

Дипломная работа

на тему:

Модернизация лазерной поисковой системы с целью повышения ее эффективности

Студентка: Синельникова Е.Н.

Руководитель: Чеканов А.Н.

Цель работы:

1. Исследование методологии оценки эффективности функционирования технических систем на примере лазерной поисковой системы (ЛПС).
2. Модернизация ЛПС с целью повышения ее надежности.
3. Построение многофункциональной системы, использующей дополнительную акустическую информацию.
4. Разработка программного обеспечения для автоматизации конструкторских расчетов, связанных с оценкой эффективности функционирования систем поискового назначения.

Расчет эффективности функционирования технических систем

- Определение назначения системы.
- Формулировка возможных задач и условий работы системы.
- Выбор показателя эффективности функционирования системы (E).
- Разбиение сложной системы на элементы (подсистемы) с учетом специфики ее структуры и процесса функционирования.
- Вычисление показателей надежности системы.
- Оценка коэффициентов эффективности состояний системы (Ф) и эффективности функционирования (E).

ЛПС «Антиснайпер»



Радиус действия:

минимальный - 20 м;

максимальный - 1000 м.

Угол поля зрения (ГхВ): 7,3°x5,5°.

Ориентировочная точность обнаружения

на расстоянии 50 м - 10 см;

на расстоянии 1000 м - 2 м.

Мощность лазерного излучения не более 900 мВт.

Потребляемая мощность не более 11,5 Вт.

Габаритные размеры не более 273x110x110 мм.

Масса не более 1,5 кг.

Диапазон рабочих температур от - 10° до + 40°С;

Относительная влажность не более 90%

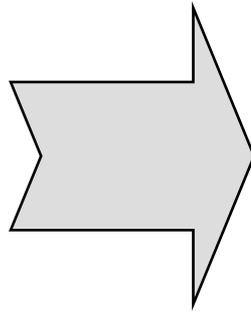
при температуре + 25°С.

Изображение в 20.20 ч.



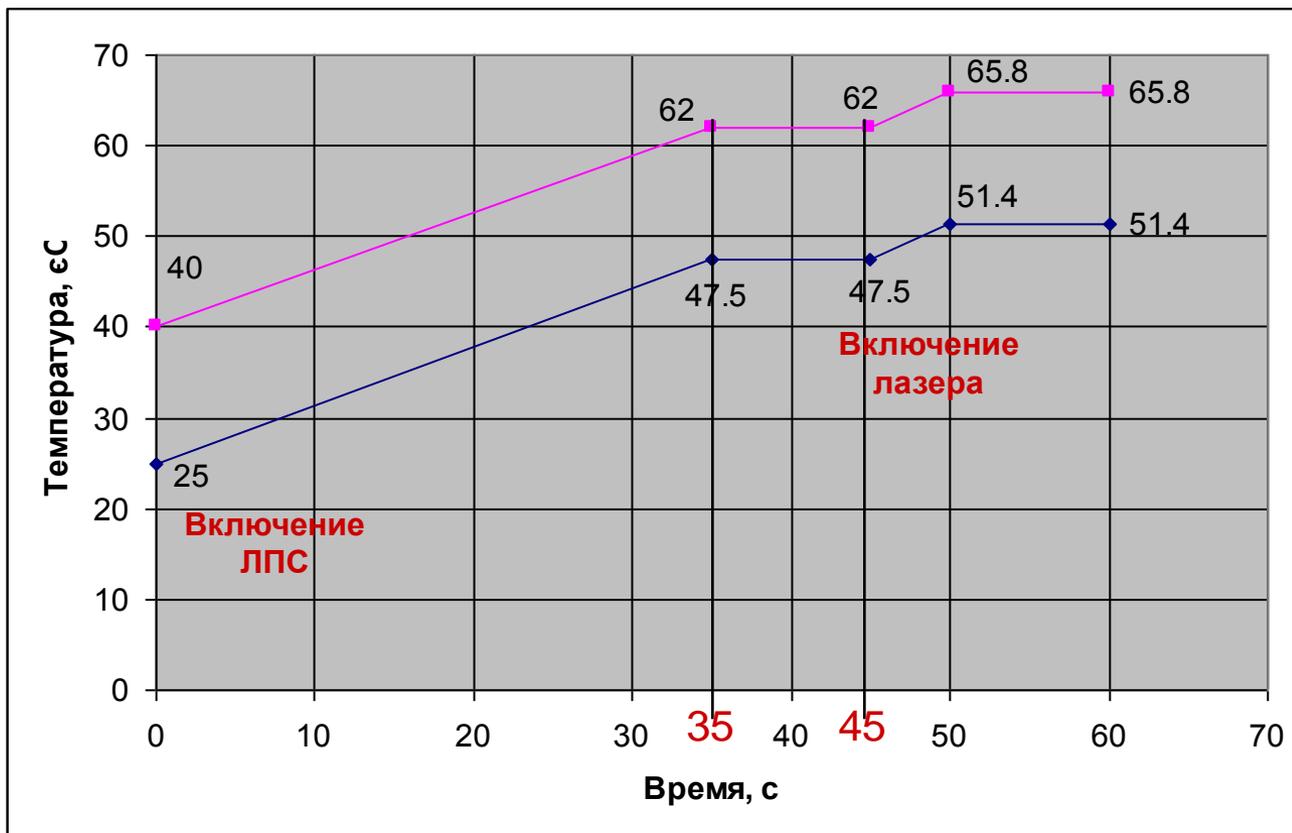
Выбор показателя эффективности функционирования ЛПС

Основная функция ЛПС – **обнаружение позиций снайперов.**



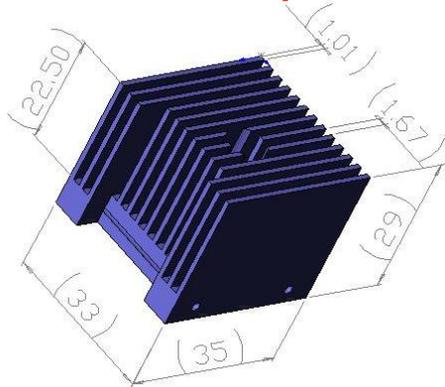
Показатель эффективности функционирования ЛПС (**E**) – **вероятность обнаружения снайпера, появляющегося в произвольный момент времени с равной вероятностью на любом азимутальном направлении в пределах радиуса действия системы и заданного угла обзора.**

Изменение температуры нагретой зоны ЛПС



Моделирование теплового режима лазера с модулем Пельтье

Радиатор



Модуль Пельтье



Лазер



Thermoelectric System Calculation

Select module Connection Calculate Rh Calculate Rc Insulation Calculate system Print File Options Help Close

TB-17-1.0-0.7 I_{max} (Amps)= 6.6 Q_{max} (Watts)= 8.4 U_{max} (Volts)= 2.1 dT_{max} (K)= 68

Module determination...

Select module Number of modules n = 1

Connection

series ns = 1

parallel np = 1

series-parallel

Power source

Voltage Current

U (V)= 1.0

Ambient... T_a (°C) = 66

Object heat rejected... W_{ob} (W) = 1.7

Hot side parameters... R_h (K/W) = 1.8

Cold side parameters... R_c (K/W) = 0.7

Insulation... R_{ins} (K/W) = 174.16

Calculate system

Cool Box

Parameters... per module per system

COP = 0.649

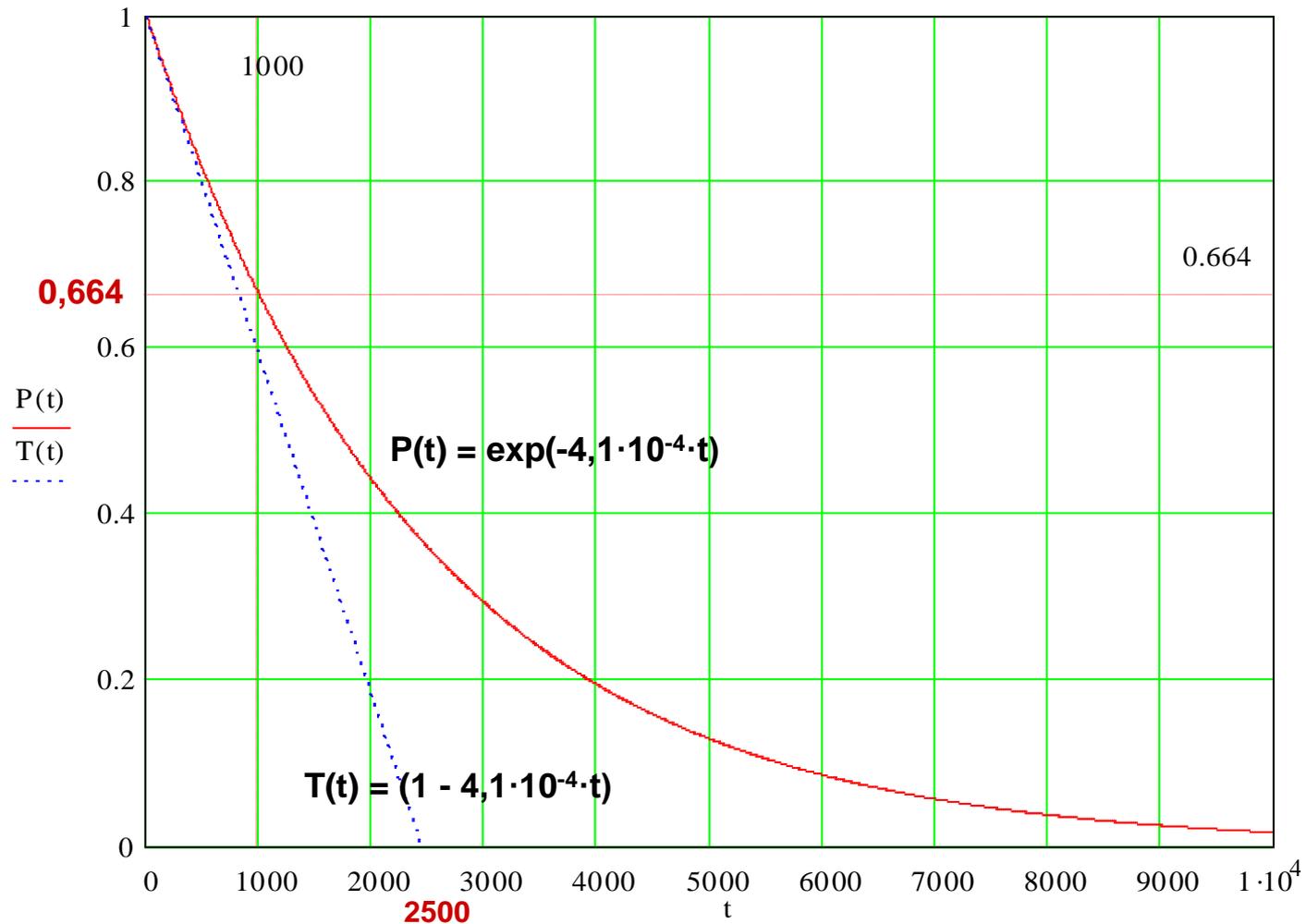
Main result

Object temperature T_{ob} (°C) = 34.2

Temperatures (°C)	Temperature differences
$T_h = 74.6$	$T_h - T_a = 8.6$
$T_a = 66.0$	$T_a - T_{ob} = 31.8$
$T_{ob} = 34.2$	$T_{ob} - T_c = 1.3$
$T_c = 32.9$	$T_h - T_c = 41.7$

I (A) = 2.90
 U (V) = 1.00
 W (W) = 2.90
 Q_c (W) = 1.88
 Q_h (W) = 4.78

Зависимость вероятности безотказной работы системы от времени



Оптимизация ЛПС по параметру надежности при ограничении массы

1. Постановка задачи оптимизации

1.1. Исходные данные: n, m_i, q_i

1.2. Условия оптимизации: $P_{\text{ОПТ}} \rightarrow \max, M_{\text{ОПТ}} \leq M_{\text{доп}}$

1.3. Целевая функция:

$$P_{\text{ОПТ}} = \prod_{i=1}^n (1 - q_i^{K_i^*}) \quad M_{\text{ОПТ}} = \sum_{i=1}^n K_i^* \cdot m_i$$

K_i^* - целочисленная кратность резервирования

2. Расчет

2.1. Получение дробных значений K_i^0 :

$$\sum_{i=1}^n a_i (\ln a_i + y_0) = M_{\text{доп}} + \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i$$

$$\Rightarrow a_i = m_i / \ln(1/q_i) \quad B = M_{\text{доп}} + \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i$$

$$y_0 = \exp(B / \sum_{i=1}^n a_i) \quad K_i^0 = \ln(y_0 / a_i + 1) / \ln(1/q_i)$$

2.2. Получение целочисленных значений K_i^* :

Составление комбинаций целочисленных значений K_i^* путем округления K_i^0 в большую или меньшую сторону.

Условия:

$$\sum_{i=1}^n (K_i^0 - K_i^*) m_i \geq 0 \quad \sum_{i=1}^n (K_i^0 - K_i^*) m_i = \min$$

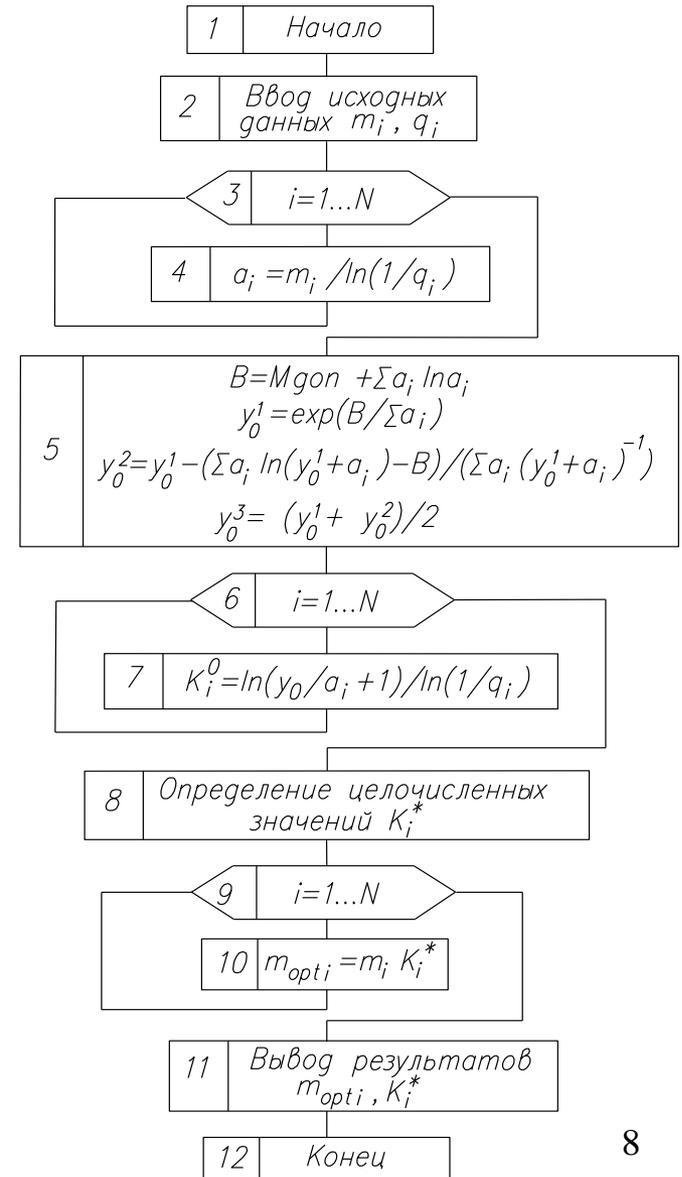
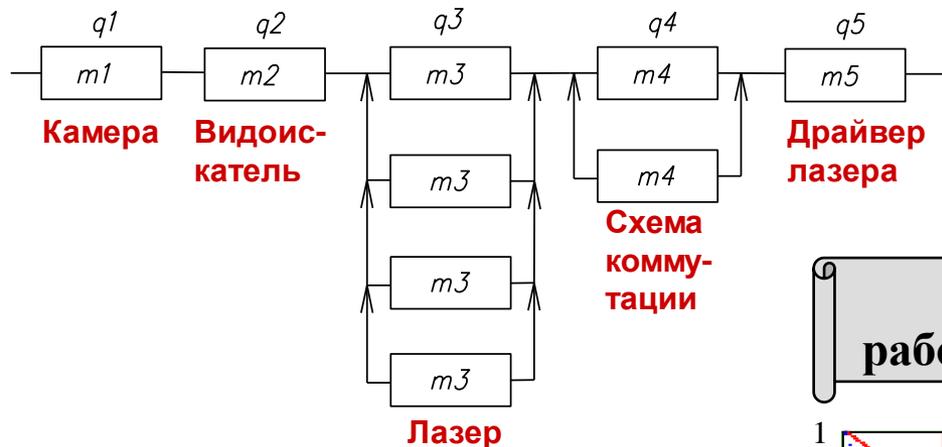
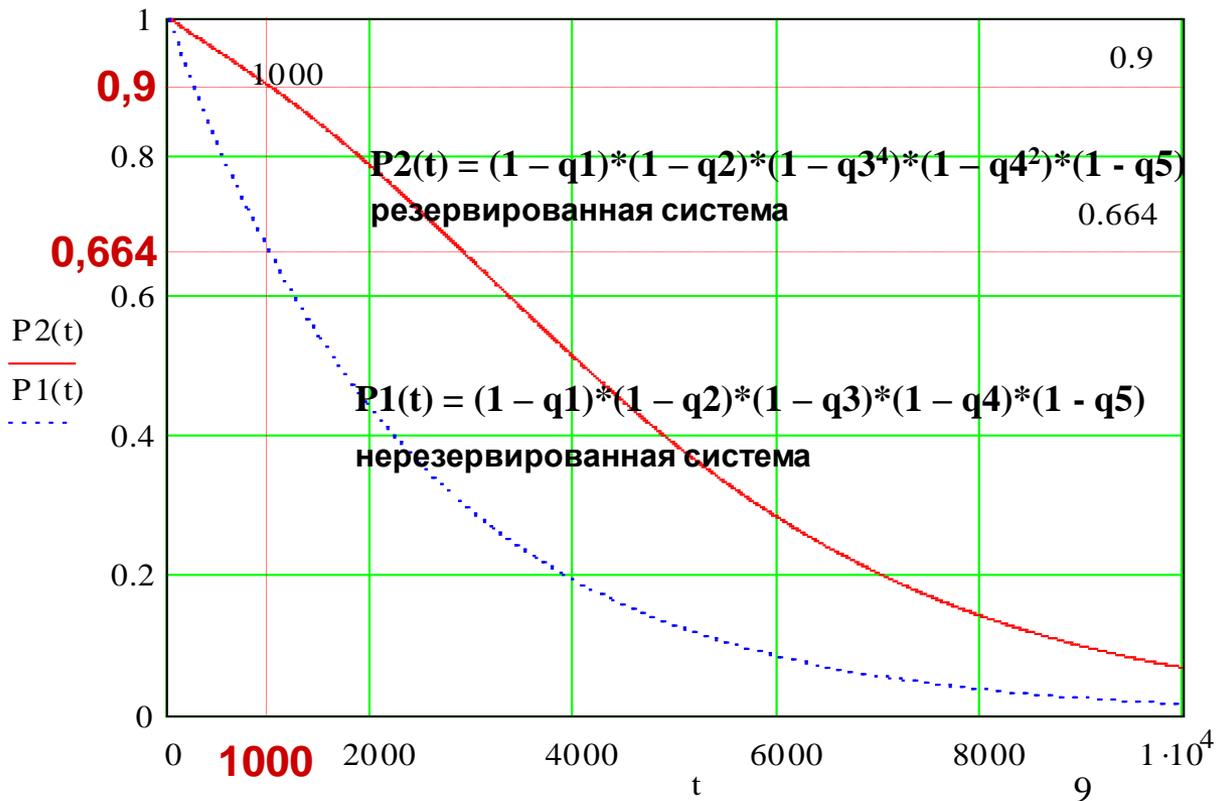


Схема резервирования



Зависимость вероятности безотказной работы резервированной системы от времени



Оценка эффективности функционирования ЛПС

Постановка задачи

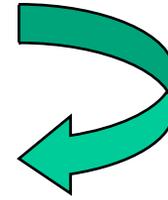
Определить эффективность функционирования системы, если радиус действия 1000 м, угол поля зрения $\alpha = 7,3^\circ$, вероятность обнаружения снайпера в данный момент времени в пределах текущего угла поля зрения $p_1 = 0,85$, вероятность безотказной работы $k_1 = 0,9$ за выбранное время работы 1000 ч, угол обзора по горизонтали задан $\varphi = 90^\circ$.

$$E(t) = \sum_S h_S(t) \Phi_S$$

где $h_S(t)$ - вероятность того, что система в момент времени t находится в S -м состоянии, Φ_S – коэффициент эффективности данного состояния.

Возможные состояния ЛПС (S):

- 0) Система работоспособна;
- 1) Система отказала.



- Коэффициент эффективности функционирования S-того состояния ЛПС (вероятность обнаружения снайпера в данный момент времени в пределах заданного угла обзора):

$$\Phi_S = (\alpha_S / \varphi) * p_1$$

$$\Phi_0 = (7,3 / 90) * 0,85 = 0,07$$

$$\Phi_1 = (0 / 90) * 0,85 = 0$$

- Вероятность нахождения системы в S-том состоянии:

$h_0 = k_1 = 0,9$ - вероятность безотказной работы системы

$h_1 = (1 - k_1) = (1 - 0,9) = 0,1$ - вероятность отказа

- Показатель эффективности функционирования:

$$E = h_0 * \Phi_0 + h_1 * \Phi_1 = 0,9 * 0,07 + 0,1 * 0 = \mathbf{0,063}$$

Оценка эффективности функционирования многофункциональной системы

Постановка задачи

Определить эффективность функционирования системы, состоящей из двух независимых подсистем лазерной и акустической, если для акустической подсистемы заданы радиус действия 1000 м, угол поля зрения $\beta = 90^\circ$; вероятность обнаружения снайпера $p_2 = 0,9$ в указанном радиусе; вероятность безотказной работы $k_2 = 0,9$ за время работы 1000 ч, угол обзора по горизонтали задан $\varphi = 90^\circ$.

Возможные состояния системы (S):

- 0) Обе подсистемы работоспособны;
- 1) Первая подсистема отказала, вторая работоспособна;
- 2) Вторая подсистема отказала, первая работоспособна;
- 3) Обе подсистемы отказали.

- Коэффициент эффективности S-того состояния ЛПС:

$$\Phi_s = (\alpha_s - \gamma_s) / \varphi * p_1 + (\beta_s - \gamma_s) / \varphi * p_2 + \gamma_s / \varphi * (1 - (1 - p_1)(1 - p_2))$$

$$\Phi_0 = (90 - 7,3) / 90 * 0,9 + 7,3 / 90 * (1 - (1 - 0,85) * (1 - 0,9)) = 0,907$$

$$\Phi_1 = 90 / 90 * 0,9 = 0,9$$

$$\Phi_2 = 7,3 / 90 * 0,85 = 0,07$$

$$\Phi_3 = 0$$

- Вероятность нахождения системы в S-том состоянии:

$$h_0 = k_1 * k_2 = 0,9 * 0,9 = 0,81 \quad \text{- вероятность безотказной работы системы}$$

$$h_1 = (1 - k_1) * k_2 = (1 - 0,9) * 0,9 = 0,09$$

$$h_2 = k_1 * (1 - k_2) = 0,9 * (1 - 0,9) = 0,09$$

$$h_3 = (1 - k_1) * (1 - k_2) = (1 - 0,9) * (1 - 0,9) = 0,01 \quad \text{- вероятность отказа системы}$$

- Показатель эффективности функционирования:

$$E = h_0 * \Phi_0 + h_1 * \Phi_1 + h_2 * \Phi_2 + h_3 * \Phi_3 = 0,822$$

Программное обеспечение «ОЭС-1»

Расчет теплового режима блока ЭВА

Форма блока ЭА:
 Цилиндр
 Параллелепипед

Мощность, выделяющаяся в блоке ЭА, Вт:

Температура окружающей среды, °С:

Материал корпуса:
14. Медь окисленная
15. Медь полированная
16. Муар черный
17. Олово
18. Пластик
19. Резина

Кoeffициент черноты материала корпуса:

Габариты условно нагретой зоны:
Lm1, м: Lm2, м: Lm3, м:

Зазоры между корпусом и условно нагретой зоной, мм:
Верхний: Нижний: Ср. бо:

Температура корпуса:
Температура нагретой зоны:

Расчет надежности и исходной массы блока ЭВА

Температура внутри блока, °С:

Вид аппаратуры:
Наземная
Корабельная
Самолетная

Время работы, ч:

Количество элементов данного типа:

Кoeffициент электрической нагрузки:

Табличная интенсивность отказов элемента, $10^{(-6)}/ч$:

Масса элемента, г:

Вероятность безотказной работы блока:

Вероятность отказа:

Исходная масса блока, кг:

Оптимизация по параметру надежности

Количество резервных элементов:

Допустимое увеличение массы системы, г:

Масса элемента, г:

Вероятность отказа элемента:

Оптимальная кратность резервирования для каждого элемента:

Элемент 0	3 резервных элементов
Элемент 1	1 резервных элементов
Элемент 2	1 резервных элементов

Ввод
Расчет
Сброс
Печать
Выход

Ввод
Сброс
Расчет
График
Печать
Выход

Выводы по работе

1. Рассмотрена методология оценки эффективности функционирования технических систем на примере лазерной поисковой системы.
2. Выполнены конструкторские расчеты теплового режима, расчеты надежности. Исследовано введение дополнительного охлаждения в виде термоэлектрического модуля Пельтье. Проведена оптимизация ЛПС по параметру надежности при ограничении допустимой массы.
3. Оценка эффективности функционирования показала низкую эффективность ЛПС ($E = 0,063$), в связи с чем было рассмотрено построение многофункциональной системы, представляющей ЛПС с подключенным акустическим устройством. При этом эффективность функционирования повысилась до $E = 0,822$.
4. В процессе исследования было разработано программное обеспечение для автоматизации проведения конструкторских расчетов, связанных с оценкой эффективности функционирования.