели надежности  
вооружения, военной  
и специальной техники**



## Единичные показатели безотказности

**Безотказность (reliability)** - Свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения (ГОСТ 27.002–2015).

### Временные понятия, относящиеся к свойству **БЕЗОТКАЗНОСТЬ**:

**1. Нарботка** - продолжительность или объем работы объекта.

Нарботка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километрах пробега и т.п.), так и дискретной величиной (число рабочих циклов, запусков и т.п.)

**2. Нарботка до отказа** - наработка объекта от начала его эксплуатации или от момента его восстановления до отказа. *Частным случаем* наработки до отказа является *наработка до первого отказа* — наработка объекта от начала его эксплуатации до первого отказа.

**3. Нарботка между отказами** - наработка объекта между двумя следующими друг за другом отказами. Нарботка между отказами есть *частный случай наработки до отказа*, применимый только к *восстанавливаемым* объектам.



## ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ

**Вероятность безотказной работы (reliability function)  $P(t)$**  - вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет.

**Средняя наработка до отказа (mean operating time to failure)  $T_{cp}$**  - математическое ожидание наработки объекта до отказа.

**Гамма-процентная наработка до отказа (gamma-percentile operating time to failure)  $T_{\gamma cp}$**  - наработка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

**Средняя наработка между отказами (mean operating time between failures)  $T_0$**  - математическое ожидание наработки объекта между отказами.

**Гамма-процентная наработка между отказами (gamma-percentile operating time between failure)  $T_{\gamma 0}$**  – наработка между отказами, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

**Интенсивность отказов (failure rate)  $\lambda(t)$**  - условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

**Параметр потока отказов (failure intensity)  $\omega(t)$**  - предел отношения вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта за достаточно малый интервал времени к длительности этого интервала, стремящейся к нулю.



## ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ

*Вероятность безотказной работы  $P(t)$*  – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет (ГОСТ 27.002–2015).

Пусть  $t$  – время жизни объекта (наработка до отказа) – непрерывная случайная величина. Случайная величина имеет закон распределения. Одной из характеристик закона распределения является **функция распределения**. Обозначим функцию распределения величины  $t$  через  $Q(t)$ , тогда  $Q(t)$ :

$$Q(t) = \text{Вер}(t \leq t_{\text{зад}})$$

и представляет собой *вероятность отказа* объекта.



ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА ОБЪЕКТА  $Q(T)$  - ВЕРОЯТНОСТЬ ТОГО,  
ЧТО ВРЕМЯ ЖИЗНИ ОБЪЕКТА  $T$  НЕ ПРЕВЫСИТ ЗАДАННОЙ  
НАРАБОТКИ  $T_{ЗАД}$ .

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА:

$$\hat{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}$$

ГДЕ  $N(t)$  – ЧИСЛО ОБЪЕКТОВ, ОТКАЗАВШИХ НА  
ОТРЕЗКЕ ОТ 0 ДО  $T$ ;



Плотность распределения наработки до отказа:

$$q(t) = \frac{dQ(t)}{dt}.$$

Статистическое значение плотности распределения:

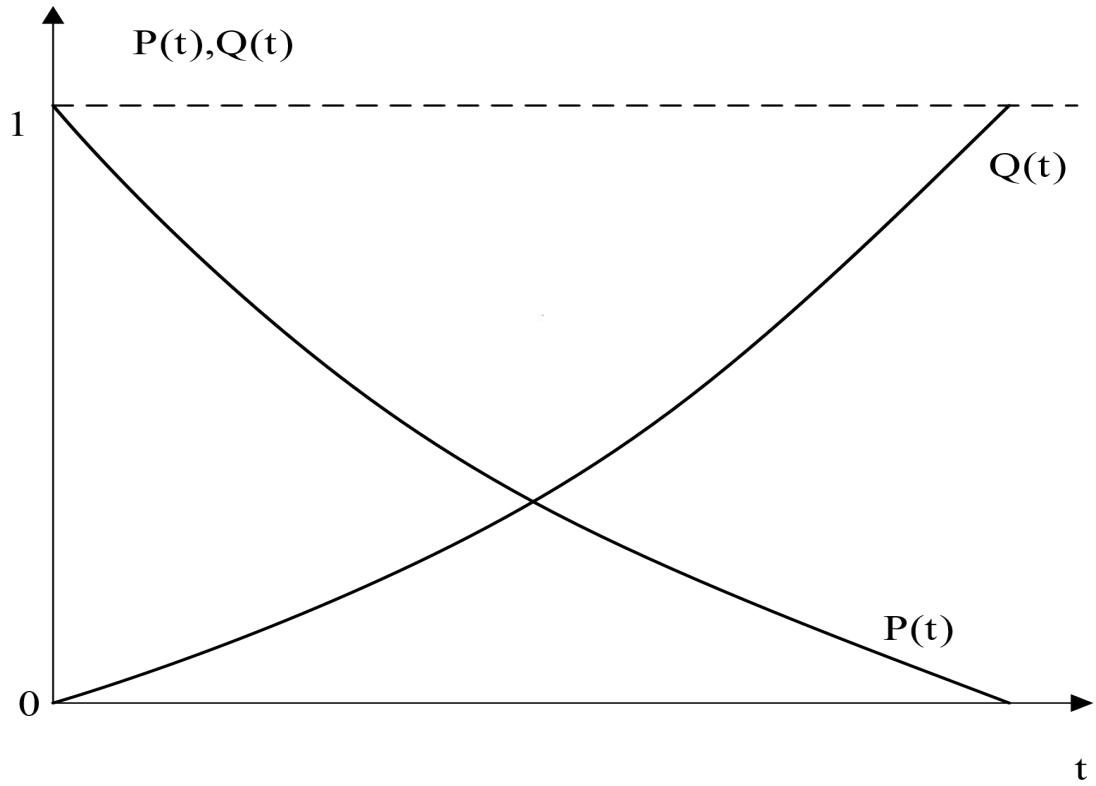
$$\hat{q}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{n(t, t + \Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}.$$

На практике широко используется *функция надёжности* объекта

$$P(t) = \text{Вер}(t > t_{\text{зад}}) = 1 - Q(t),$$

которая и представляет собой **вероятность безотказной работы объекта.**







**Практически** вероятность безотказной работы определяется **статистическим путем** по информации об отказах за интересующий промежуток времени по формуле:

$$\hat{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

где  $N_0$  – число объектов, работоспособных к началу заданного промежутка времени ( $t=0$ );

$n(t)$  – число объектов, отказавших к концу заданного интервала времени.



## СРЕДНЯЯ НАРАБОТКА ДО ОТКАЗА

*Средняя наработка до отказа*  $T_{cp}$  - математическое ожидание наработки объекта до отказа (ГОСТ 27.002–2015).

По определению математического ожидания:

$$T_{cp} = M\{t\} = \int_0^{\infty} t \cdot q(t) dt$$

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dQ(t)}{dt} dt = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t)$$

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt$$



## Гамма – процентная наработка до отказа

*Гамма – процентная наработка до отказа  $T_{\gamma \text{ ср}}$*  – наработка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах (ГОСТ 27.002–2015).

Показатель определяется как корень ***t*** уравнения

$$Q(t) = 1 - \gamma/100$$

где  $Q(t)$  – *функция распределения наработки до отказа*.

Отсюда гамма – процентную наработку до отказа определяют из уравнения

$$P(t) = \gamma/100,$$

где  $P(t)$  – вероятность безотказной работы.



Этот гамма – процентный показатель равен **квантилю** соответствующего распределения. Если вероятности, отвечающие этим квантилям, выражаются в процентах, то для показателей безотказности обычно задают значения 90; 95; 99; 99,5% и т.д. Тогда вероятность возникновения отказа на отрезке  $[0; t]$  будет составлять 0,10; 0,05; 0,01; 0,005 и т.д.

Задаваемые значения  $\gamma$  для **критических отказов** должны быть весьма близки к 100%, чтобы сделать критические отказы практически невозможными событиями. А, скажем, для прогнозирования потребности в запасных частях, ремонтных мощностях, для расчёта пополнения и обновления парков машин, приборов и установок могут потребоваться гамма – процентные показатели при более низких значениях  $\gamma$ , например при  $\gamma = 50\%$ , что приближённо соответствует средним значениям.



## СРЕДНЯЯ НАРАБОТКА МЕЖДУ ОТКАЗАМИ

*Средняя наработка между отказами  $T_o$*  - математическое ожидание наработки объекта между отказами (ГОСТ 27.002–2015).

Этот показатель введён применительно к **ремонтпригодным** объектам, при эксплуатации которых допускаются многократно повторяющиеся отказы. Очевидно, что это должны быть отказы, не приводящие к серьёзным последствиям и не требующие значительных затрат на восстановление работоспособного состояния. Эксплуатация таких объектов может быть описана следующим образом: в начальный момент времени объект начинает работать и продолжает работать до первого отказа; после отказа происходит восстановление работоспособности и объект вновь работает до отказа и т.д.



## СВОЙСТВА СОБЫТИЙ

Последовательность событий, наступающих одно за другим в случайные моменты времени, называют ***потоком событий***.

Если события заключаются в наступлении отказов или восстановлений, то имеет место соответственно **ПОТОК ОТКАЗОВ** или **ПОТОК ВОССТАНОВЛЕНИЙ**, т.е. на оси времени моменты отказов образуют поток отказов, а моменты восстановлений – поток восстановлений.

На оси суммарной наработки (когда время восстановления не учитывается) моменты отказов также образуют **ПОТОК ОТКАЗОВ**.



Поток событий называют **ординарным**, если вероятность попадания на интервал времени  $(t, t + \Delta t)$  двух (и более) событий пренебрежимо мала ( $\rightarrow 0$ ) при стремлении интервала  $\Delta t$  к нулю ( $\Delta t \rightarrow 0$ ).

Поток событий называют **потоком без последствия**, если вероятность попадания  $K$  событий на интервал  $(t, t + \Delta t)$  не зависит от числа и моментов появления событий на других, не пересекающихся с данным, участках.

**Ординарный без последствия** поток называют **пуассоновским**. В нём число событий, попадающих на любой участок распределено по закону редких событий или по закону Пуассона:

$$P(x = m) = P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a},$$

где  $a$  – математическое ожидание числа событий, попадающих на  $(t, t + \Delta t)$ , которое называют параметром закона Пуассона:

$$a = \int_t^{t+\Delta t} \lambda(t) dt,$$

где  $\lambda(t)$  - интенсивность потока.





Если вероятность попадания  $K$  событий на  $(t, t + \Delta t)$  зависит от числа событий  $K$  и длины интервала  $\Delta t$ , но не зависит от положения начала интервала  $t$ , то такой поток называют **стационарным**.

Для стационарного потока интенсивность **постоянна**:  $\lambda = \text{const}$ .

Пуассоновский стационарный поток называют **простейшим**, то есть простейший поток обладает свойствами **ординарности**, **стационарности** и **отсутствия последствия**. Для простейшего потока число событий, попадающих на произвольный интервал длиной  $\Delta t$ , распределено по закону Пуассона с параметром:  $a = \lambda \cdot \Delta t$ .

Время  $\tau$  между двумя соседними событиями в простейшем потоке - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения с плотностью:

$$f(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{при } \tau < 0 \\ \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot \tau), & \text{при } \tau > 0 \end{cases}$$



Определению средней наработки между отказами может соответствовать следующая формула:

$$T_0 = \frac{t}{M\{n(t)\}},$$

где  $t$  – суммарная наработка,

$n(t)$  – число отказов, наступивших в течение этой наработки,

$M\{n(t)\}$  – математическое ожидание этого числа.

В общем случае средняя наработка между отказами оказывается **функцией  $t$** . Для стационарных потоков отказов средняя наработка между отказами от  $t$  **не зависит**.



По **статистическим данным**, полученным в процессе эксплуатации, наработка между отказами определяется как отношение суммарной наработки всех наблюдаемых объектов к суммарному числу отказов этих объектов.

$$\hat{T}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{j=1}^N t_{p_{ij}}}{\sum_{j=1}^n n_j},$$

где  $t_{p_{ij}}$  –  $i$ -я наработка  $j$ -й системы;  
 $n_j$  – число отказов  $j$ -й системы;  
 $N$  – число однотипных систем.

Если оценивается наработка между отказами **одной системы**, то

$$\hat{T}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{p_i}}{n}$$



Если поток отказов **простейший**, т.е. время наработки между отказами имеет экспоненциальный закон распределения с плотностью вероятности

$$q(t) = \lambda \cdot \exp(-\lambda t),$$

то в соответствии с определением математического ожидания в этом случае средняя наработка между отказами:

$$T_o = \int_0^{\infty} t \cdot q(t) dt = \int_0^{\infty} t \cdot \lambda \cdot \exp(-\lambda t) dt = \frac{1}{\lambda}$$



## ГАММА – ПРОЦЕНТНАЯ НАРАБОТКА МЕЖДУ ОТКАЗАМИ

*Гамма – процентная наработка между отказами*  $T_{\gamma o}$  – наработка между отказами, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах (ГОСТ 27.002–2015).

Интерпретация этого показателя аналогична интерпретации показателя *гамма – процентная наработка до отказа*, но применительно к восстанавливаемым (ремонтпригодным) объектам.



## ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ

*Интенсивность отказов  $\lambda(t)$*  - условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

$$\lambda(t) = \frac{q(t)}{P(t)};$$

$$\lambda(t) = \frac{dQ(t)}{dt \cdot P(t)} = -\frac{dP(t)}{P(t)dt} \Rightarrow \frac{dP(t)}{P(t)} = -\lambda(t) dt$$

$$\int_0^t \frac{dP(t)}{P(t)} = -\int_0^t \lambda(t) dt; \quad \ln P(t) \Big|_0^t = -\int_0^t \lambda(t) dt$$



$$\int_0^t \frac{dP(t)}{P(t)} = -\int_0^t \lambda(t) dt; \quad \ln P(t) \Big|_0^t = -\int_0^t \lambda(t) dt$$

$$P(t=0) = 1, \quad \ln P(t=0) = 0, \quad \Rightarrow \ln P(t) = -\int_0^t \lambda(t) dt$$

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right)$$

Для простейшего потока отказов ( $\lambda = \text{const}$ ):

$$P(t) = \exp(-\lambda t)$$

Для произвольного интервала ( $t_1, t_2$ ):

$$P(t_1, t_2) = \exp\left(-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt\right)$$



I – период приработки;

II – период нормальной эксплуатации ( $\lambda \approx \text{const}$ );

III – период старения и износа (деградационный период).

**Характерный вид функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$**





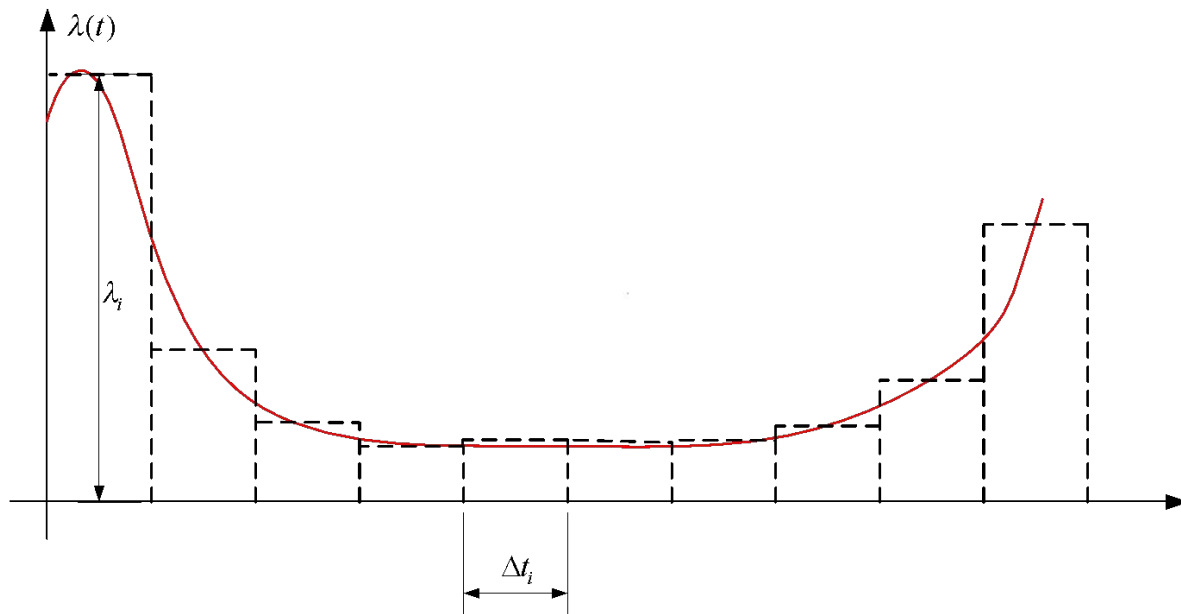
*Интенсивность отказов показывает*, какая доля от работоспособных в некоторый момент времени объектов отказывает в единицу времени после этого момента (для малых промежутков времени).

Формула **статистической оценки** параметра имеет вид:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n}{N(t) \cdot \Delta t} = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}$$

где:  $n$  – число отказов в интервале  $\Delta t$ ,

$N(t)$ ,  $N(t + \Delta t)$  – число объектов, работоспособных соответственно к моменту  $t$  и  $t + \Delta t$ .



Построение функции  $\lambda(t)$  по статистическим данным



Иногда наряду с интенсивностью отказов определяют **частоту отказов:**

$$\hat{f}(t) = \frac{n}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t},$$

где  $N_0$  - число объектов, работоспособных в начальный момент времени ( $t=0$ ).



## ПАРАМЕТР ПОТОКА ОТКАЗОВ

*Параметр потока отказов  $\omega(t)$*  – предел отношения вероятности возникновения отказа **восстанавливаемого** объекта за достаточно малый интервал времени к длительности этого интервала, стремящийся к нулю (ГОСТ 27.002 -2015).

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(\Delta t)}{\Delta t}$$

Эту формулу можно представить в виде:

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M\{n(t+\Delta t) - n(t)\}}{\Delta t},$$

где  $\Delta t$  – малый отрезок наработки,

$n(t)$  – число отказов, наступивших от начального момента времени до достижения наработки  $t$ .

Разность  $n(t+\Delta t) - n(t)$  представляет собой число отказов на интервале  $\Delta t$ .



По экспериментальным данным параметр потока отказов  $\hat{\omega}_i$  для произвольного интервала наработки  $\Delta t_i$  может быть рассчитан как отношение среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую его наработку к значению этой наработки:

$$\hat{\omega}_i = \frac{\Delta n_i}{N \cdot \Delta t_i},$$

где  $\Delta n_i$  - число отказов  $N$  восстанавливаемых объектов на интервале  $\Delta t_i$ .

Если  $N = 1$ , то  $\hat{\omega}_i$  характеризует число отказов объекта в единицу

времени:

$$\hat{\omega}_i = \frac{\Delta n_i}{\Delta t_i}$$



Экспериментально установлено, что **график зависимости параметра потока отказов  $\omega(t)$  от наработки  $t$  имеет вид, аналогичный графику интенсивности отказов  $\lambda(t)$  для невосстанавливаемых объектов (см. выше).**

Несмотря на некоторую похожесть **параметра потока отказов  $\omega$  и интенсивности отказов  $\lambda$** , они как по определению, так и по существу **различные**, а именно:

- интенсивность отказов - ***условная плотность вероятности*** возникновения отказа, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не наступил;

- параметр потока отказов - ***безусловная вероятность*** возникновения отказа за единицу времени.

Только для **периода нормальной эксплуатации** численные значения параметра отказов и интенсивности отказов равны, т.е.  **$\omega = \lambda$** .



## ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ И ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТИ

**Ремонтопригодность** (maintainability) – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта (ГОСТ 27.002–2015).

**Восстанавливаемость** (recoverability) - свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта (ГОСТ 27.002–2015).



## **ВРЕМЕННЫЕ ПОНЯТИЯ, относящиеся к свойствам РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ и ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТЬ:**

- 1. Время восстановления** – время, затрачиваемое непосредственно на выполнение операций по восстановлению объекта.
- 2. Время до восстановления** – время от момента отказа до восстановления работоспособного состояния объекта. Если момент отказа определить невозможно, время отсчитывается от момента обнаружения отказа.
- 3. Время (продолжительность) ремонта** – время, затрачиваемое непосредственно на выполнение операций по ремонту объекта. Время ремонта исключает технические и организационные задержки, а также задержки из-за обеспечения материальными ресурсами.





## ВЕРОЯТНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ

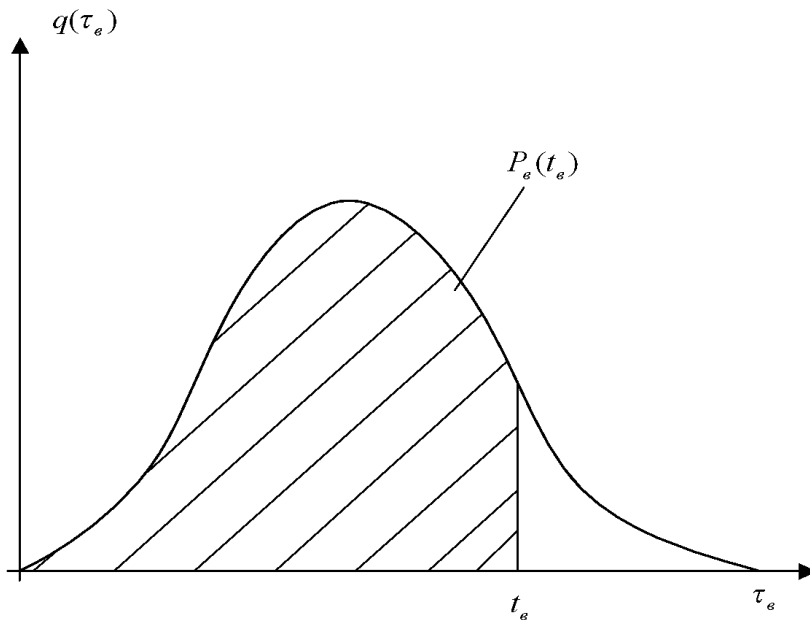
**Вероятность восстановления  $P_B(t_в)$**  - вероятность того, что время (до) восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение:

$$P_B(t_B) = \text{Вер} (t_B \leq t_{зад}).$$

*Примечание.* При использовании этого показателя следует уточнять, относится ли он ко времени восстановления или времени до восстановления.

Вероятность восстановления  $P_B(t_B)$  за заданное время, если известна плотность вероятности времени восстановления:

$$\text{Вер}(t_B \leq t_{зад}) = P_B(t_B) = \int_0^{t_{зад}} q(t_B) dt_B$$



Вероятность восстановления объекта за заданное время



## СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ и СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ ДО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ

*Среднее время восстановления*  $T_B$  - математическое ожидание времени восстановления.

$$T_B = \int_0^{\infty} t_B \cdot q(t_B) dt_B,$$

где  $t_B$  – случайная величина времени восстановления,

$q(t_B)$  - плотность распределения времени восстановления.

По статистическим данным оценку  $\hat{T}_B$  можно определить:

$$\hat{T}_B = \frac{\sum_{i=1}^n t_{Bi}}{n},$$

где  $t_{Bi}$  – время восстановления  $i$ -го отказа;

$n$  – количество отказов за рассматриваемый срок эксплуатации.

*Среднее время до восстановления*  $T_{ДВ}$  - математическое ожидание времени до восстановления.

Математическое выражение для  $T_{ДВ}$  и его оценка по статистическим данным определяется аналогично вышеприведённому показателю.



## ГАММА – ПРОЦЕНТНОЕ ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ и ГАММА – ПРОЦЕНТНОЕ ВРЕМЯ ДО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ

*Гамма – процентное время восстановления  $T_{\gamma B}$*  – время, в течение которого восстановление работоспособности объекта будет осуществлено с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

*Гамма – процентное время до восстановления  $T_{\gamma ДВ}$*  – длительность времени до восстановления, которая не будет превышена с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

Показатели определяются аналогично гамма – процентным показателям, приведённым в предыдущих разделах.



## ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ

*Интенсивность восстановления  $\mu(t)$*  - условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определённая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено.

Если время восстановления имеет экспоненциальное распределение с плотностью вероятности:

$$q(t_B) = \mu \cdot \exp(-\mu \cdot t_B),$$

то 
$$P_B(t_B) = \int_0^{t_B} \mu \cdot \exp(-\mu \cdot t_B) dt_B = 1 - \exp(-\mu \cdot t_B).$$

Тогда

$$T_B = \int_0^{\infty} t_B \cdot q(t_B) dt_B = \int_0^{\infty} t_B \cdot \mu \cdot \exp(-\mu \cdot t_B) dt_B = \frac{1}{\mu}.$$



## ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

*Долговечность* (durability) – Свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния (ГОСТ 27.002–2015).

### **Временные понятия, относящиеся к свойству ДОЛГОВЕЧНОСТЬ:**

- 1. Ресурс** – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или её возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния.
- 2. Остаточный ресурс** – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния.
- 3. Срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или её возобновления после капитального ремонта до момента достижения предельного состояния.



В терминах показателей долговечности следует **указывать начало отсчёта и вид действия** после наступления **предельного состояния** объекта (например, гамма-процентный ресурс от второго среднего ремонта до первого капитального ремонта).

Если предельное состояние обуславливает **окончательное снятие объекта с эксплуатации**, то показатели долговечности могут называться: *средний полный ресурс* (срок службы), *гамма-процентный полный ресурс* (срок службы).

В полный срок службы входят продолжительности всех видов ремонта объекта.



## СРЕДНИЙ РЕСУРС и СРЕДНИЙ СРОК СЛУЖБЫ

*Средний ресурс  $T_{рес}$*  - математическое ожидание ресурса.

*Средний срок службы  $T_{ср.сл.}$*  - математическое ожидание срока службы.

По определению математического ожидания:

$$T_{рес} = M[t_{рес}] = \int_0^{\infty} t_{рес} \cdot q(t_{рес}) dt_{рес};$$
$$T_{ср.сл.} = M[t_{ср.сл.}] = \int_0^{\infty} t_{ср.сл.} \cdot q(t_{ср.сл.}) dt_{ср.сл.}$$

где  $t_{рес}$  – случайная величина наработки объекта (или  $t_{ср.сл.}$  – срока службы),  
 $q(t_{рес})$  – плотность распределения наработки (или  $t_{ср.сл.}$  – срока службы).

**Статистическая оценка** среднего ресурса (или срока службы) определяется по

формуле:  $T_{рес}^{\wedge} = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_{рес_i}}{N}$ , где  $\tau_{рес_i}$  – ресурс (срок службы)  $i$ -го объекта.





## ГАММА – ПРОЦЕНТНЫЙ РЕСУРС и ГАММА-ПРОЦЕНТНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ

**Гамма – процентный ресурс  $T_{\gamma \text{рес}}$**  – суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

**Гамма – процентный срок службы  $T_{\gamma \text{ ср.сл.}}$**  – календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

Перечисленные показатели могут определяться аналогично **гамма – процентным показателям**, приведённым выше.



В ГОСТ 27.002–2015 приведены также такие показатели как *назначенный ресурс* и *назначенный срок службы*.

***Назначенный ресурс*** – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта может быть продолжена только после принятия решения о возможности продления данного показателя.

***Назначенный срок службы*** – календарная продолжительность, при достижении которой эксплуатация объекта может быть продолжена только после принятия решения о возможности продления данного показателя.

**Данные показатели не являются показателями надёжности.**



## ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОХРАНЯЕМОСТИ

**Сохраняемость (storability)** – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

***Срок сохраняемости*** – календарная продолжительность хранения и/или транспортирования объекта, в течение которой он сохраняет работоспособное состояние.

К единичным показателям сохраняемости относят *средний срок сохраняемости* и *гамма – процентный срок сохраняемости*.



**Средний срок сохраняемости**  $T_{\text{сохр}}$  – математическое ожидание срока сохраняемости.

$$T_{\text{сохр}} = M\{t_{\text{сохр}}\} = \int_0^{\infty} t_{\text{сохр}} \cdot q(t_{\text{сохр}}) dt_{\text{сохр}},$$

где  $t_{\text{сохр}}$  – случайная величина срока сохраняемости объекта,

$q(t_{\text{сохр}})$  – плотность распределения срока сохраняемости.

**Статистическая оценка** среднего срока сохраняемости, если имеются данные о сроке сохраняемости рассматриваемой группы  $N$  однотипных объектов:

$$T_{\text{сохр}}^{\wedge} = \sum_{i=1}^N \frac{t_{\text{сохр}i}}{N};$$

где  $t_{\text{сохр}i}$  – срок сохраняемости  $i$ -го объекта.



*Гамма - процентный срок сохраняемости*  $T_{\gamma_{сохр}}$  – срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

Показатель определяется **аналогично** гамма – процентным показателям, приведённым в предыдущих разделах.

В ГОСТ 27.002–2015 приведен также такой показатель как **назначенный срок хранения** – календарная продолжительность, при достижении которой хранение объекта может быть продолжено только после решения о возможности продления данного показателя.

**Данный показатель не является показателем надёжности.**



## Учебные вопросы:

1. Понятие о показателях надежности вооружения, военной и специальной техники.
2. Единичные показатели надежности вооружения, военной и специальной техники.



## **Тема 1**

«Содержание технической эксплуатации и  
войскового ремонта вооружения, военной и  
специальной техники»

### **Групповое занятие 3**

«Единичные показатели надежности  
вооружения, военной и специальной техники»



## Цели занятия:

1. Изучить показатели надёжности ВВСТ как числовые характеристики свойств надёжности.
2. Рассмотреть единичные показатели свойств, составляющие свойство надёжности.





## Задание на самостоятельную работу:

1. Повторить по конспекту основные понятия, термины и определения.
2. Литература на самостоятельную работу:
  - Коробовский, А. В. Содержание технической эксплуатации систем и комплексов. – Москва : Издательство «Ким Л.А.», 2020. – с. **31-48**.