Міністерство освіти і науки
Державний Університет Телекомунікацій

Фонд кваліфікаційних завдань для практичних занять з дисципліни «Технічне обслуговування РЕЗ»

Програму рекомендовано
Кафедрою Радіотехнологій
Протокол №________
Від «__» _________2015р.
Завідуючий кафедрою:
____________ Сайко В. Г.

Київ-2015

Практические занятие и контрольные роботы
по дисциплине
«Техническое обеспечение РЭС»

Практическое занятие №1

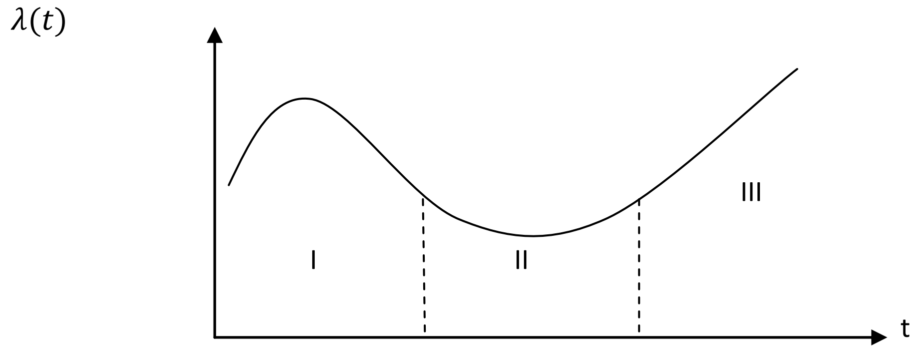
Контрольные вопросы

1. Написать выражение по данным отчета для

- частоты отказов $f(t)$;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- вероятности безотказной роботы $\mathrm{P}(t)$;
- средней наработки на отказ T_0

Ответы: $f(x) = \frac{n(t)}{\mathrm{N}_0 \Delta \mathrm{t}}$; $\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t}$; $\mathrm{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$; $\mathrm{T}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{pi}}{n}$

2. Кривая интенсивности отказов по времени эксплуатации имеет вид



Дайте физическое объяснение каждой из областей.

Задачи

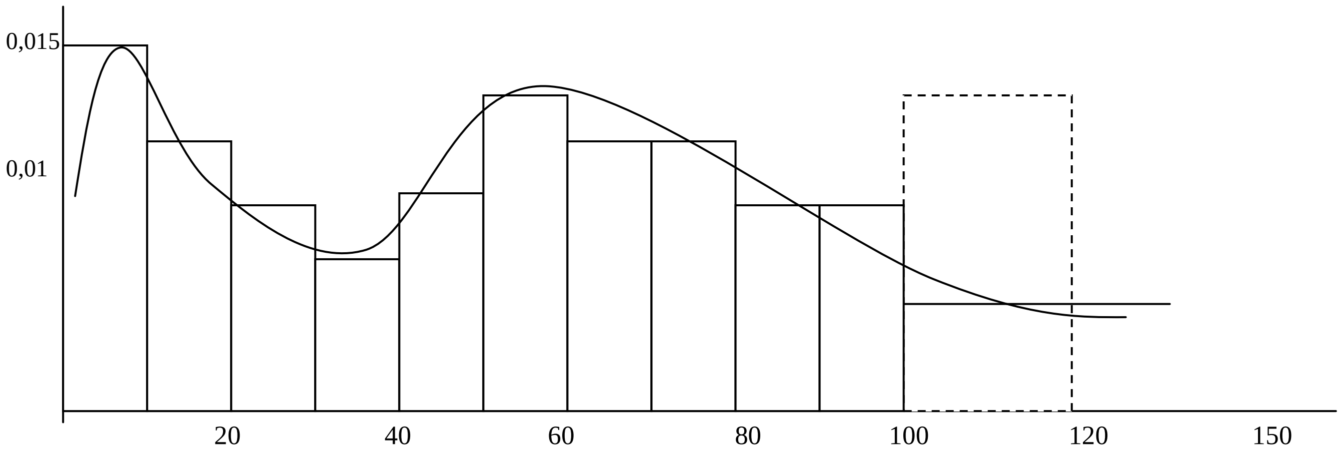
1. Было испытано 1000 ламп на длительность безотказной работы. Результаты испытаний приведены в таблице.

$t_{раб.ч}$ (от-до) 10^2	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	40-50	50-60
n(t) (t, t+Δt)	151	102	77	61	199	200	69	91	50	79	120
$f(t)$	0,0151	0,0102	0,0077	0,0061	$\frac{0,0199}{2}$	0,0100	0,0038	0.017	0,010	0,0079	0,0120
$\lambda(t)$	$\lambda_1(t)$	$\lambda_3(t)$	…	…	…	…	…	…	…	…	…

$$f_1(t) = \frac{151}{1000*10} = \frac{n_1(t)}{N_0*\Delta t} = 0{,}0151 \qquad \lambda_1(t) = \frac{n_1(t)}{N(t)*\Delta t} = \frac{151}{\frac{(1000+849)*10}{2}}$$

$$f_2(t) = \frac{102}{1000*10} = 0{,}0102 \qquad \lambda_2(t) = \frac{102}{\frac{(849+747)*10}{2}}$$

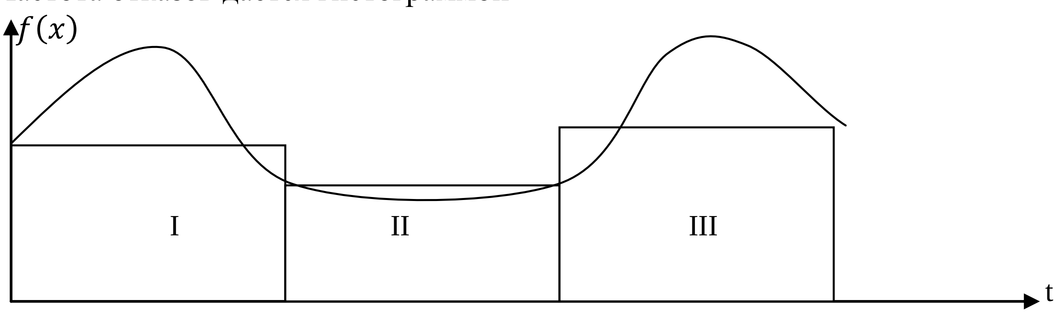
Построить гистограмму



2. С учетом данный задачи 1 определить вероятность безотказной работы при эксплуатации в течении 40 часов.

Решение. $$\mathrm{P}(t) = \frac{N_0 - \sum_n^{40} n_i(t)}{N_0} = \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{4} n_i(t)}{N_0} = \frac{1000-(151+102+77+61)}{1000} = 0{,}609$$

3. Частота отказов дается гистограммой



Участок I $P_1(t) = 0,8;$ $\Delta t = 100ч.$ $N_0 = 1000$
Участок II $P_2(t) = 0,96;$ $\Delta t = 1000ч.$
Участок III $P_3(t) = 0,6;$ $\Delta t = 100ч.$

Определить число отказавших изделий на каждом из участков за 50 часов.

<u>Решение.</u>

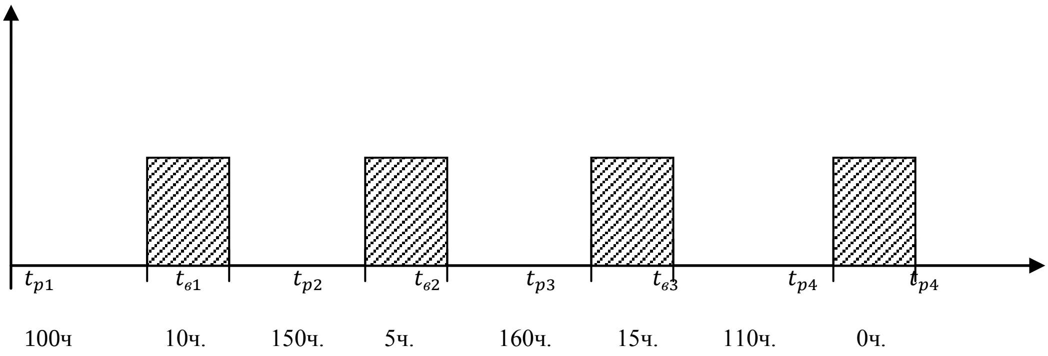
$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}; \; n(t) = N_0\big(1 - P(t)\big);$$

Участок I $n(t) = 1000 * 0,2 = 200;$ за 100ч.
за 50ч. имеем 100.

Участок II $n(t) = 0,04 * 1000 = 40;$
за 50ч. $\frac{40}{20} = 2;$

Участок III $n(t) = 0,4 * 1000 = 40;$ n = 200

4. При эксплуатации изделия имеем следующий график его состояния.



Определить: 1) Среднее время наработки на отказ T_0
2) Среднее время восстановления.

<u>Решение</u>. $T_0 = \frac{\sum_1^4 t_{pi}}{n} = \frac{100+150+160+110}{4} = 130ч.$ $T_в = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{вi}}{n} = 9ч.$

Практическое задание №2

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Написать основные формулы оценки надежности.

1. $P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt;$
2. $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)}$
3. $f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} \quad P(t) = \frac{f(t)}{\lambda(t)}$
4. $P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$
5. $T_0 = \int_0^\infty P(t)dt$

2. Написать выражение для экспоненциального закона надёжности.
для $\lambda(t) = \lambda_0 t + 1$

<u>Решение.</u> $P(t) = e^{-\int_0^t (\lambda_0 t+1)dt} = \lambda_0 t(1 + \frac{t}{2})^2$

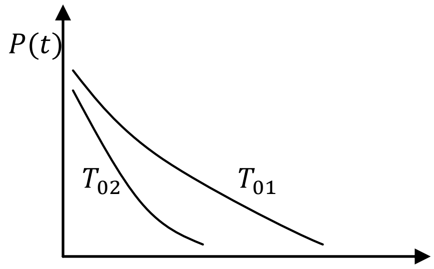
3. Под воздействием дестабилизирующих факторов $\lambda(t) = \lambda_0$ увеличилось в 2 раза.
Как изменится T_0?

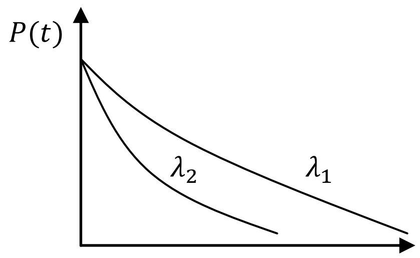
<u>Решение.</u> $T_0 = \int_0^\infty e^{-\lambda_0 t}dt = \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda_0 t}|_0^\infty = \frac{1}{\lambda_0}(1-0);$

При увеличении λ_0 в 2 раза, T_0 уменьшится во столько же.

4. Даны два элемента с интенсивностями отказа $\lambda_1(t) = \lambda_1$ и $\lambda_2(t) = \lambda_2$.
Графики вероятностей отказа имеют вид:

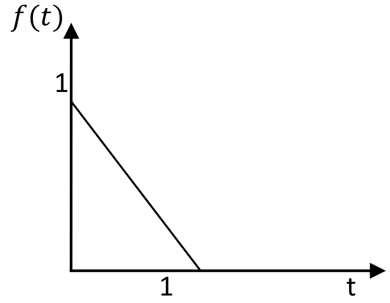
1) Какая вероятность имеет λ_1 и λ_2? (поставьте знак неравенства)





Задачи

1. Частота отказов задана графиком.



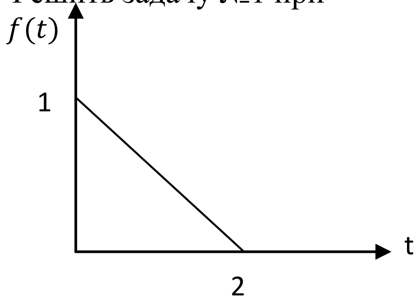
Определить интенсивность отказов $\lambda(t)$

<u>Решение.</u> 1) $f(t) = (1 - t)$ *при* $0 < t < 1$;

2) $P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = 1 - \int_0^t (1 - t)dt = 1 - t + \frac{t^2}{2}$

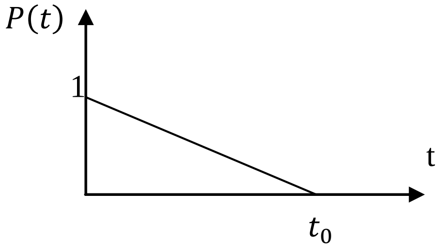
3) $\lambda(t) = -\frac{P'(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1-t}{1-t+\frac{t^2}{2}}$

2. Решить задачу №1 при



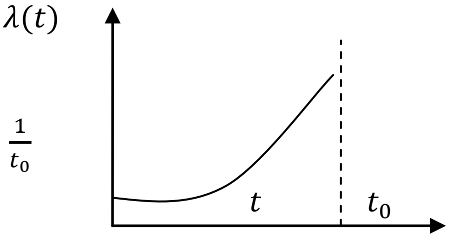
$f(t) = 1 - \frac{1}{2}t$

3. Надежность (вероятность безотказной работы) убывает по линейному закону.



Определить: $\lambda(t), P(t), T_0$. Построить график $\lambda(t)$

Решение: 1) $P(t) = 1 - \frac{t}{t_0}$ при $0 \leq t \leq t_0$



2) $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)}$

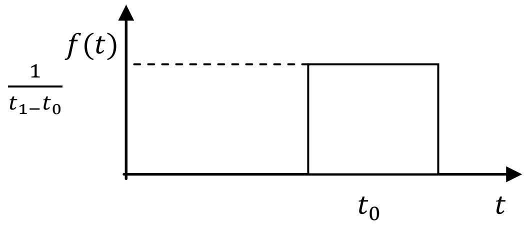
3) $P'(t) = -\frac{1}{t_0}$; $f(t) = -P'(t) = \frac{1}{t_0}$

4) $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1}{t_0(1-\frac{t}{t_0})} = \frac{1}{t_0 - t}$

5) $T_0 = \int_0^{t_0} P(t)dt = \int_0^{t_0} \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) dt = t - \frac{t^2}{2t_0}\Big|_0^{t_0} = t_0 - \frac{t_0^2}{2t_0} = \frac{1}{2}t_0$

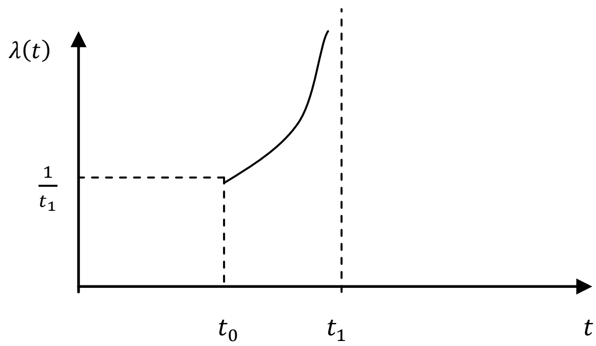
4. Плотность распределения частоты отказов постоянна на участке $t_0 - t$, и равна нулю вне этого участка. Определить вероятность отказов, интенсивность отказов и построить график $\lambda(t)$.

Решение.

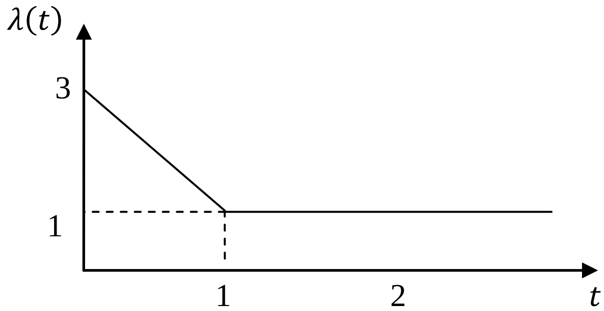


равномерный закон; $t(_{1-}t_0)x = 1, x = \frac{1}{t_1-t_0}$

1. $f(t) = \frac{1}{t_1-t_0};\ t_0 < t < t_1$
2. $P(t) = 1 - \int_{t0}^{t_1} f(t)dt = 1 - \int_{t0}^{t_1} \frac{1}{t_1-t_0} dt = 1 - \frac{t-t_0}{t_1-t_0} = \frac{t_1-t_0-t+t_0}{t_1-t_0} = \frac{t_1-t}{t_1-t_0}$
3. $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1}{t_1-t_0} * \frac{t_1-t_0}{t_1-t} = \frac{1}{t_1-t}$
4. $T_0 =$



5. Интенсивность отказов меняется по закону



Определить:

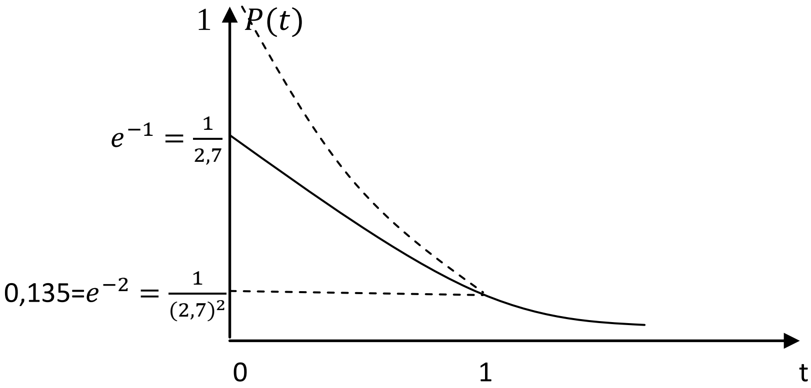
- экспоненциальный закон надежности и построить график
- среднюю наработку на отказ T_0

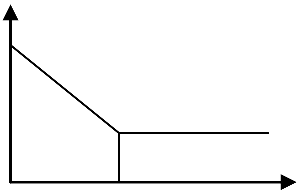
Решение.

1. $P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$
2. На отказе $0 \div 1 \quad \lambda(t) = 3 - 2t$
   $1 \div \infty \quad \lambda(t) = 1$
3. Для определения интеграла $\int_0^t \lambda(t)dt$ разобьем его на части.

$$\int_0^t \lambda(t)dt = \int_0^t \lambda(t)dt + \int_1^t \lambda(t)dt = \int_0^1 (3-2t)dt + \int_1^t 1dt = 3t - t^2 |_0^1 + t|_1^t$$
$$= 3 - 1(t-1) = 1 + t$$

4. $P(t) = e^{-(1+t)}$





вот почему при t=0 $P(t) \neq 1$

Определим T_0.

5. $T_0 = \int_0^\infty P(t)dt = \int_0^1 e^{-3t-t^2}\,dt + \int_1^\infty e^{-(t-1)}\,dt \cong 0{,}37 - 0{,}135 = 0{,}505$

Примечание: 1. Второй интеграл $e^{-(t+1)}$ в соответствии с $P(t) = e^{-(1+t)}$

2. $P(t)$ при $t = 0$ должно быть равно 1

3. $T_0 \int_0^\infty P(t)dt = \int_0^\infty e^{-(1+t)} = \int_0^\infty e^{-1} * e^{-1}dt = \frac{1}{2,7}(\,e^{-t})|_0^\infty = \frac{1}{2,7}$;

(не сходится с пунктом 5).

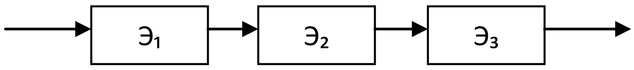
$$\int_1^\infty e^{-(1+t)}\,dt = e^{-1}\int_1^\infty e^{-t}\,dt = -e^{-1} * e^{-t}|_0^\infty = e^{-1} * e^{-1} = e^{-2}$$

$T_0 = 0{,}37 - 0{,}135 = 0{,}235 \quad \int_1^\infty e^{-(1-t)}\,dt = e^{-2}$

Практическое занятие №3

<u>Контрольные вопросы.</u>

1. Система состоит из 3х последовательно соединенных элементов.



Определить:

- вероятность безотказной работы системы если $P_i(t) = 0{,}9$
- определить $P_i(t)$ если вероятность всей системы $P_\Sigma(t)$.

<u>Решение</u> 1. $P_\Sigma(t) = \Pi P_i(t) = 0{,}9^3$; $P_i(t) = \sqrt[3]{P_\Sigma(t)}$.

2. Частота отказов подчиняется закону

$f(t) = \frac{1}{b} e^{-\frac{t}{b}}$

Определить вероятность отказа $Q(t)$.

<u>Решение</u>. $Q(t) = \int_0^t f(t)dt = \int_0^t \frac{1}{b} e^{-\frac{t}{b}} dt = \int_0^t e^{-\frac{t}{b}} \frac{dt}{b} = \; e^{-\frac{t}{b}}|_0^t = -e^{-\frac{t}{b}} + 1$

$P(t) = 1 - e^{-\frac{t}{b}} - 1 = e^{-\frac{t}{b}}$

3. Определить интенсивность отказа 3х последовательно соединенных элементов, если известна $\lambda_i(t)$ каждого.

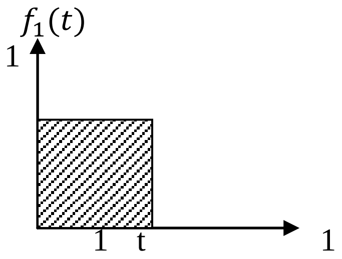
Решение.

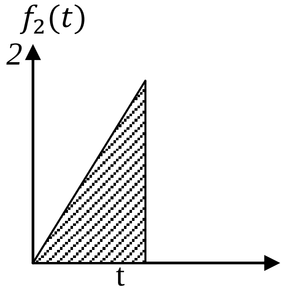
$$P_\Sigma(t) = P_1(t)P_2(t)P_3(t) = e^{-\int_0^t \lambda_1(t)dt} * e^{-\int_0^t \lambda_2(t)dt} * e^{-\int_0^t \lambda_3(t)dt} = e^{-\sum_{i=1}^3 \int_0^\infty \lambda_i(t)dt}$$
$$= e^{-\int_0^t \sum_{i=1}^3 \lambda_i(t)dt}$$

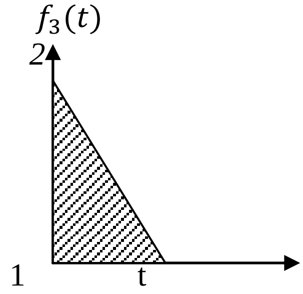
$$\lambda_\Sigma(t) = \sum_{i=1}^{3} \lambda_i(t)dt$$

Задачи

1. Система состоит из 3х независимых элементов, частота отказов которых задана графиками.

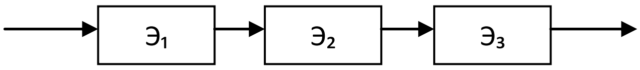






$f_1(t) = 1$ $\qquad$ $f_2(t) = 2t$ $\qquad$ $f_3(t) = 2(1-t)$

$0 \le t \le 1$



Определить: 1) интенсивность отказов системы

2) определить T_{0i} и построить графики

Решение.

1. Вероятность надежности элементов

$$P_1(t) = 1 - \int_0^t f_1 dt = 1 - \int_0^t dt = 1 - t;$$

$$P_2(t) = 1 - \int_0^t 2t dt = 1 - t^2;$$

$$P_3(t) = 1 - \int_0^t 2(1-t) dt = 1 - 2t + t^2;$$

2. Интенсивность отказов элементов

$$\lambda_1(t) = \frac{f_1(t)}{P_1(t)} = -\frac{P_1'(t)}{P(t)} = \frac{1}{1-t};$$

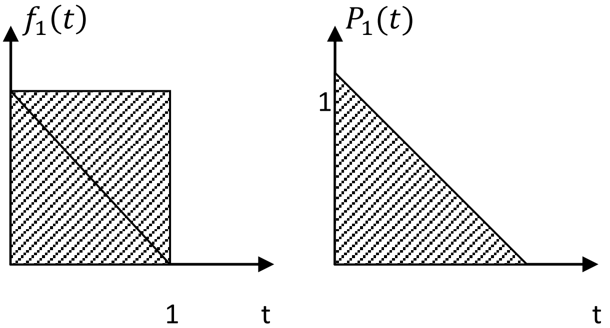
$$\lambda_2(t) = \frac{f_2(t)}{P_2(t)} = \frac{2t}{1-t^2};$$

$$\lambda_3(t) = \frac{f_3(t)}{P_3(t)} = \frac{2(1-t)}{1-2t+t^2} = \frac{2}{1-t};$$

3. $\lambda_\Sigma(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \lambda_3(t) = \frac{1}{1-t} + \frac{2t}{1-t^2} + \frac{2}{1-t} = \frac{3+5t}{1-t^2}$

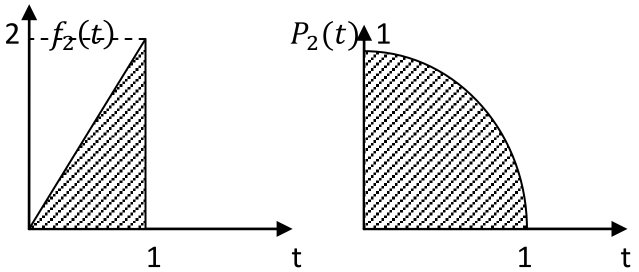
Свяжем значение $f_i(t)$ с $P_i(t)$ к T_{0i}

1)



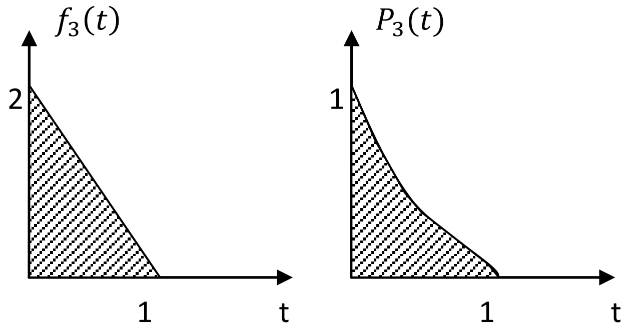
$$T_{0i} = \int_0^1 (1-t)dt = t - \frac{t^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{1}{2}$$

2)



$$T_0 = \int_0^1 (1-t^2)dt = 1 - \frac{t^3}{3} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

3)



$$T_0 = \int_0^1 (1-2t+t^2)dt = t - t^3 + \frac{t^3}{3}\Big|_0^1 = \frac{1}{3}$$

2. Частота отказов описывается частотным случаем распределения Вейбула

$$f(t) = \frac{1}{a} e^{-\frac{t}{a}}$$

Определить: $P(t), \lambda(t), T_0$.

<u>Решение.</u> 1. $P(t) = 1 - \int_0^t f dt = 1 - \int_0^t \frac{1}{a} e^{-\frac{t}{a}} dt = 1 - e^{-\frac{t}{a}}\Big|_0^t = e^{-\frac{t}{a}}$

2. $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{-\frac{1}{a}e^{-\frac{t}{a}}}{e^{-\frac{t}{a}}} = \frac{1}{a};$

3. $T_0 = \int_0^\infty P(t)dt = \int_0^\infty e^{-\frac{t}{a}}dt = a$

Как изменится $P(t)$, если a уменьшить в 2 раза (построить график).

3. Частота отказов описывается распределением Релея.

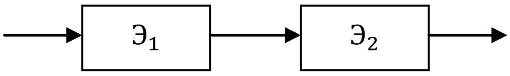
$$f(t) = \frac{2t}{a^2} e^{-(\frac{t}{a})^2}$$

Определить: $P(t), \lambda(t), T_0$

<u>Решение.</u>

1. $P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = 1 - \int_0^t e^{-(\frac{\tau}{a})^2} d\tau = 1 - \int_0^t e^{-(\frac{\tau}{a})^2}\, dt\, (\frac{\tau}{a})^2 = 1 - \int_0^t e^{-x} dx = 1 - e^{-x}|_o^t = 1 - e^{-(\frac{\tau}{a})^2} = 1 - e^{-\frac{t^2}{a^2}} - 1 = e^{-(\frac{t}{2})^2}$
2. $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{\frac{2t}{a^2} e^{-(\frac{t}{a})^2}}{e^{-(\frac{t}{a})^2}} = \frac{2t}{a^2}$
3. $T_0 = \int_0^\infty P(t)dt = \int_0^\infty e^{-(\frac{t}{a})^2} dt = a\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ (табулированный интеграл)

4. Система состоит из двух последовательно соединенных элементов.



Эквивалентная надежность $P_{экв} = 0{,}50$

Определить интенсивность отказов каждого элемента, если:

1. $P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$
2. Время работы – 4ч.
3. $\lambda_1 = \lambda_2$

1. $P_1 * P_2 = e^{-\lambda_1 t} * e^{-\lambda_2 t} = e^{-2\lambda t} = 0{,}5$

   $e^{-x} = 0{,}5 \qquad x = 0{,}8$

   $t = 4 \qquad e^{-2\lambda 4} = 0{,}5 \qquad e^{-8\lambda} = 0{,}5 \qquad e^{-0{,}8} = 0{,}5 \qquad \lambda = 0{,}1$