

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Волгоградский государственный технический университет»

Факультет **Автоматизированных систем и технологической информатики**

Кафедра "**Автоматизации производственных процессов**"

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Диагностика и надежность автоматизированных систем

Направление подготовки 220400.62 "Управление в технических системах"

Профиль подготовки «Системы и технические средства автоматизации и управления»

Факультет подготовки инженерных кадров

	Заочная сокращенная
Курс	3
Семестр	6
Число зачетных единиц	2
Всего часов по учебному плану, час.	72
Всего часов аудиторных занятий, час.	8
Лекции, час	4
Практические занятия, час.	4
Контрольная работа, семестр	6
Зачет (семестр)	6

Разработал профессор Труханов В.М. e-mail: app@vstu.ru

Зав. кафедрой АПП Сердобинцев Ю.П.

Волгоград 2014

1 Содержание и объем дисциплины

Основные понятия и математические зависимости. Определения и термины. Показатели надежности. Функциональные зависимости и числовые характеристики. Относительные частота и вероятность. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Модели распределений, используемые в теории надежности. Распределения: биномиальное, Пуассона, экспоненциальное, нормальное, логарифмически нормальное, Вейбулла.

Основные характеристики надежности элементов и систем. Показатели надежности невосстанавливаемого и восстанавливаемого элементов.

Расчет показателей надежности и номенклатуры запасных частей проектируемых систем. Выбор и обоснование показателей надежности. Распределение нормируемых показателей надежности. Расчет надежности систем с различным распределением элементов. Оценка надежности металлоконструкций и механических узлов. Общие зависимости для расчета вероятной безопасной работы по заданному критерию. Расчет надежности деталей механических узлов, электроавтоматики при проектировании. Выбор номенклатуры запасных частей и расчет количественного состава ЗИП

Испытания сложных систем. Цепь и виды испытаний, Планы испытаний. Планирование испытаний на основе фиксированного объема, на основе фиксированного анализа. Ускоренные испытания. Испытания в утяжеленных режимах.

Оценка надежности по результатам испытаний. Оценка параметров распределения и нахождение доверительных пределов. Методы максимального подобия и приравнивания моментов. Оценка надежности и нахождение приближенных доверительных пределов функции надежности. Точные доверительные пределы для функции надежности в случае распределений: биномиального и Вейбулла. Односторонние доверительные пределы для функции надежности при распределениях: биномиальном и Пуассона

Математические модели изменения технических систем. Изменение надежности на этапах жизненного цикла системы. Непараметрические модели изменения надежности. Триномиальная модель. Гиперболическая модель роста надежности и другие модели. Математическая модель изменения функции надежности с учетом управляющих воздействий

2 Тематика практических занятий

- 1 Элементы теории вероятностей
- 2 Элементы математической статистики
- 3 Характеристики надежности элементов и систем
- 4 Структурные модели надежности
- 5 Оценка показателей надежности. Последовательность расчета проектной надежности технических систем

3 Контрольная работа

Контрольная работа посвящена расчету проектной надежности автоматизированных систем. Необходимо определить количественные показатели надежности системы, заданной структурной схемой.

Задания на контрольные работы содержат 20 вариантов. Варианты заданий выбираются в соответствии с двумя последними цифрами зачетной книжки в интервале от 01 до 20. Например, последние цифры зачетной книжки 27 – вариант 07, для цифр 37 – вариант 17 и т.д.

Основные обозначения, используемые в работе:

$P(t)$ – вероятность безотказной работы;

K_{Γ} – коэффициент готовности системы;

$\sigma_{P(t)}$ – среднее квадратическое отклонение $P(t)$;

$\sigma_{K_{\Gamma}}$ – среднее квадратическое отклонение K_{Γ} , $\sigma_{K_{\Gamma}} = \sigma_{K_{\text{рем}}}$;

$T_{\text{экс}}$ – время эксплуатации (период эксплуатации);

$t_{\text{ц}}$ – время цикла;

$L_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения, км/час;

$T_{\text{регл}}$ – время, затраченное на проведение регламента за период $t_{\text{регл}}$;

$T_{\text{в}}$ – среднее время восстановления отказа;

$\lambda_{\text{р}}$ – интенсивность отказов составной части при работе;

$\lambda_{\text{хр}}$ – интенсивность отказов составной части при хранении;

$\lambda_{\text{хр}} = 10^{-3} \lambda_{\text{р}}$;

$\lambda_{\text{тр}}$ – интенсивность отказов составной части при транспортировании;

$t_{\text{р}}$ – время работы составной части за период T ; $T = t_{\text{р}} + t_{\text{хр}} + t_{\text{тр}} = t_{\text{ц}}$;

$t_{\text{хр}}$ – время хранения составной части за период T ;

$t_{\text{тр}}$ – время транспортирования составной части за период T ;

$\sigma_{K_{\text{рем}}}$ – среднее квадратическое отклонение $K_{\text{рем}}$; $\sigma_{K_{i\text{рем}}} \approx K_{i\text{рем}}$;

$K_{\text{регл}}$ – коэффициент регламента;

$K_{\text{рем}}$ – коэффициент ремонта системы;

$K_{i\text{рем}}$ – коэффициент i -го элемента;

S_i – число циклов работы i -го элемента $S_i = \frac{T_{i\text{эксп}}}{t_{\text{ц}}}$ за период эксплуатации;

$T_{\text{рем}}$ – среднее время непланового ремонта;

$Q(t) = 1 - P(t)$ – вероятность отказа системы;

m – количество отказов;

n – объем испытаний, циклы.

Образец варианта задания

ЗАДАНИЕ № _____

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

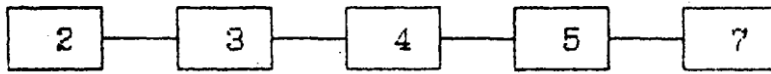


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

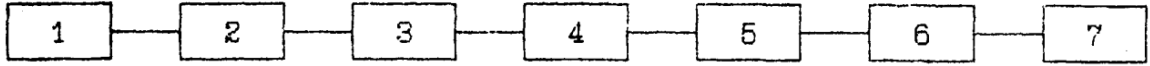


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эксп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 240$ час, $t_{\text{регл}} = 2$ года = 17520 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км/час за цикл,
 $T_{\text{регл}} = 25$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)_{\text{мин}}$	K_r час		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	$P(\tau)_{\text{мин}}$	K_r час	T_v час	$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	5	–	2	–	5000 км	
2	5	2,0	2,0	2	10	5000ц	$5 \cdot 10^6$ ч	
3	4	3,0	1,0	3	5	600ц	1000 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	0	–	800ц	–	
5	5	1,0	2,0	2,0	4	1200ц	2000 ц	
6	–	1,0	15,0	–	3	–	1500 ц	
7	30	230	4,0	–	–	–	–	

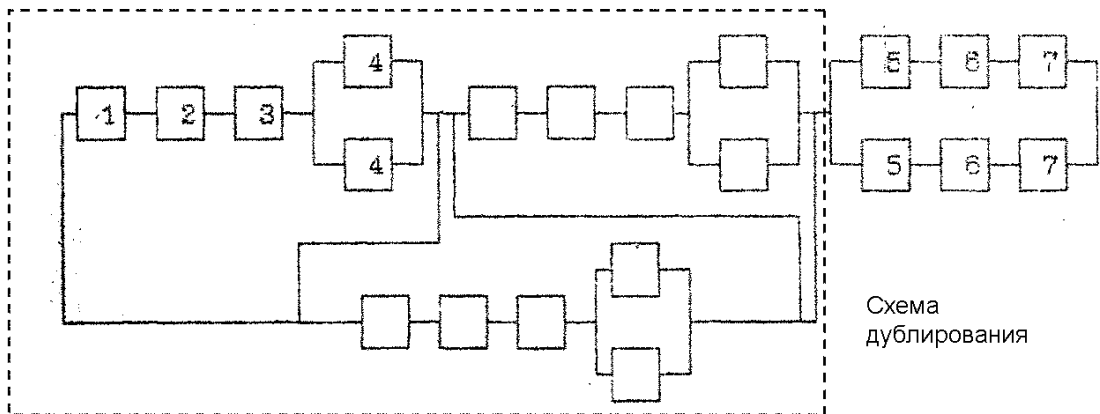


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х для элемента 7

$\lambda_1 = 2,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 3 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 6 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_2 = 2,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 4 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 5 \times 10^{-5}$ 1/час,

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} , по ССН, представленной ниже.



Рисунок 4 – ССН

Для расчета надежности элементов 1-6 используем статистические данные, полученные при испытаниях и представленные в задании, а расчет надежности элемента 7 проводим по справочным данным.

Основные формулы:

$$K_{i\text{рем}} = \frac{T_{i\text{рем}}}{T_{i\text{эксн}}} = \frac{m_i T_{iВ}}{n_i t_{ц}}; \quad (1)$$

$$\sigma_{K_{i\text{рем}}} = K_{i\text{рем}}; \quad (2)$$

$$P_i(t) = 1 - \frac{m_i}{n_i}, \text{ при } m_i \neq 0; \quad (3)$$

$$P_i(t) = 1 - \frac{1}{2(n_i + 2)}, \text{ при } m_i = 0; \quad (4)$$

$$\sigma_{P_i(t)} = \sqrt{\frac{P_i(t)(1 - P_i(t))}{n_i - 1}}, \text{ при } m_i \neq 0; \quad (5)$$

$$\sigma_{P_i(t)} = \frac{1}{2(n_i + 2)} \sqrt{\frac{5n_i + 7}{n_i + 3}}, \text{ при } m_i = 0; \quad (6)$$

$$K_{i\text{рем}} = \frac{T_{iВ}}{T_{iВ} + T_i} - \text{для непрерывно контролируемых элементов}; \quad (7)$$

или
$$K_{i\text{рем}} = \frac{Q_i(t) S_i T_{iВ}}{T_{i\text{эксн}}}, \quad (8)$$

где $Q_i(t) = 1 - P_i(t)$, S_i – число циклов эксплуатации i -го элемента за период $T_{i\text{эксн}}$.

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} = -\frac{\ln P_i(t)}{t}, \quad (9)$$

где T_i – среднее значение наработки на отказ i -го элемента;

$$K_{\text{рем}} = \sum_{i=1}^n K_{i\text{рем}}; \quad (10)$$

$$\sigma_{K_{\text{рем}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_{K_{i\text{рем}}}^2}; \quad (11)$$

$$K_{\text{регл}} = \frac{T_{\text{регл}}}{T_{\text{эксн}}}; \quad (12)$$

$$K_r = 1 - K_{\text{рем}} - K_{\text{регл}}; \quad (13)$$

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t); \quad (14)$$

$$\sigma_{P(t)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_{P_i(t)}^2}. \quad (15)$$

Здесь N – число элементов ССН, влияющих на соответствующий показатель надежности.

Расчет надежности элемента 1

В соответствии с данными, приведенными в задании, имеем:

$$T_{1в} = 5 \text{ ч}, \quad m'_1 = 2 \text{ отказа}, \quad n'_1 = 5000 \text{ км} = \frac{5000}{50} = 100 \text{ ц.}$$

Подставляя исходные данные в формулы (1) и (2), определим $K_{\text{рем}}$ и $\sigma_{K_{\text{рем}}}$:

$$K_{1\text{рем}} = \frac{m'_1 T_{1в}}{n'_1 t_{\text{ц}}} = \frac{2 \cdot 5}{100 \cdot 3} = 0,03333; \quad \sigma_{K_{1\text{рем}}} = 0,03333.$$

Расчет надежности элемента 2

Дано: $T_{2в} = 2 \text{ ч}, m_2 = 2 \text{ отказа}, m'_2 = 10 \text{ отказов}, n_2 = 5000 \text{ ц.}, T_{2\text{эксп}} = 5 \cdot 10^6 \text{ ч.}$

Подставляя исходные данные в формулы (3) и (5), определим $P_2(t)$ и $\sigma_{P_2(t)}$:

$$P_2(t) = 1 - \frac{m_2}{n_2} = 1 - \frac{2}{5000} = 0,9996;$$

$$\sigma_{P_2(t)} = \sqrt{\frac{P_2(t)(1 - P_2(t))}{n_2 - 1}} = \sqrt{\frac{0,9996 \cdot 0,0004}{4999}} = 0,000282814.$$

Из формул (1) и (2), определим $K_{\text{рем}}$ и $\sigma_{K_{\text{рем}}}$:

$$K_{2\text{рем}} = \frac{m'_2 T_{2в}}{T_{2\text{эксп}}} = \frac{2 \cdot 10}{5 \cdot 10^6} = 0,000004; \quad \sigma_{K_{2\text{рем}}} = 0,000004.$$

Расчет надежности элемента 3

Дано: $T_{3в} = 1 \text{ ч}, m_3 = 3 \text{ отказа}, m'_3 = 5 \text{ отказов}, n_3 = 600 \text{ ц.}, n'_3 = 1000 \text{ ц.}$

Подставляя исходные данные в формулы (3) и (5), определим $P_3(t)$ и $\sigma_{P_3(t)}$:

$$P_3(t) = 1 - \frac{m_3}{n_3} = 1 - \frac{3}{600} = 0,995;$$

$$\sigma_{P_3(t)} = \sqrt{\frac{P_3(t)(1 - P_3(t))}{n_3 - 1}} = \sqrt{\frac{0,995 \cdot 0,005}{599}} = 0,002881928.$$

Из формул (1) и (2), определим $K_{\text{рем}}$ и $\sigma_{K_{\text{рем}}}$:

$$K_{3\text{рем}} = \frac{m'_3 T_{3в}}{t_{\text{ц}} n'_3} = \frac{1 \cdot 5}{1000 \cdot 3} = 0,001666; \quad \sigma_{K_{3\text{рем}}} = 0,001666.$$

Расчет надежности элемента 4

Дано: $m_4 = 0 \text{ отказов}, n_4 = 800 \text{ ч.}, n'_3 = 1000 \text{ ц.}$

Подставляя исходные данные в формулы (4) и (6), определим $P_4(t)$ и $\sigma_{P_4(t)}$:

$$P_4(t) = 1 - \frac{1}{2(n_4 + 2)} = 1 - \frac{1}{2(800 + 2)} = 0,999377;$$

$$\sigma_{4P(t)} = \frac{1}{2(n_4 + 2)} \sqrt{\frac{5n_4 + 7}{n_4 + 3}} = \frac{1}{2(800 + 2)} \sqrt{\frac{5 \cdot 800 + 7}{800 + 3}} = 0,00139.$$

Расчет надежности элемента 5

Дано: $T_{5в} = 2$ ч, $m_5 = 2$ отказа, $m'_5 = 4$ отказов, $n_5 = 1200$ ц., $n'_5 = 2000$ ц..

Из формул (3) и (5), определим $P_5(t)$ и $\sigma_{P_5(t)}$:

$$P_5(t) = 1 - \frac{m_5}{n_5} = 1 - \frac{2}{1200} = 0,99833;$$

$$\sigma_{P_5(t)} = \sqrt{\frac{P_5(t)(1 - P_5(t))}{n_5 - 1}} = \sqrt{\frac{0,99833 \cdot 0,00167}{1199}} = 0,001178.$$

Из формул (1) и (2), определим $K_{рем}$ и $\sigma_{K_{рем}}$:

$$K_{5рем} = \frac{T_{5в} m'_5}{t_{ц} n'_5} = \frac{2 \cdot 4}{2000 \cdot 1} = 0,004; \quad \sigma_{K_{5рем}} = 0,004.$$

Расчет надежности элемента 6

Дано: $T_{6в} = 15$ ч, $m'_6 = 3$ отказа, $n'_6 = 1500$ ц..

Из формул (1) и (2), определим $K_{рем}$ и $\sigma_{K_{рем}}$:

$$K_{6рем} = \frac{T_{6в} m'_6}{t_{ц} n'_6} = \frac{15 \cdot 3}{1500 \cdot 1} = 0,03; \quad \sigma_{K_{6рем}} = 0,03.$$

Расчет надежности элемента 7

Структурная схема элемента 7 представляет собой смешанное соединение элементов.

Для расчета надежности элемента 7 представим структурную схему в виде 6 ветвей А, В, С, D, E, F и определим надежность каждой ветви.

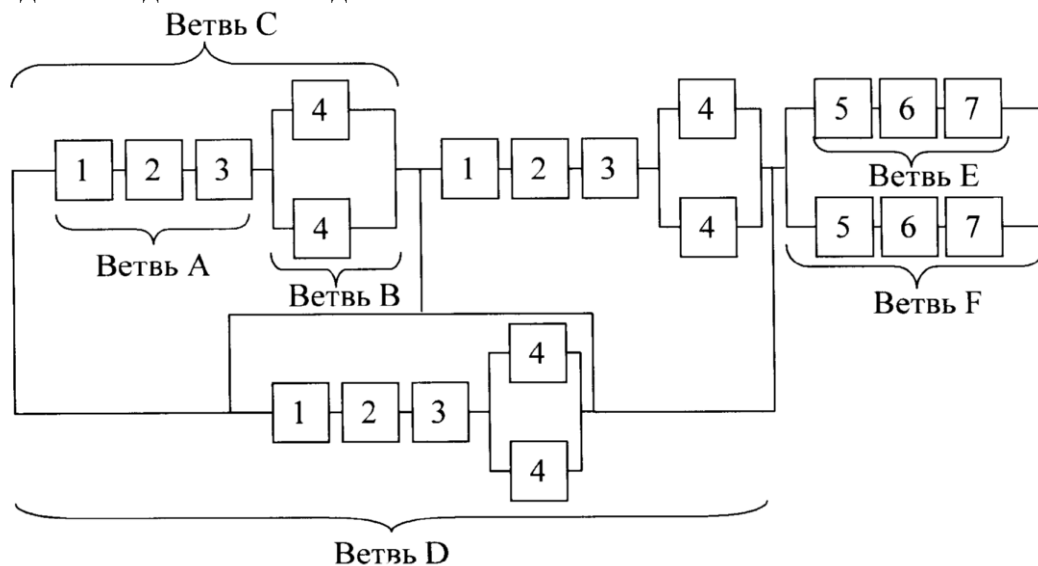


Рисунок 5 – ССН

Для элемента 7 известны следующие данные:

$$T_{7в} = 4 \text{ ч}, \quad t_p = 30 \text{ мин} = 0,5 \text{ ч}, \quad t_{тр.хр} = 3 \text{ ч}, \quad t_{хр} = 240 - 3 - 0,5 = 236,5 \text{ ч},$$

$$\lambda_{1р} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}, \quad \lambda_{2р} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}, \quad \lambda_{3р} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч},$$

$$\lambda_{4р} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}, \quad \lambda_{5р} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}, \quad \lambda_{6р} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}, \quad \lambda_{7р} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$$

Из формул: $\lambda_{iхр} = 10^{-3} \lambda_{iр}$, $\lambda_{iтр} = 1,5 \lambda_{iр}$, можно получить $\lambda_{iхр}$, $\lambda_{iтр}$.

Ветвь А

$$P_A(t) = \exp\left[-\sum_{i=1}^3(\lambda_p t_p + \lambda_{xp} t_{xp} + \lambda_{trxp} t_{trxp})\right] = 1 - \sum_{i=1}^3(\lambda_p t_p + \lambda_{xp} t_{xp} + \lambda_{trxp} t_{trxp}) =$$

$$= 1 - [(2 + 2,5 + 1,5) \cdot 0,5 + (2 + 2,5 + 1,5) \cdot 236,5 \cdot 10^{-3} + (2 + 2,5 + 1,5) \cdot 3 \cdot 10^{-3}] \cdot 10^{-5} =$$

$$= 1 - 10^{-5}(2 + 2,5 + 1,5) \cdot (0,5 + 0,2365 + 1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) = 0,99995554.$$

Ветвь В (схема дублирования)

$$P_B(t) = 1 - [1 - p(t)]^2 = 1 - [1 - 0,99997777]^2 = 0,999999999,$$

$$p(t) = 1 - 3 \cdot 10^{-5}(0,5 + 0,2365 + 1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) = 0,99997777.$$

Ветвь С

$$P_C(t) = P_A(t) \cdot P_B(t) = 0,99995554 \cdot 0,999999999 = 0,999955539.$$

Ветвь D (схема два из трех)

При расчете используем схему 2 из 3-х.

$$P_D(t) = P_C^3(t) + 3P_C^2(t)q(t) = 0,999955539^2 + 3 \cdot (0,999955539)^2 \cdot 0,00004446 = 0,999999992,$$

$$\sigma_{P_D(t)} = -\frac{\ln P_D(t_p)}{t_p} = \frac{0,000000008}{0,5} = 0,000000016.$$

Ветвь Е

Расчет производим аналогично ветви А.

$$P_E(t) = 1 - 10^{-5}(4 + 5 + 6) \cdot (0,5 + 0,2365 + 1,5 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) = 0,99988885.$$

Ветвь F (схема дублирования)

Расчет аналогичен ветви В.

$$P_F(t) = 1 - [1 - P_E(t)]^2 = 1 - [1 - 0,99988885]^2 = 0,999999987,$$

$$\sigma_{P_F(t)} = -\frac{\ln P_F(t_p)}{t_p} = \frac{0,000000012}{0,5} = 0,000000024$$

Надежность элемента 7 равна:

$$P_7(t) = P_D(t) \cdot P_F(t) = 0,999999992 \cdot 0,999999987 = 0,999999979,$$

$$\sigma_{P_7(t)} = \sqrt{\sigma_{P_D(t)}^2 + \sigma_{P_F(t)}^2} = \sqrt{0,000000016^2 + 0,000000024^2} = 0,000000028.$$

Расчет $K_{рем}$ элемента 7.

(аналогичен расчету надежности элемента 7, те же формулы, но значения t_p , t_{xp} другие).

$$t_p = 230 \text{ ч}, t_{trxp} = 3 \text{ ч}, t_{xp} = 240 - 230 - 3 = 7 \text{ ч}.$$

Ветвь А

$$P_A(t) = 1 - 10^{-5}(2 + 2,5 + 1,5)(230 + 7 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}) = 0,986199.$$

Ветвь В

$$P_B(t) = 1 - [1 - p(t)]^2 = 1 - [1 - 0,993099655]^2 = 0,999952385,$$

$$\text{где } p(t) = 1 - 3 \cdot 10^{-5} \cdot (230 + 7 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}) = 0,993099655.$$

Ветвь С

$$P_C(t) = P_A(t)P_B(t) = 0,98619931 \cdot 0,999952385 = 0,986152352.$$

Ветвь D

$$P_D(t) = (0,986152352)^{-3} + 3 \cdot (0,986152352)^2 \cdot 0,013847647 = 0,999430037.$$

Ветвь Е

$$P_E(t) = 1 - 10^{-5}(4 + 5 + 5)(230 + 7 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}) = 0,965498275.$$

Ветвь F

$$P_F(t) = 1 - [1 - 0,965498275]^2 = 0,998809631.$$

$$\text{Тогда: } P_7(t) = P_D(t)P_F(t) = 0,999430037 \cdot 0,998809631 = 0,998240346.$$

Используя формулы (7) и (8), вычислим коэффициент ремонта:

$$\lambda_7 = \frac{1}{T_7} = -\frac{\ln P_7(t)}{t_p} = \frac{0,001761203}{230} = 0,000007657. \quad T_7 = 130592,5129.$$

$$K_{7\text{рем}} = \frac{T_{7\text{в}}}{T_{7\text{в}} + T_7} = \frac{4}{4 + 130592,5} = 0,000030628. \quad \sigma_{K_{7\text{рем}}} = 0,000030628.$$

Вероятность безотказной работы и среднее квадратическое отклонение изделия в целом соответственно равны:

$$P(t) = p_2(t)p_3(t)p_4(t)p_5(t)p_7(t) = 0,9996 \cdot 0,995 \cdot 0,999376558 \cdot 0,998333 \cdot 0,999999979 = 0,992325265,$$

$$\begin{aligned} \sigma_{P(t)} &= \sqrt{\sigma_{P_2(t)}^2 + \sigma_{P_3(t)}^2 + \sigma_{P_4(t)}^2 + \sigma_{P_5(t)}^2 + \sigma_{P_7(t)}^2} = \\ &= \sqrt{0,000282814^2 + 0,002881928^2 + 0,001392667^2 + 0,001178019^2 + 0,000000028^2} = \\ &= 0,003422388. \end{aligned}$$

По формуле (10) найдем коэффициент ремонта изделия:

$$K_{\text{рем}} = 0,033333333 + 0,000004 + 0,001666666 + 0,004 + 0,03 + 0,000030628 = 0,069034627.$$

По формуле (10) – среднее квадратическое отклонение

$$\begin{aligned} \sigma_{K_{\text{рем}}} &= \sqrt{0,03333333^2 + 0,000004^2 + 0,00166667^2 + 0,004^2 + 0,03^2 + 0,000030628^2} = \\ &= 0,045054298. \end{aligned}$$

Далее по формуле (12) вычислим коэффициент регламента:

$$K_{\text{регл}} = \frac{T_{\text{регл}}}{t_{\text{регл}}} = \frac{25 \cdot 24}{2 \cdot 8760} = 0,034246575.$$

Из соотношения (13) – коэффициент готовности:

$$K_{\Gamma} = 1 - 0,069034627 - 0,034246575 = 0,896718798.$$

Принимаем $\sigma_{K_{\Gamma}} = \sigma_{K_{\text{рем}}} = 0,045054298$

$$\text{Ответ: } P(t) = 0,9923; \quad \sigma_{P(t)} = 0,0034; \quad K_{\Gamma} = 0,8967; \quad \sigma_{K_{\Gamma}} = 0,0451.$$

Рекомендуемая литература

1. Труханов В.М. Надежность в технике. М.: Машиностроение, 1999. - 598 с.
2. Труханов В.М. Справочник по надежности специальных подвижных установок. М.: Машиностроение, 1997. - 200 с.
3. Труханов В.М. Надежность изделий машиностроения. Теория и практика. Учебник для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1996г.-336с.
4. Труханов В.М. Краткий курс теории и практики надежности сложных систем: Учеб. пособ. / ВолгГТУ. - Волгоград, 1996. - 118с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. - 576 с.
6. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1966. - 524 с.
7. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.Э. Надежность машин. М.: Высш. школа, 1988. - 236 с.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

ЗАДАНИЕ №1

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

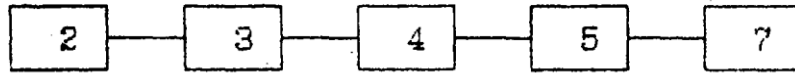


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

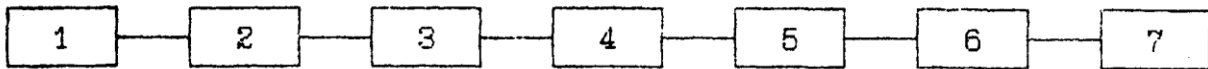


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 168$ час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 40$ км за 1 цикл,

$T_{\text{регл}} = 25$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	2,0	–	5	–	5000 км	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
2	2	3,5	5,0	3	10	3000ц	$5 \cdot 10^5$ ч	
3	2	1,5	6,0	0	4	600ц	400 ц	
4	1	–	–	0	–	200ц	–	
5	1	1,0	3,0	2,0	5	100ц	1000 ц	
6	–	0,5	10,0	0	2	–	2000 ц	
7	20	160	1,5	–	–	–	–	

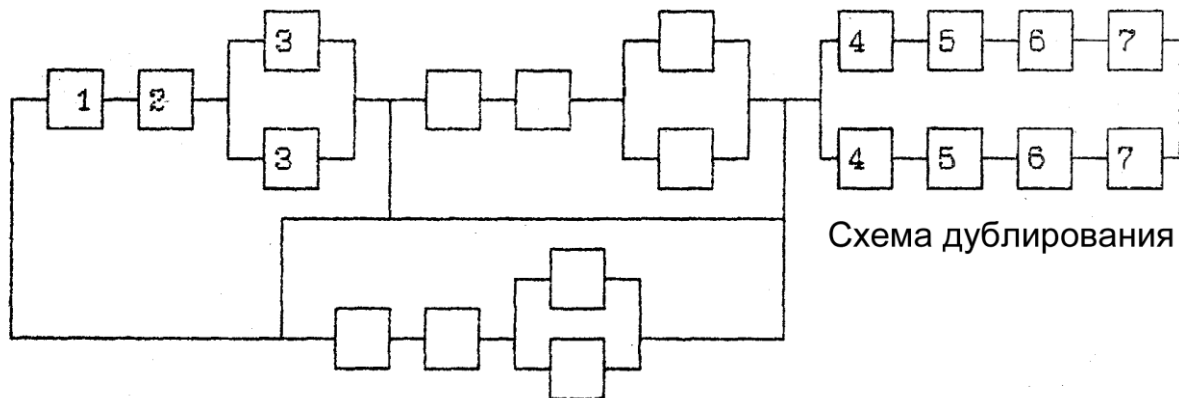


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$$\lambda_1 = 12,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,}$$

$$\lambda_2 = 10 \times 10^{-5} \text{ 1/час,}$$

$$\lambda_3 = 20 \times 10^{-5} \text{ 1/час,}$$

$$\lambda_4 = 15 \times 10^{-5} \text{ 1/час, } \lambda_7 = 40 \times 10^{-5} \text{ 1/час.}$$

$$\lambda_5 = 30 \times 10^{-5} \text{ 1/час,}$$

$$\lambda_6 = 25 \times 10^{-5} \text{ 1/час,}$$

ЗАДАНИЕ № _____

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

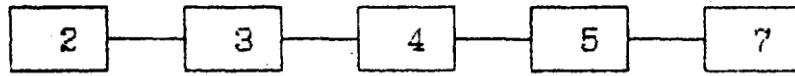


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

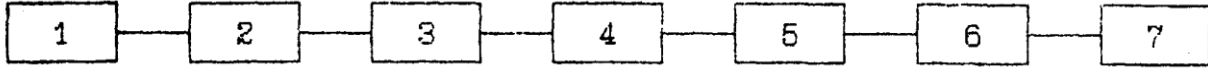


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 5 \text{ лет}$, $t_{\text{ц}} = 1 \text{ нед.} = 168 \text{ час}$, $t_{\text{регл}} = 1 \text{ год} = 8760 \text{ час}$, $L_{\text{ср}} = 50 \text{ км за 1 цикл}$,
 $T_{\text{регл}} = 15 \text{ суток}$.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	2,0	3,0	–	4	–	4000 км	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
2	2	3,0	2,0	2	5	200ц	$2 \cdot 10^5 \text{ ч}$	
3	2	2,0	3,0	2	2	100ц	300 ц	
4	2	–	–	0	–	100ц	–	
5	2	5,0	5,0	2	6	400ц	600 ц	
6	–	3,0	2,0	–	2	–	400 ц	
7	30	165	2,0	–	–	–	–	

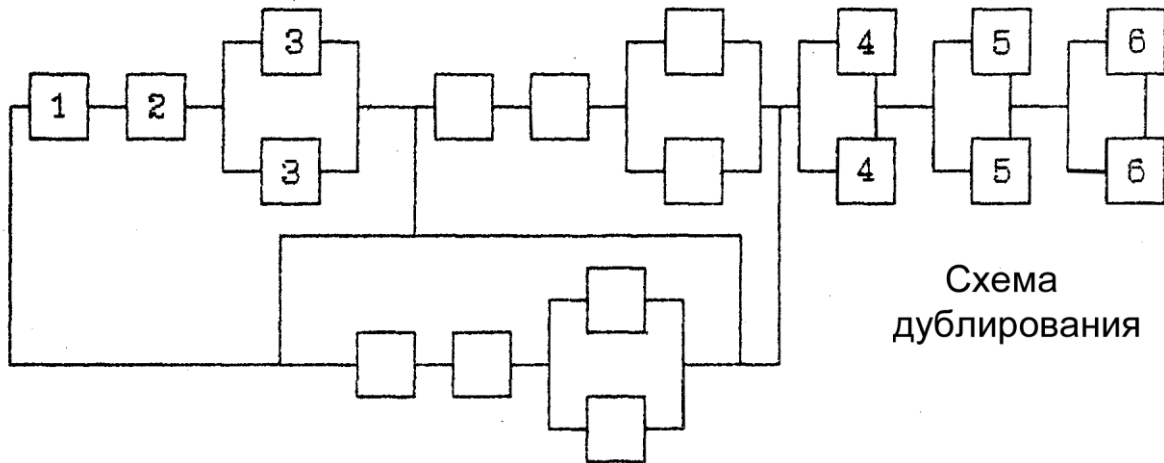


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 0,5 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$, $\lambda_4 = 15 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$,
 $\lambda_2 = 2 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$, $\lambda_5 = 20 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$,
 $\lambda_3 = 12 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$, $\lambda_6 = 30 \times 10^{-5} \text{ 1/час}$.

ЗАДАНИЕ № _____

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

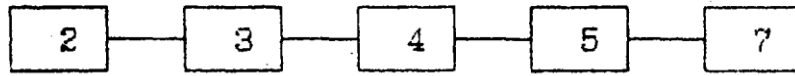


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

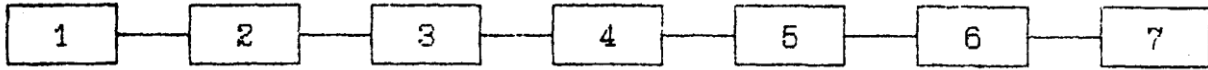


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 15$ лет, $t_{\text{ц}} = 2$ недели = 336 час, $t_{\text{регл}} = 2$ года = 17520 час,

$L_{\text{ср}} = 100$ км за 1 цикл, $T_{\text{регл}} = 30$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	6,0	3,0	–	8	–	10000 км	
2	2	3,0	5,0	2	10	5000ц	$4 \cdot 10^5$ ч	
3	2	5,0	6,0	0	8	1000ц	800 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	1	–	–	2,0	–	400ц	–	
5	2	3,0	2,0	2,0	5	200ц	2000 ц	
6	–	1,0	5,0	0	4	–	4000 ц	
7	30	330	3,0	–	–	–	–	

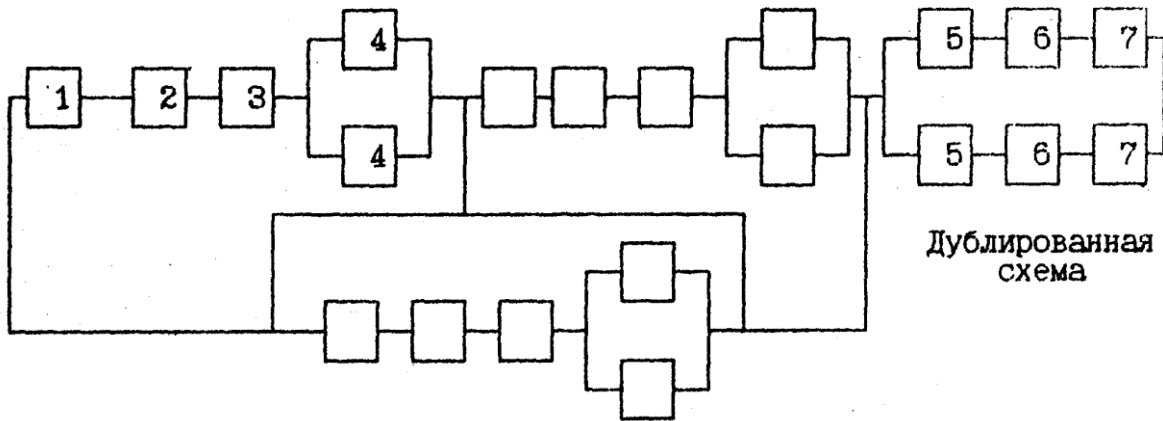


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 6,0 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 5 \times 10^{-5}$ 1/час,

$\lambda_4 = 8 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_5 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_6 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №4

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

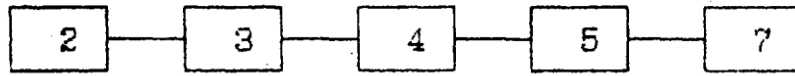


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

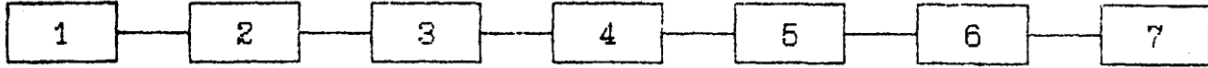


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 7$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ недели = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 15$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	4,0	–	5	–	2000 км	
2	3	2,0	5,0	1,0	6	3000ц	$3,6 \cdot 10^5$ ч	
3	3	3,0	5,0	2,0	5	1000ц	1000 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	2	–	–	1,0	–	200ц	–	
5	3	4,0	2,0	0	4	200ц	2000 ц	
6	–	2,0	6,0	0	3	–	3000 ц	
7	15	165	4,0	–	–	–	–	

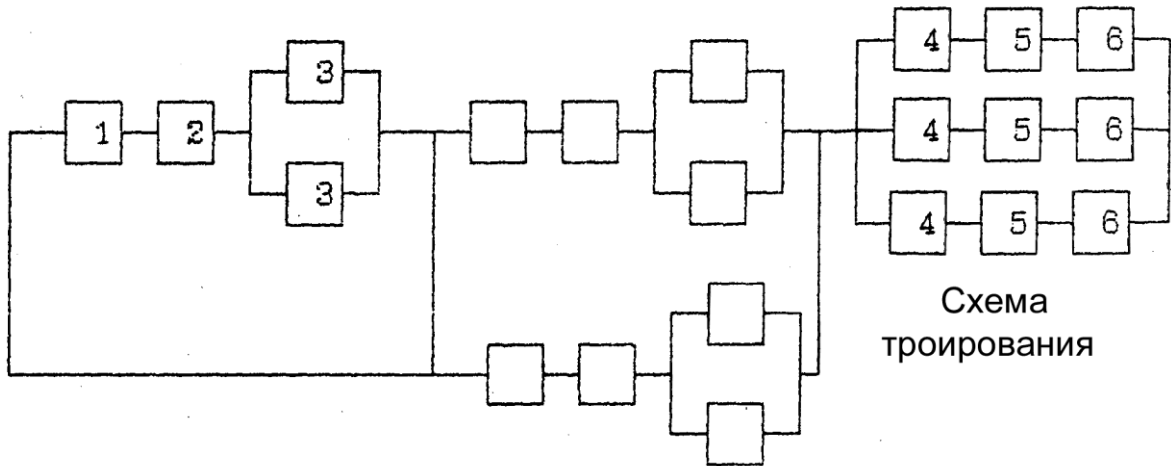


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 5,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 3 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 25 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №5

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

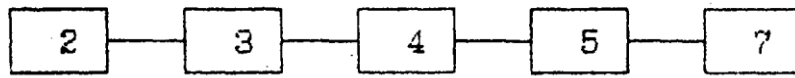


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

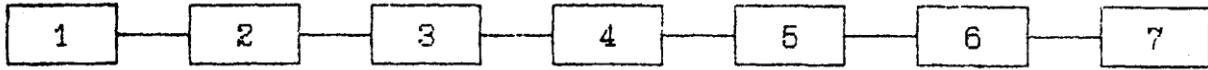


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 20$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ месяц, $t_{\text{регл}} = 2$ года = 17520 час, $L_{\text{сп}} = 100$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 30$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа $T_{\text{в}}$ час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	5,0	2,0	–	5	–	4000 км	Расчет по λ -характеристикам 7 элемента
2	2	2,0	4,0	2,0	6	5000ц	$6 \cdot 10^5$ ч	
3	2	3,0	3,0	0	3	4000ц	6000 ц	
4	3	–	–	1,0	–	300ц	–	
5	3	4,0	5,0	3,0	8	600ц	8000 ц	
6	–	2,0	6,0	–	2	–	400 ц	
7	20	400	5,0	–	–	–	–	

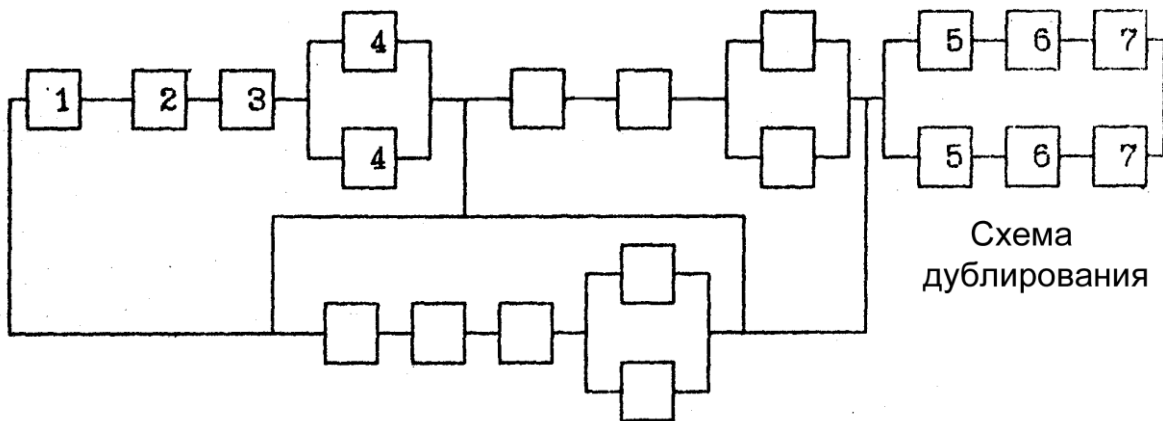


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_2 &= 1,5 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_3 &= 2,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_4 &= 5,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \quad \lambda_7 = 15 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_5 &= 6,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_6 &= 10 \times 10^{-5} \text{ 1/час.} \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ № _____

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

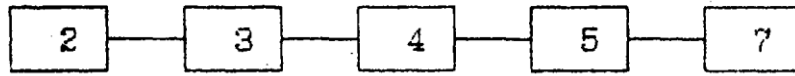


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

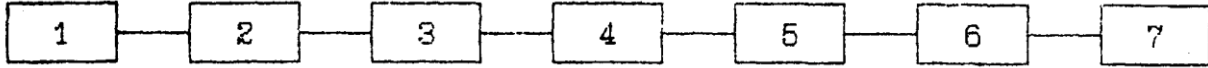


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эксп}} = 5$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ недели = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 45$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 18$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	2,0	2,0	–	2	–	2000 км	
2	2	3,0	4,0	2	8	2000ц	$8 \cdot 10^5$ ч	
3	2	2,0	5,0	0	5	300ц	500 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	2	–	–	0	–	200ц	–	
5	2	5,0	3,0	1,0	4	400ц	800 ц	
6	–	1,0	10,0	–	3	–	600 ц	
7	30	165	2,0	–	–	–	–	

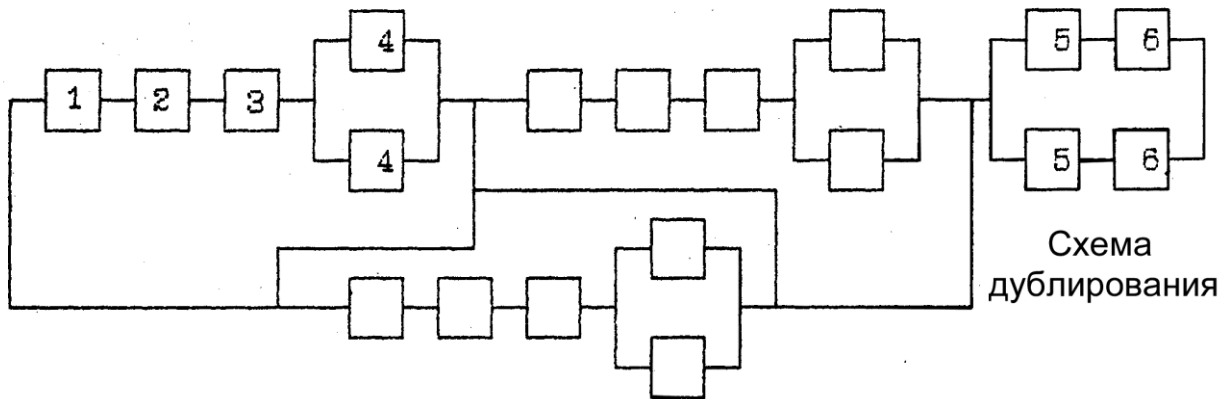


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 2,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 7,0 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 3,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 8,0 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №7

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

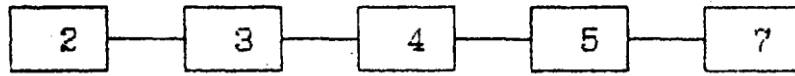


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

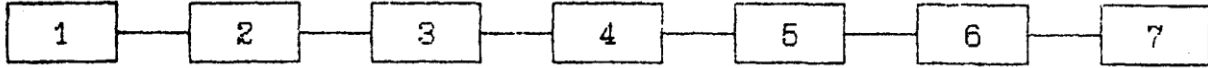


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 12$ лет, $t_{\text{ц}} = 10$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 20$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	5,0	3,0	–	6	–	6000 км	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
2	5	3,0	6,0	1	5	1000ц	50000 ч	
3	5	7,0	2,0	3	8	3000ц	4000 ц	
4	4	–	–	0	–	400ц	–	
5	2	2,0	10,0	2	5	200ц	1000 ц	
6	–	1,0	15,0	–	10	–	2000 ц	
7	30	200	5,0	–	–	–	–	

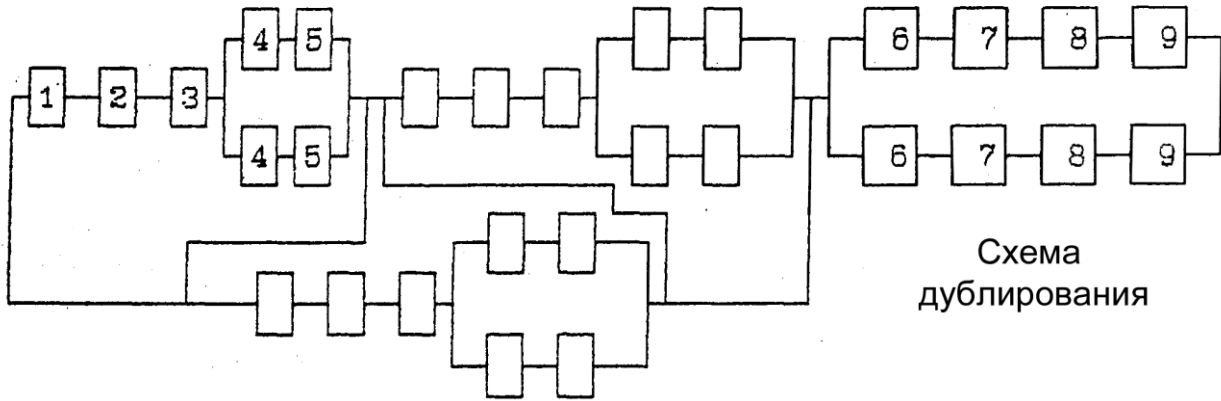


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 1,8 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 2,0 \times 10^{-5}$ 1/час,

$\lambda_4 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 18 \times 10^{-5}$ 1/час
 $\lambda_5 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 14 \times 10^{-5}$ 1/час
 $\lambda_6 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час. $\lambda_9 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час

ЗАДАНИЕ №8

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:



Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

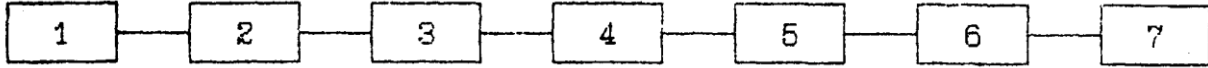


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 7$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ неделя = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 45$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 18$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	2,0	–	5	–	10000 км	
2	3	2,0	3,0	2	6	200ц	20000 ч	
3	3	4,0	1,5	1	5	300ц	500 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	2	–	–	2	–	200ц	–	
5	3	5,0	6,0	0	3	100ц	300 ц	
6	–	3,0	2,0	–	2	–	200 ц	
7	15	165	5,0	–	–	–	–	

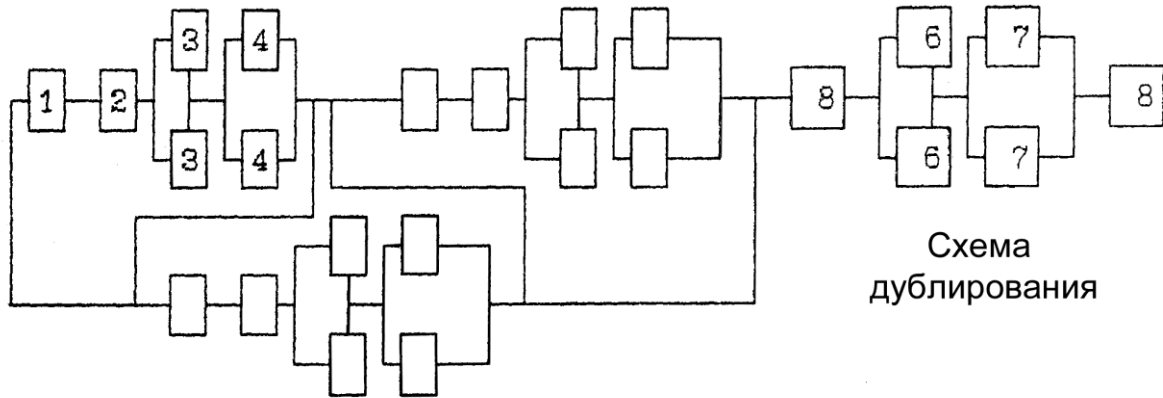


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 0,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 1,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_3 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №9

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

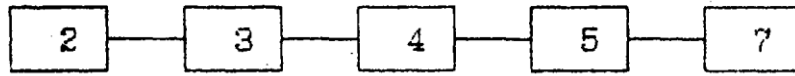


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

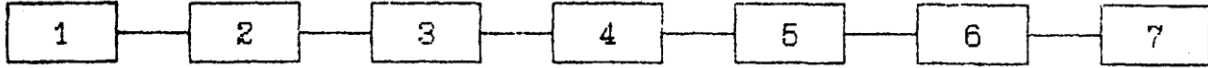


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 5$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ нед. = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 15$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	2,0	3,0	–	4	–	4000 км	Расчет по λ -характеристикам 7 элемента
2	2	3,0	2,0	2	5	200ц	$2 \cdot 10^5$ ч	
3	2	2,0	4,0	1	3	100ц	300 ц	
4	2	–	–	0	–	100ц	–	
5	2	5,0	5,0	2	6	400ц	600 ц	
6	–	3,0	2,0	–	2	–	400 ц	
7	30	165	2,0	–	–	–	–	

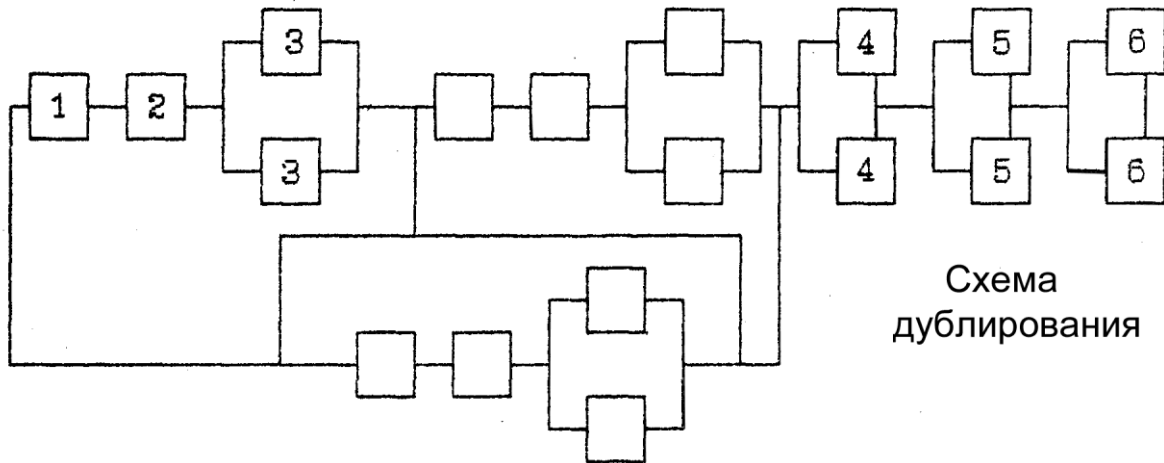


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 0,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №10

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

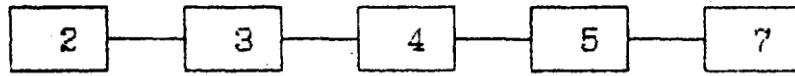


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

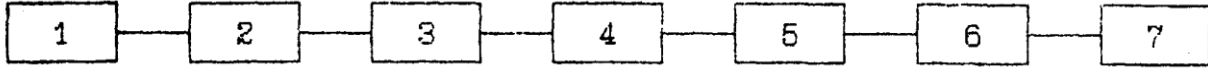


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{жсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ нед. = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 45$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 25$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	4,0	–	5	–	5000 км	
2	5	2,0	3,0	2	5	200ц	$20 \cdot 10^5$ ч	
3	5	4,0	2,0	2	5	300ц	1200 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	2	–	200ц	–	
5	2	4,0	5,0	0	8	100ц	800 ц	
6	–	6,0	2,0	–	10	–	1000 ц	
7	30	165	4,0	–	–	–	–	

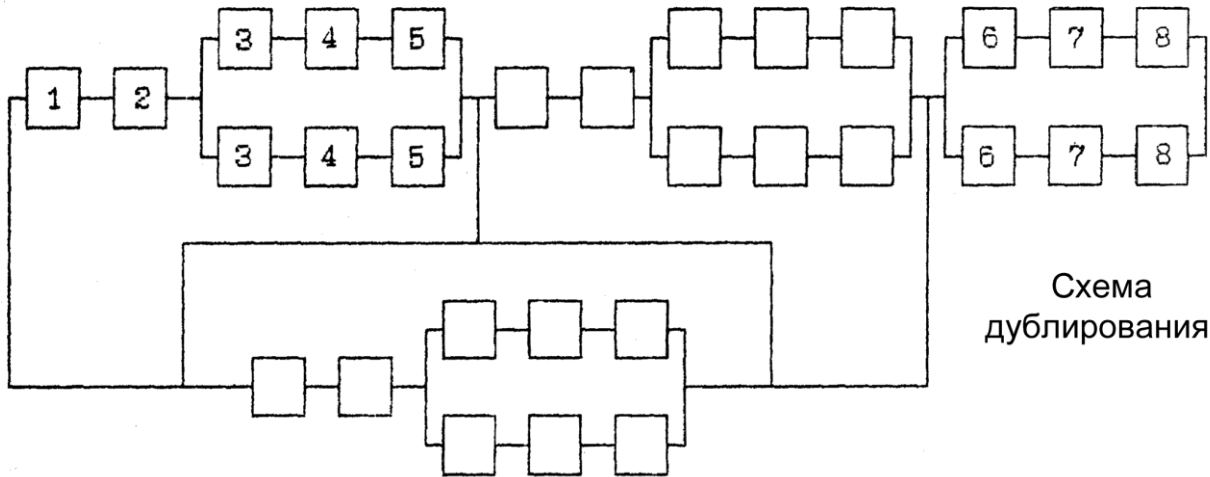


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 0,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 1,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 18 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №1

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

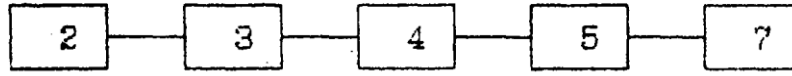


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

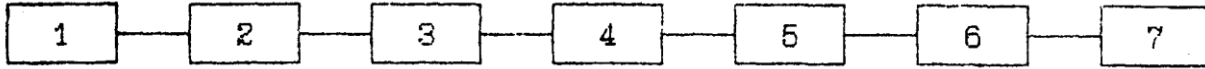


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 10$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 45$ км за 1 цикл,

$T_{\text{регл}} = 25$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$ мин	K_r час		m_i $P(\tau)$	m'_i K_r	n_i $P(\tau)$	n'_i K_r	
1	–	3,0	4,0	–	5	–	5000 км	
2	5	2,0	3,0	2	5	200ц	$20 \cdot 10^5$ ч	
3	5	3,0	2,0	1	6	300ц	1200 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	2	–	200ц	–	
5	2	4,0	5,0	0	8	100ц	800 ц	
6	–	6,0	2,0	–	10	–	1000 ц	
7	30	165	4,0	–	–	–	–	

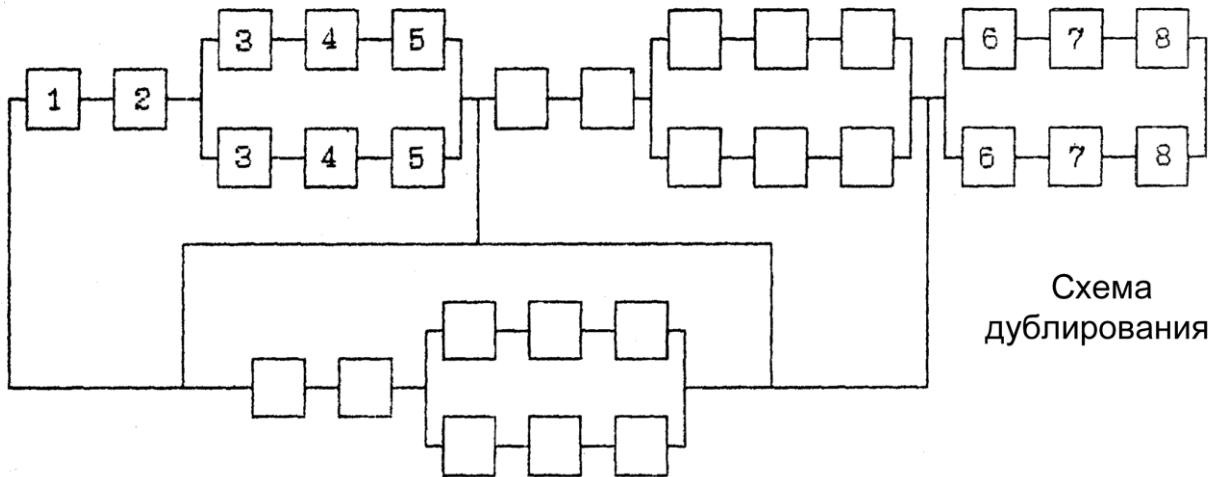


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 0,5 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 1,0 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час,

$\lambda_4 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_5 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_6 = 18 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №2

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

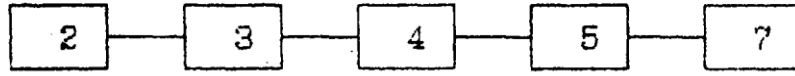


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

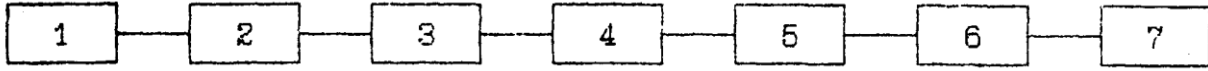


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 15$ лет, $t_{\text{ц}} = 15$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 20$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытаний, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	5,0	4,0	–	10	–	10000 км	
2	2	3,0	3,0	1	4	200ц	40000 ч	
3	2	2,0	2,0	2	5	400ц	500 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	0	–	150ц	–	
5	4	1,0	5,0	3	6	500ц	600 ц	
6	–	5,0	2,0	–	10	–	1000 ц	
7	60	230	4,0	–	–	–	–	

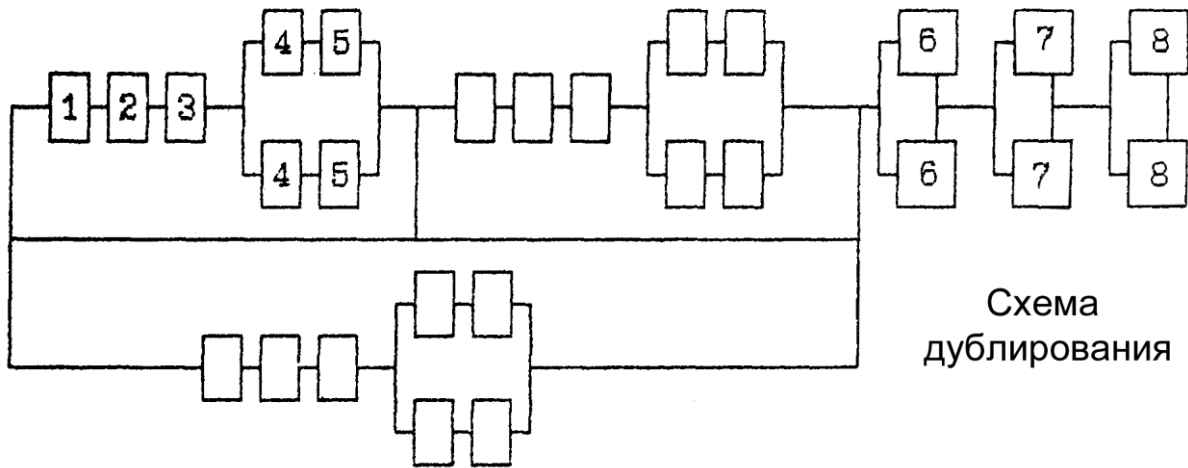


Схема дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,2 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 1,0 \times 10^{-5}$ 1/час,

$\lambda_4 = 8 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_5 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_6 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №3

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

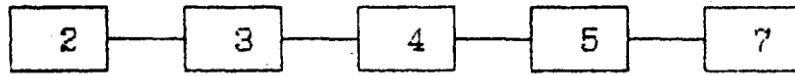


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

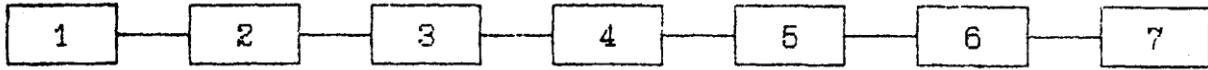


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{жсп}} = 15$ лет, $t_{\text{ц}} = 10$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{сп}} = 40$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 15$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	5,0	–	8	–	8000 км	
2	3	3,0	3,0	0	5	200ц	50000 ч	
3	2	2,0	4,0	3	6	300ц	600 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	1	–	100ц	–	
5	5	3,0	5,0	2	5	400ц	500 ц	
6	–	2,0	2,0	–	4	–	400 ц	
7	30	230	5,0	–	–	–	–	

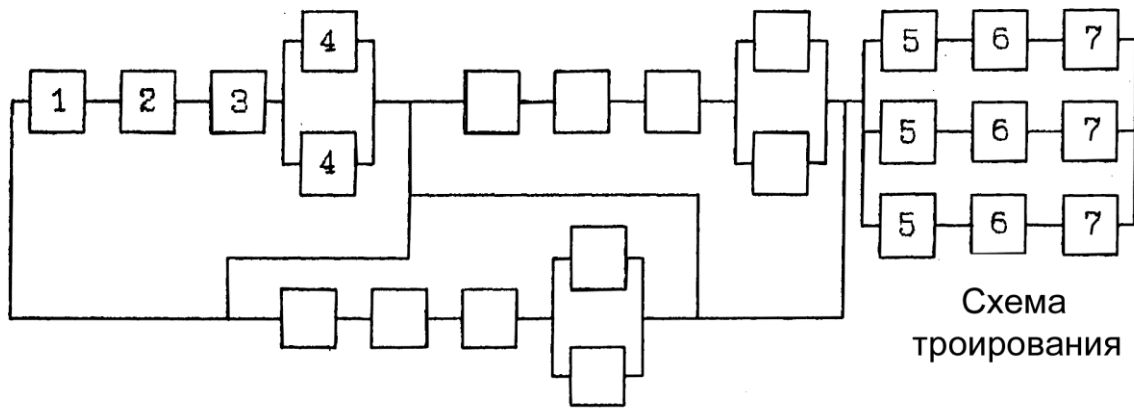


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 3 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 60 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_2 = 2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 4 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 50 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №4

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

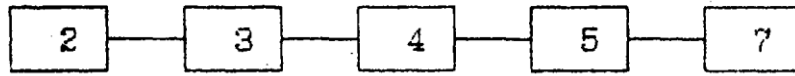


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

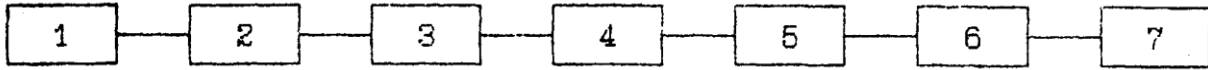


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 7$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ нед. = 168ч68^т $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 60$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 15$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	4,0	3,0	–	2	–	10000 км	
2	5	3,0	8,0	1	12	4000ц	400000 ч	
3	5	2,0	2,0	5	5	500ц	500 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	0	–	400ц	–	
5	2	1,0	2,0	2	4	1200ц	2000 ц	
6	–	0,5	10,0	0	3	–	2000 ц	
7	45	168	3,0	–	–	–	–	

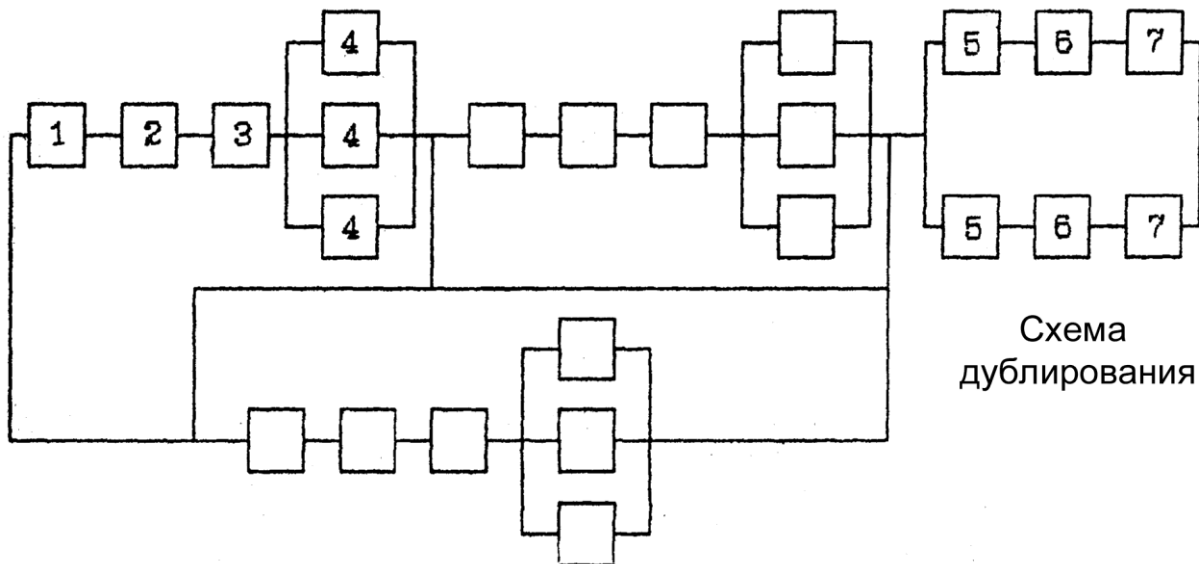


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 4 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_2 = 3 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 8 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №5

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

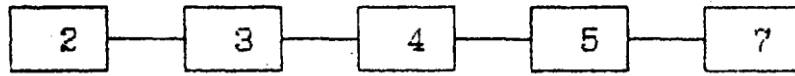


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

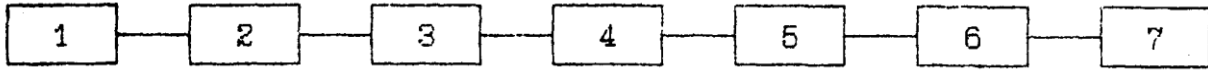


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 240$ час, $t_{\text{регл}} = 2$ года = 17520 час, $L_{\text{сп}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 25$ суток.

Элемент ССН	Время работы эле- мента за 1 цикл эксплуатации, вли- яющей на:		Среднее время восста- новления отказа $T_{\text{в}}$ час	Количество отка- зов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показа- тели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	5,0	–	2	–	5000 км	
2	5	2,0	2,0	2	10	5000ц	500000 ч	
3	4	3,0	1,0	3	5	600ц	1000 ц	Расчет по λ ха- рактеристикам 7 элемента
4	3	–	–	0	–	800ц	–	
5	5	1,0	2,0	2	4	1200ц	2000 ц	
6	–	1,0	15,0	0	3	–	1500 ц	
7	30	240	4,0	–	–	–	–	

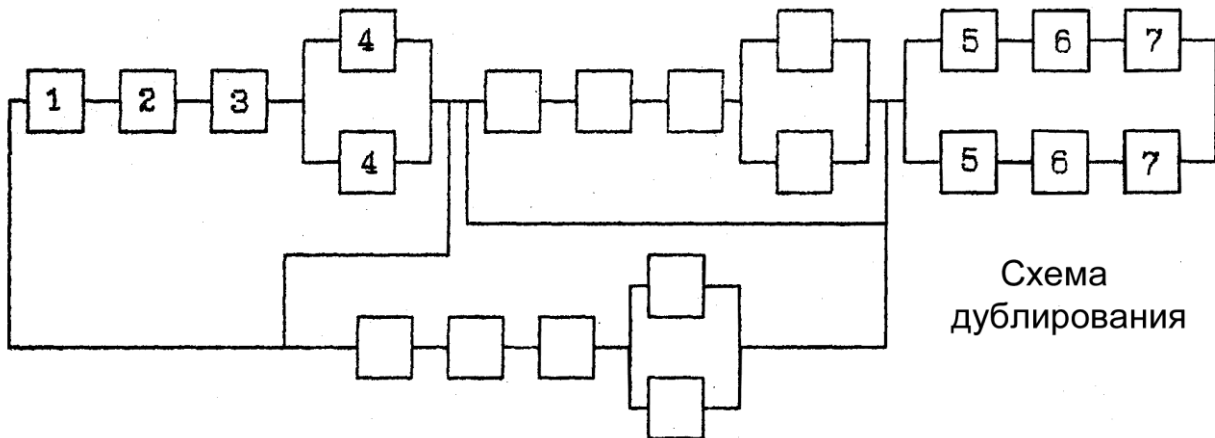


Схема
дублирования

Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 3 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 6 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_2 = 2,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 4 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 5 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №6

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:



Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

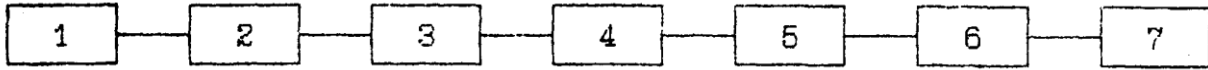


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 168$ час, $t_{\text{регл}} = 1$ ГОД = 8760 час, $L_{\text{сп}} = 40$ км за 1 цикл,

$T_{\text{регл}} = 20$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	2,0	–	5	–	6000 км	
2	2	3,5	5,0	3	10	3000ц	500000 ч	
3	2	1,5	6,0	0	4	800ц	400 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	1	–	–	0	–	200ц	–	
5	1	1,0	3,0	2	5	100ц	1000 ц	
6	–	0,5	10,0	0	2	–	2000 ц	
7	20	160	1,5	–	–	–	–	

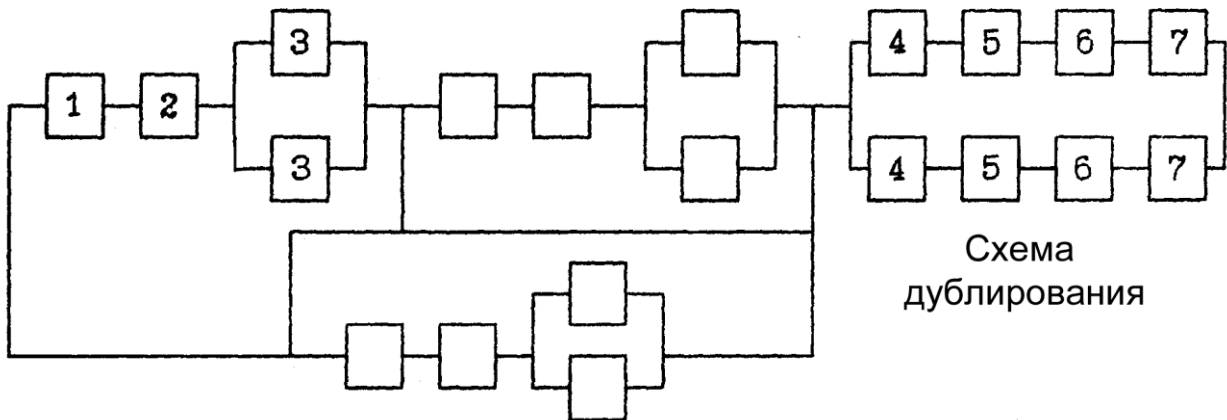


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,

$\lambda_4 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 40 \times 10^{-5}$ 1/час.
 $\lambda_5 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_6 = 25 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №17

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

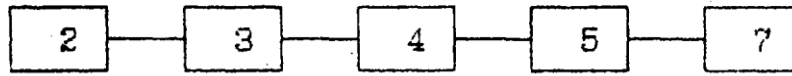


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

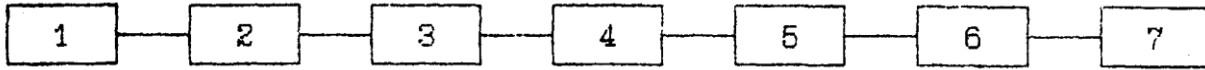


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{жсп}} = 15$ лет, $t_{\text{ц}} = 7$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{сп}} = 45$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 20$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	4,0	–	5	–	8000 км	
2	3	2,0	3,0	2	6	400ц	600000 ч	
3	3	4,0	5,0	0	8	200ц	800 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	4	–	–	3	–	300ц	–	
5	2	5,0	2,0	1	4	300ц	400 ц	
6	–	5,0	3,0	–	3	–	600 ц	
7	15	165	5,0	–	–	–	–	

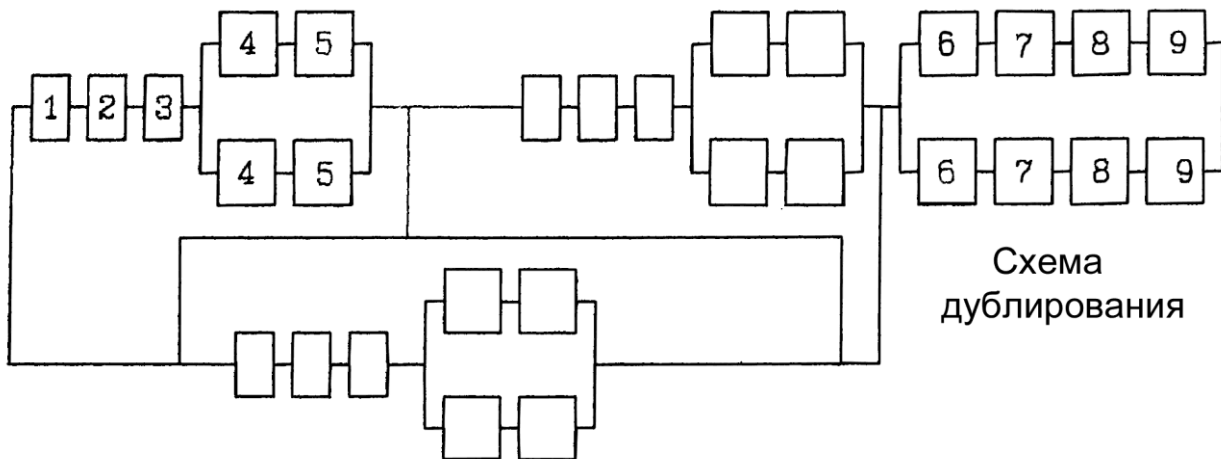


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 0,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 1,2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 25 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_9 = 40 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №8

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

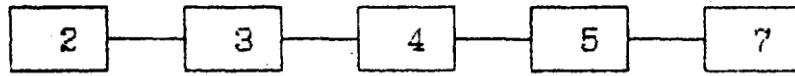


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

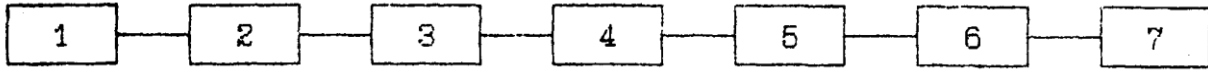


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 5$ лет, $t_{\text{ц}} = 1$ нед. = 168 час, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{ср}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 15$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа $T_{\text{в}}$ час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	4,0	–	6	–	3000 км	
2	2	2,0	2,0	2	5	400ц	5000 ч	
3	3	3,0	5,0	0	4	200ц	800 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	2	–	400ц	–	
5	2	2,0	3,0	3	6	300ц	600 ц	
6	–	5,0	2,0	–	5	–	500 ц	
7	30	165	4,0	–	–	–	–	

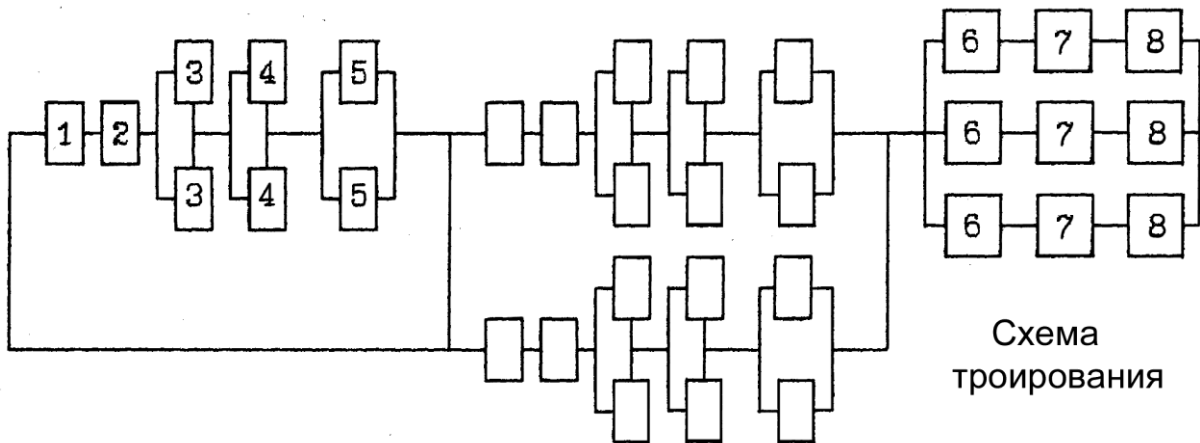


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 50 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 2,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 65 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 25 \times 10^{-5}$ 1/час,

ЗАДАНИЕ №19

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

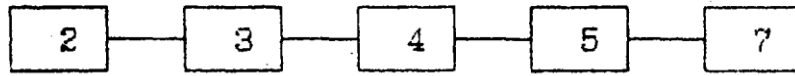


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

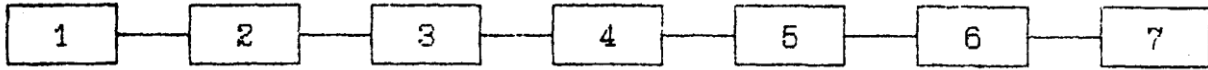


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 10$ лет, $t_{\text{ц}} = 10$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{сп}} = 40$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 18$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	2,0	2,0	–	4	–	4000 км	
2	3	3,0	3,0	0	5	150ц	500000 ч	
3	3	4,0	2,0	2	6	200ц	600 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	3	–	–	3	–	600ц	–	
5	2	5,0	5,0	4	10	400ц	1000 ц	
6	–	5,0	10,0	–	5	–	500 ц	
7	30	230	5,0	–	–	–	–	

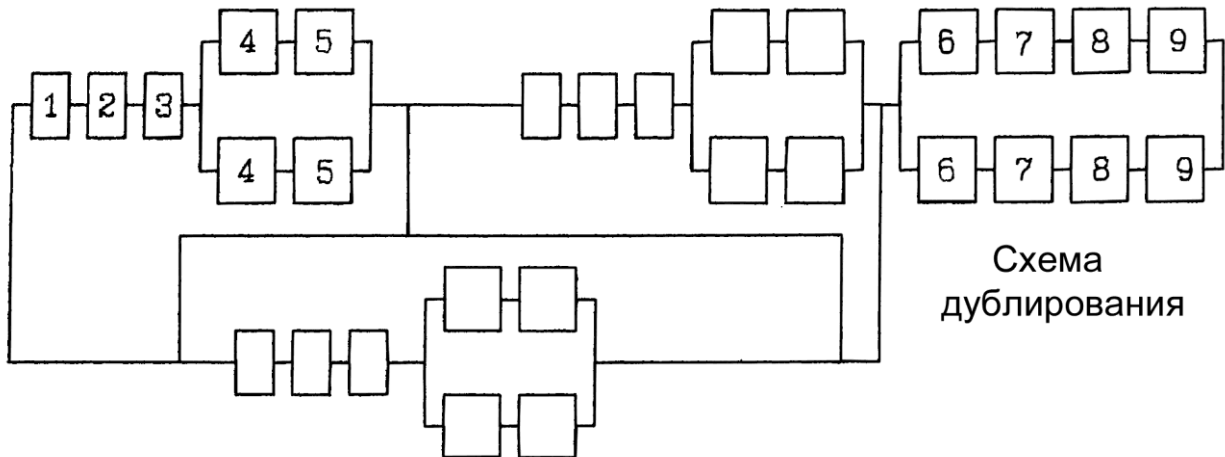


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$\lambda_1 = 1,0 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_4 = 10 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_7 = 20 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_2 = 1,2 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_5 = 15 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_8 = 25 \times 10^{-5}$ 1/час,
 $\lambda_3 = 1,5 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_6 = 12 \times 10^{-5}$ 1/час, $\lambda_9 = 30 \times 10^{-5}$ 1/час.

ЗАДАНИЕ №20

Определить количественные показатели надежности $P(\tau)$, K_r , $\sigma_{P(\tau)}$, σ_{K_r} по ССН, представленной ниже в таблице, при следующих исходных данных:

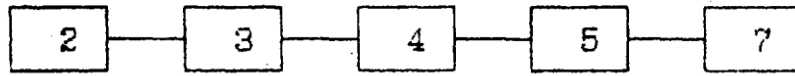


Рисунок 1 – ССН для определения $P(\tau)$

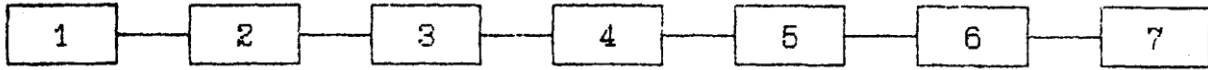


Рисунок 2 – ССН для определения K_r

$T_{\text{эсп}} = 20$ лет, $t_{\text{ц}} = 10$ суток, $t_{\text{регл}} = 1$ год = 8760 час, $L_{\text{сп}} = 50$ км за 1 цикл,
 $T_{\text{регл}} = 20$ суток.

Элемент ССН	Время работы элемента за 1 цикл эксплуатации, влияющей на:		Среднее время восстановления отказа T_v час	Количество отказов, влияющих на:		Объем испытания, влияющий на показатели		Примечание
	$P(\tau)$	K_r		m_i	m'_i	n_i	n'_i	
	мин	час		$P(\tau)$	K_r	$P(\tau)$	K_r	
1	–	3,0	4,0	–	10	–	10000 км	
2	3	2,0	3,0	1	5	200ц	50000 ч	
3	3	4,0	2,0	0	6	150ц	600 ц	Расчет по λ характеристикам 7 элемента
4	2	–	–	3	–	450ц	–	
5	2	2,0	5,0	4	8	400ц	800 ц	
6	–	4,0	8,0	–	6	–	600 ц	
7	15	230	5,0	–	–	–	–	

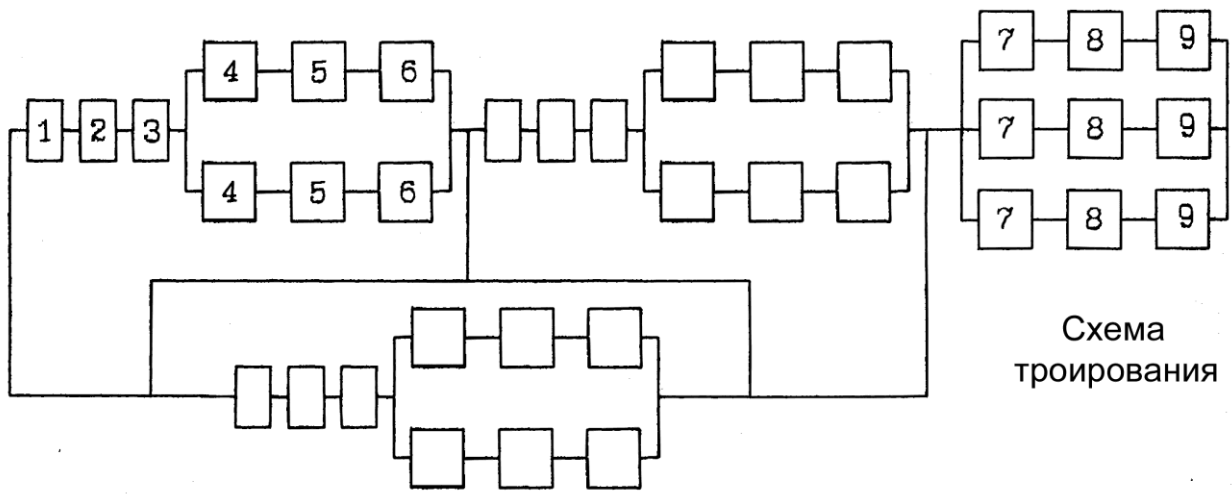


Рисунок 3 – Схема 2 из 3-х ССН для элемента 7

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 2,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_2 &= 3,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_3 &= 4,0 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_4 &= 10 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} & \lambda_7 &= 20 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_5 &= 12 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} & \lambda_8 &= 25 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} \\ \lambda_6 &= 15 \times 10^{-5} \text{ 1/час,} & \lambda_9 &= 30 \times 10^{-5} \text{ 1/час.} \end{aligned}$$