

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХАКАССКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
ФИЛИАЛ ФГАОУ ВПО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Методические указания

Красноярск
СФУ
2011

УДК 623.437.46
О 53

Рецензент

А. Н. Борисенко, канд. техн. наук, зам. директора по НИМС
ХТИ – филиала СФУ.

О 53 Оценка показателей надежности: метод. указания для практических занятий / сост. А. В. Олейников, В. А. Васильев. – Абакан: Сиб. федер. ун-т; ХТИ – филиал СФУ, 2011. – 64 с.

В методических указаниях представлены практические работы по дисциплине «Основы теории надежности и диагностика». Приведена методика оценки точечных показателей надежности, выбора закона распределения и его подтверждения с помощью критерия согласия, методика оценки показателей надежности сложных систем, методика оценки оптимального технического ресурса элементов и создание паспорта профилактики, методика оценки характеристик процесса восстановления.

Предназначены для практических занятий студентов специальности 190601.65 «Автомобили и автомобильное хозяйство» и направлению подготовки 190500.62 «Эксплуатация транспортных средств» всех форм обучения.

Печатается по решению
Редакционно – издательского совета ХТИ – филиала СФУ

УДК 623.437.46
© ХТИ – филиал СФУ, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Практическая работа № 1	
Оценка показателей надежности элементов.....	5
Практическая работа № 2	
Показатели надежности сложных систем	15
Практическая работа № 3	
Оценка оптимального технического ресурса элементов. Формиро- вание ступеней профилактики.....	23
Практическая работа № 4	
Оценка показателей процесса восстановления	32
Заключение.....	41
Библиографический список.....	42
Приложения.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Надежность автомобилей – свойство сохранять по наработке в заданных пределах показатели всех параметров, определяющих способность выполнения автомобилем требуемой функции.

Получение достоверных данных о надежности автомобилей имеет большое практическое значение. Эти данные способствуют установлению соответствия автомобилей предъявляемым им требованиям в отношении эксплуатационной надежности. Эта информация позволяет выявлять причины возникновения отказов и неисправностей и закономерности их появления. На основе этих данных определяются отдельные элементы или сборочные единицы, требующие конструктивного и технологического совершенствования, оценивается влияние этих элементов на уровень эксплуатационной надежности автомобилей в целом. Еще одним важным результатом обработки и анализа информации об отказах и неисправностях является обратная связь между сферой эксплуатации автомобилей и сферой их проектирования. Данная связь позволяет разрабатывать мероприятия, направленные на повышение качества выпускаемой продукции, на создание более совершенных конструкций.

Не меньшее влияние имеют данные о надежности для технической эксплуатации. На их основе разрабатываются и совершенствуются методы технической эксплуатации. Эти данные позволяют оценивать деятельность службы материально – технического снабжения, службы технического обслуживания и ремонта, службы эксплуатации. На основе этих данных появляется возможность оценить номенклатуру запасных частей и их стоимость в интервалах технического ресурса, разрабатывать эффективные методы технического обслуживания и ремонта, оценивать трудоемкость проведения различных видов работ, рассчитать количество необходимых производственных площадей и технологического оборудования.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Оценка показателей надежности элементов

Цель:

- научиться определять точечные оценки случайных величин;
- научиться выбирать и подтверждать теоретический закон распределения случайных величин;
- научиться определять параметры законов распределения.

Теоретические сведения

Расчет числовых (точечных) параметров надежности

Числовыми параметрами случайной величины называются характеристики наиболее существенных особенностей законов распределения. Параметры характеризуют центр распределения, масштаб и форму кривой распределения.

Случайными величинами (СВ) называют результаты (количественные значения) случайных (вероятностных) процессов. На практике наиболее часто используемой случайной величиной является наработка на отказ, однако могут применяться и другие СВ (расход топлива однотипными автомобилями, расход запасных частей и материалов, число требований на обслуживание или ремонт в течение единицы времени, число заездов на АЗС и др.).

Последовательность результатов случайных процессов, расположенных в порядке возрастания называется *вариационным рядом*. Вариационный ряд характеризует изменение (варьирование) какого-либо количественного признака случайной величины, значение которого может изменяться в каждом опыте.

Например, при обследовании пяти автомобилей в парке у них были зафиксированы отказы шаровых опор. В результате была получена следующая информация (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Результаты обследования автомобилей

Показатель	Первый автомобиль	Второй автомобиль	Третий автомобиль	Четвертый автомобиль	Пятый автомобиль
Пробег до первого отказа, тыс. км	5	6	4	5,5	6,5

Продолжение таблицы 1.1

Показатель	Первый авто-мобиль	Второй автомобиль	Третий автомобиль	Четвертый автомобиль	Пятый автомобиль
Пробег до второго отказа, тыс. км	9	11	9	8	12
Пробег до третьего отказа, тыс. км	12	14	12	13	16
Наработка на первый отказ, тыс. км	5	6	4	5,5	6,5
Наработка на второй отказ, тыс. км	4 = 9 - 5	5 = 11 - 6	5	2,5	5,5
Наработка на третий отказ, тыс. км	3 = 12 - 9	3 = 14 - 11	3	5	4

Соответственно, используя данные табл. 1.1 составим вариационные ряды наработок на отказ для шаровых опор автомобилей (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Вариационные ряды

наработок автомобилей на первый отказ, тыс. км	наработок автомобилей на второй отказ, тыс. км	наработок автомобилей на третий отказ, тыс. км
4	2,5	3
5	4	3
5,5	5	3
6	5	4
6,5	5,5	5

Наиболее часто используемыми числовыми характеристиками являются:

1. Средняя наработка на отказ, тыс. км:

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n},$$

где L_i – текущее значение наработки на отказ, тыс. км; n – объем выборки.

Например, средняя наработка на отказ по первому вариационному ряду (табл. 1.2) составит, тыс. км:

$$L_{cp} = \frac{4 + 5 + 5,5 + 6 + 6,5}{5} = 5,4.$$

2. Среднеквадратическое отклонение, тыс. км:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_{\text{cp}})^2}{n-1}}.$$

Среднеквадратическое отклонение показывает, насколько тесно сгруппированы возможные значения наработок на отказ около их среднего значения, т.е. характеризует степень разброса или рассеивания этих величин.

Например, Среднеквадратическое отклонение по первому вариационному ряду (табл. 1.2) составит, тыс. км:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4-5,4)^2 + (5-5,4)^2 + (5,5-5,4)^2 + (6-5,4)^2 + (6,5-5,4)^2}{5-1}} = 0,962.$$

3. Коэффициент вариации:

$$v = \sigma / L_{\text{cp}}.$$

Коэффициент вариации выражает степень разброса наработок на отказ в относительных единицах. Чем выше значение коэффициента вариации, тем больший разброс значений имеют наработки на отказ относительно среднего значения.

Например, если коэффициент вариации наработок на отказ составил 0,1, то можно говорить о незначительном разбросе, т.е. о качественном проведении ТО и Р, высоком профессиональном мастерстве водителей и т.д. Если же коэффициент вариации наработок на отказ составил 0,9, то можно говорить о неправильной эксплуатации автотранспортных средств, и как следствие, необходимо принимать срочные меры по его снижению.

Оценка эмпирических (статистических) характеристик вариационных рядов

Последовательность расчета эмпирических характеристик имеет вид:

1. Вычисляется зона рассеивания вариационного ряда, тыс. км:

$$z = L_{\text{max}} - L_{\text{min}},$$

где L_{\max} – максимальное значение вариационного ряда, тыс. км; L_{\min} – минимальное значение вариационного ряда, тыс. км;

2. Проводится разбивка зоны рассеивания на интервалы. Число интервалов рекомендуется определять по формуле с округлением до целого числа в большую сторону:

$$S = 1 + 3,32 \cdot \lg n,$$

3. Определяется длина каждого интервала, тыс.км:

$$\Delta L = \frac{z}{S}.$$

4. Определяются границы каждого интервала.

Каждый интервал имеет две границы – левую и правую.левой границей первого интервала является минимальное значение вариационного ряда, а правая определяется по формуле, тыс.км:

$$L_{\text{прав}} = L_{\text{лев}} + \Delta L.$$

У второго интервала левой границей будет являться правая граница первого интервала, а правая граница будет определяться по вышеуказанной формуле и т.д.

Например, при расчете характеристик получили $\Delta L = 3$ тыс. км, количество интервалов $S = 4$, $L_{\min} = 6$ тыс км, $L_{\max} = 18$ тыс. км. Тогда границы интервалов будут иметь следующие значения:

Интервал	Левая граница, тыс. км	Правая граница, тыс. км
1-й интервал	6	9
2-й интервал	9	12
3-й интервал	12	15
4-й интервал	15	18

5. Определяется частота (m_j) попадания наработок на отказ в каждый интервал (*например*, в первый интервал попали первые четыре значения вариационного ряда, во второй интервал попали следующие пять значений вариационного ряда, тогда $m_1 = 4$, а $m_2 = 5$).
6. Определяется величина эмпирической плотности распределения вероятностей случайных величин ($f_3(L)$) по каждому интервалу:

$$f_{\text{э}}(L) = \frac{m_j}{n \cdot \Delta L}.$$

7. Определяется величина эмпирической функции распределения вероятностей (вероятности возникновения отказа) ($F_{\text{э}}(L)$):

$$F_{\text{э}}(L) = \frac{\sum_{j=1}^s m_j}{n}.$$

8. Определяется величина эмпирической вероятности безотказной работы ($P_{\text{э}}(L)$):

$$P_{\text{э}}(L) = 1 - F_{\text{э}}(L) = \frac{n - \sum_{j=1}^s m_j}{n}.$$

Эмпирическая плотность распределения является статистическим аналогом плотности распределения вероятности случайной величины.

Принципиальное различие между эмпирической и теоретической функциями распределения заключается в том, что последняя выражает вероятность события, а первая – относительную частоту того же события. Эмпирическая функция распределения рассматривается как некоторое приближение к соответствующей теоретической функции.

Полученные в результате расчета данные сводятся в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Интервалы вариационного ряда и значений эмпирических функций

Номер интервала	Принимаемые границы интервалов, тыс. км	Середины интервалов (\bar{L}_i), тыс. км	Частоты, попавшие в интервалы (m_i)	Эмпирическая плотность распределения вероятностей ($f_{\text{э}}(L)$)	Эмпирическая функция распределения вероятностей ($F_{\text{э}}(L)$)	Эмпирическая вероятность безотказной работы ($P_{\text{э}}(L)$)

На основании полученных расчетов (табл. 1.3) строятся графики полученных эмпирических функций.

Графики эмпирической вероятности безотказной работы и эмпирической функции распределения изображают в виде непрерывной кривой, а график плотности распределения вероятностей в виде гистограммы.

Выбор теоретического закона распределения случайных величин и расчет его характеристик

Для принятия теоретического закона (модели) описания случайной величины учитывают внешний вид эмпирического распределения или анализируются характеристики. Численное значение коэффициента вариации совместно с внешним видом гистограммы эмпирической плотности распределения вероятностей позволяет выбрать модель описания случайной величины – закон распределения.

Например, при коэффициенте вариации $\nu \leq 0,30 \div 0,35$ принимается нормальное распределение, при $\nu = 0,35 \div 0,80$ принимается распределение Вейбулла-Гнеденко, а при $\nu > 0,80$ экспоненциальный закон.

После выбора теоретического закона необходимо определить его характеристики.

Теоретический закон распределения имеет несколько числовых характеристик:

- теоретическая плотность распределения $f_T(L)$, показывающая вероятность наступления отказа за малую единицу времени при работе узла, агрегата, детали без замены;
- функцию распределения вероятностей $F_T(L)$, показывающая вероятность наступления отказа с начала эксплуатации изделия;
- вероятность безотказной работы $P_T(L)$, показывающая вероятность безотказности изделия с начала эксплуатации;

Для каждого теоретического закона распределения определяются указанные числовые характеристики.

1. Нормальный закон распределения.

Теоретическая плотность распределения:

$$f_T(L) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\bar{L}_T - L_{cp})^2}{2\sigma^2}}.$$

Функция распределения вероятностей:

$$F_{\tau}(L) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\Phi(Y),$$

где $\Phi(Y)$ – нормированная функция (выбирается по прил. 1 в зависимости от Y).

Величина Y определяется по формуле:

$$Y = \frac{\bar{L}_i - L_{cp}}{\sigma}.$$

Вероятность безотказной работы:

$$P_{\tau}(L) = 1 - F_{\tau}(L).$$

2. Экспоненциальный закон распределения.

Теоретическая плотность распределения:

$$f_{\tau}(L) = \lambda \cdot e^{-\lambda \bar{L}_i},$$

где λ – параметр экспоненциального закона распределения.

Параметр экспоненциального закона определяется по формуле:

$$\lambda = 1 / L_{cp}.$$

Функция распределения вероятностей:

$$F_{\tau}(L) = 1 - e^{-\lambda \bar{L}_i}.$$

Вероятность безотказной работы:

$$P_{\tau}(L) = 1 - F_{\tau}(L).$$

3. Закон Вейбулла – Гнеденко.

Теоретическая плотность распределения:

$$f_{\tau}(L) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{\bar{L}_i}{a} \right)^{b-1} \cdot \exp \left[- \left(\frac{\bar{L}_i}{a} \right)^b \right],$$

где b – параметр формы (выбирается в зависимости от коэффициента вариации по прил. 2); a – параметр масштаба определяется по формуле в зависимости от значения гамма-функции:

$$a = \frac{L_{\text{ср}}}{\Gamma(1 + 1/b)},$$

где $\Gamma(1 + 1/b)$ – значение гамма-функции (выбирается по прил. 3).

Функция распределения вероятностей:

$$F_{\tau}(L) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{\bar{L}_i}{a} \right)^b \right).$$

Вероятность безотказной работы:

$$P_{\tau}(L) = 1 - F_{\tau}(L).$$

Полученные в результате расчета данные сводятся в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Интервалы вариационного ряда и значений теоретических функций

Номер интервала	Принимаемые границы интервалов, тыс. км	Середины интервалов (\bar{L}_i), тыс. км	Частоты, попавшие в интервалы (m_i)	Теоретическая плотность распределения вероятностей ($f_{\tau}(L)$)	Теоретическая функция распределения вероятностей ($F_{\tau}(L)$)	Теоретическая вероятность безотказной работы ($P_{\tau}(L)$)

На основании полученных расчетов (табл. 1.4) строятся графики полученных теоретических функций.

Графики теоретической вероятности безотказной работы и теоретической функции распределения изображают в виде непрерывной

кривой, а график плотность распределения вероятностей в виде гистограммы.

Проверка согласия между эмпирическим и принятым теоретическим распределением по критерию согласия χ^2 (Пирсона)

Проверка согласия проводится для подтверждения или опровержения принятого закона распределения.

Для проверки согласия необходимо провести расчет по следующей схеме:

1. Вычисляется для каждого интервала произведение $n \cdot P_j$, где $P_j = f_{\tau}(L) \cdot \Delta L$.
2. Рассчитывается разность $(m_j - n \cdot P_j)$ на каждом интервале.
3. Подсчитанные разности возводятся в квадрат $(m_j - n \cdot P_j)^2$;
4. Определяются отношения $\frac{(m_j - n \cdot P_j)^2}{n \cdot P_j}$ для каждого интервала.
5. Суммируются отношения $\frac{(m_j - n \cdot P_j)^2}{n \cdot P_j}$ по интервалам, получая при этом искомый $\chi^2_{\text{расч}}$:

$$\chi^2_{\text{расч}} = \sum \frac{(m_j - n \cdot P_j)^2}{n \cdot P_j}.$$

6. Сравнивается $\chi^2_{\text{расч}}$ с табличным значением $\chi^2_{\text{табл}}$ (выбирается по прил. 4) при доверительной вероятности $\alpha = 0,05$.

Для выбора $\chi^2_{\text{табл}}$ определяется число степеней свободы по формуле:

$$k = S - 1 - R,$$

где S – количество интервалов; R – количество параметров предполагаемого распределения.

Полученные данные по расчету критерия согласия сводятся в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Расчет критерия согласия

Номер интервала	Частоты, попавшие в интервал (m_j)	$n \cdot P_j$	$(m_j - n \cdot P_j)$	$(m_j - n \cdot P_j)^2$	$\frac{(m_j - n \cdot P_j)^2}{n \cdot P_j}$	$\chi^2_{\text{расч}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$

Теоретический закон считается подтвержденным, если выполняется условие $\chi^2_{\text{расч}} < \chi^2_{\text{табл}}$. В случае если теоретический закон не подтверждается при доверительной вероятности $\alpha = 0,05$, необходимо:

- снизить уровень доверительной вероятности на один пункт;
- выбрать в качестве теоретического другой закон распределения.

Задание

Определить точечные параметры надежности трех элементов, выбрать и подтвердить теоретический закон распределения вероятностей, используя исходные данные.

Исходные данные выбираются по варианту задания (приложение 5). Исходными данными являются вариационные ряды наработок на отказ трех элементов, у каждого из которых зафиксирован первый, второй и третий отказы. Вариантом задания является порядковый номер фамилии студента в журнале преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Точечные показатели надежности. Расчет точечных показателей.
2. Эмпирические характеристики вариационных рядов. Их расчет и физический смысл.
3. Теоретических закон распределения случайных величин. Выбор теоретического закона и его характеристики.
4. Нормальный закон распределения случайных величин. Область применения и расчет характеристик.
5. Экспоненциальный закон распределения случайных величин. Область применения и расчет характеристик.
6. Закон Вейбулла – Гнеденко распределения случайных величин. Область применения и расчет характеристик.
7. Проверка согласия между эмпирическим и теоретическим распределением. Расчет критерия согласия и его физический смысл.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Показатели надежности сложных систем

Цель:

- научиться определять основные показатели надежности систем с последовательным соединением элементов;
- научиться определять основные показатели надежности систем с параллельным соединением элементов;
- научиться определять основные показатели надежности систем со смешанным соединением элементов.

Теоретические сведения

Под *системой* понимается совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определенную общность. Автомобиль (система) состоит из ряда подсистем (агрегатов), которые, в свою очередь, состоят из элементов (деталей).

Содержание и режимы проведения профилактических и ремонтных работ, как правило, адресные и определяются надежностью элементов: провести смазку конкретного соединения или узла; проверить затяжку конкретного крепежного соединения; отрегулировать зазор (люфт, ход) конкретного механизма, заменить конкретную деталь или агрегат и т.д.

Надежность системы (которую необходимо знать для оценки качества и эффективности системы, а также планирования и организации ТО и ремонта) определяется надежностью составляющих элементов и структурой системы, т.е. способами соединения и взаимодействия элементов.

Последовательное соединение элементов

При *последовательном соединении* (рис. 2.1), наиболее распространенном в конструкции автомобилей и других преимущественно механических систем, отказ любого элемента вызывает отказ самой системы. Если отказы элементов независимы, то вероятность безотказной работы системы при последовательном соединении ее элементов P_c^{nc} за наработку L определяется произведением вероятностей безотказной работы ее элементов за ту же наработку:

$$P_c^{nc} = P_1(L) \cdot P_2(L) \cdot \dots \cdot P_i(L) \cdot \dots \cdot P_n(L) \text{ или } P_c^{nc} = \prod_{i=1}^n P_i(L).$$



Рис. 2.1. Схема последовательного соединения элементов

Например, для системы, состоящей из четырех последовательно соединенных элементов, у которых за определенную наработку $P_1 = 0,98$; $P_2 = 0,65$; $P_3 = 0,88$ и $P_4 = 0,57$, вероятность безотказной работы за ту же наработку равна $P_c^{nc} = 0,98 \cdot 0,65 \cdot 0,88 \cdot 0,57 = 0,32$. Иными словами, надежность системы с последовательно соединенными элементами ниже надежности самого слабого ее звена. Поэтому при усложнении конструкции автомобиля, его агрегатов и систем, одним из проявлений которого является увеличение числа элементов в системе, требования к надежности каждого элемента и их равнопрочности резко возрастают.

Вероятность отказа системы как противоположного отсутствию отказа события определяется по формуле:

$$F_c^{nc} = 1 - P_c^{nc}.$$

Параллельное соединение элементов

При *параллельном соединении* (рис. 2.2), где каждый из элементов выполняет одинаковые функции, отказ системы может произойти при отказе всех элементов за наработку L . Использование в конструкции системы параллельно соединенных элементов является резервированием, которое может быть нагруженным и ненагруженным.

При *нагруженном* (горячем) резервировании все элементы (основной и резервный) работают в течение всего времени в одинаковом режиме. Вероятность отказа системы при этом:

$$F_c^{пар} = \prod_{i=1}^n F_i(L),$$

а безотказной работы

$$P_c^{пар} = 1 - F_c^{пар}.$$

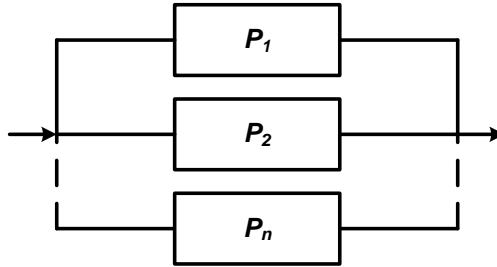


Рис. 2.2. Схема параллельного соединения элементов

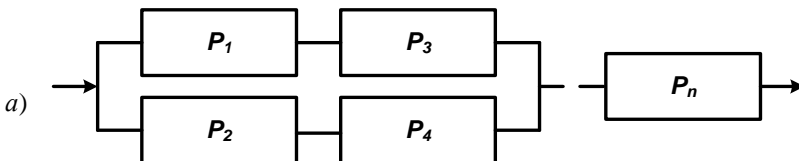
Например, при $F_1(L) = 0,2$ и $F_2(L) = 0,15$ вероятность отказа системы $F_c^{\text{пар}}(L) = 0,2 \cdot 0,15 = 0,03$, а вероятность безотказной работы системы $P_c^{\text{пар}}(L) = 0,97$, т.е. выше вероятности безотказной работы любого из элементов системы.

Таким образом, надежность системы с параллельным соединением элементов выше, чем надежность любого входящего в систему элемента.

Если резервные элементы подключаются к работе по мере отказов основных, то резервирование называется *ненагруженным* или *холодным*. Наиболее простой случай - это система, состоящая из основного рабочего и резервного элементов. В этой схеме рабочий элемент отказывает при случайной наработке системы L_1 , а наработка резервного элемента начинается с момента $L_2 = L - L_1$.

Смешанное соединение элементов

При *смешанном соединении* (рис. 2.3, а) элементы могут быть соединены как параллельно, так и последовательно. Соответственно уровень надежности такого соединения может быть выше или ниже уровня надежности самого надежного элемента. Расчет смешанного соединения сводится к постепенному упрощению схемы, путем расчета показателей надежности последовательных или параллельных соединений (рис. 2.3, б).



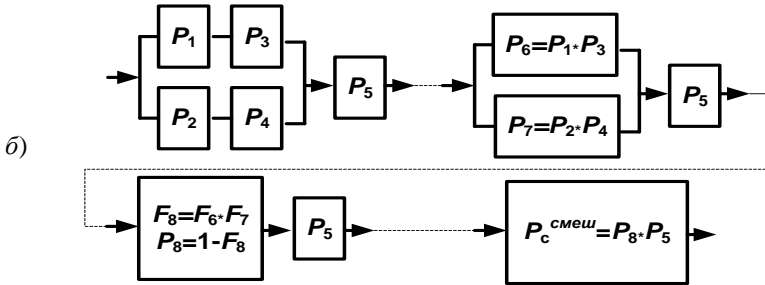


Рис. 2.3. Схема и расчет смешенного соединения элементов

Задание

Рассчитать показатели надежности (вероятность отказа и безотказной работы) сложных систем (через каждые 4 тыс. км) на пробеге 0-20 тыс. км с последовательным и смешанным соединением элементов. Нарботки на отказы каждого элемента подчиняются экспоненциальному закону. Исходными данными для расчета сложных систем являются вариационные ряды наработок на отказ каждого элемента и схема соединения элементов.

Исходные данные для расчета последовательного соединения элементов необходимо выбрать по табл. 2.1 и табл. 2.2 по порядковому номеру в журнале преподавателя (вариационные ряды первых трех элементов одинаковы для всех). Схема последовательного соединения элементов представлена на рис. 2.4.

При расчете смешенного соединения элементов необходимо выбрать по порядковому номеру в журнале преподавателя схему соединения (рис. 2.5), а также вариационный ряд для пятого элемента (табл. 2.3) (вариационный ряд пятого элемента одинаков для всех). Вероятность отказа и безотказной работы первых четырех элементов на различных интервалах пробега взять из расчета последовательного соединения. Показатели надежности пятого элемента определить из условия, что его наработки на отказы подчиняются экспоненциальному закону.

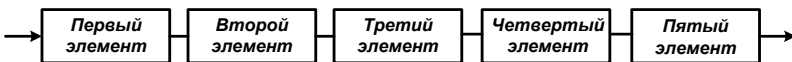


Рис. 2.4. Расчетная схема последовательного соединения элементов

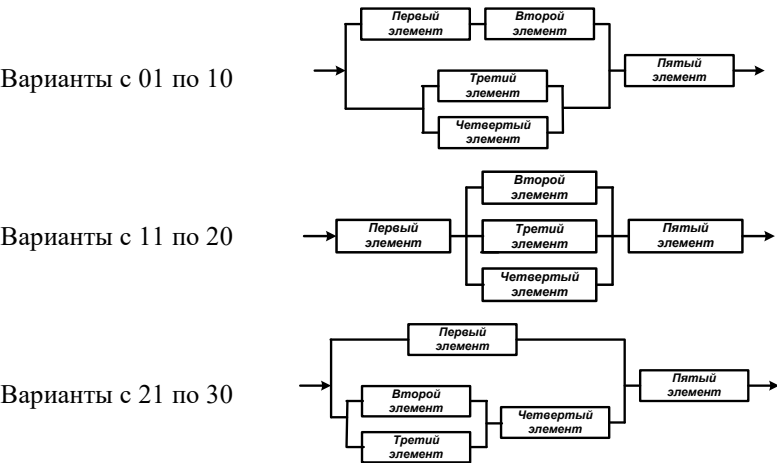


Рис. 2.5. Расчетные схемы смешанного соединения элементов

Варианты заданий для группы 6× - 1

Таблица 2.1

Вариационные ряды первых трех элементов

№ элемента	Вариационные ряды наработок на отказ, тыс. км									
1	8,3	9,9	11,5	13,1	14,7	16,3	17,9	19,5	21,1	22,7
2	7	8,6	10,2	11,8	13,4	15	16,6	18,2	19,8	21,4
3	8,4	10	11,6	13,2	14,8	16,4	18	19,6	21,2	22,8

Таблица 2.2

Вариационные ряды четвертого и пятого элементов

Номер варианта	Вариационные ряды наработок на отказ, тыс. км									
1	8,6	8,6	9,9	11,2	12,5	12,5	13,8	13,8	15,1	16,4
	8,3	8,3	9,45	10,6	11,75	11,75	12,9	12,9	14,05	15,2
2	8,16	8,16	9,24	10,32	11,4	11,4	12,48	12,48	13,56	14,64
	8,18	8,18	9,27	10,36	11,45	11,45	12,54	12,54	13,63	14,72
3	7,8	7,8	8,7	9,6	10,5	10,5	11,4	11,4	12,3	13,2
	7,6	7,6	8,4	9,2	10	10	10,8	10,8	11,6	12,4
4	8,2	8,2	9,3	10,4	11,5	11,5	12,6	12,6	13,7	14,8
	7,4	7,4	8,1	8,8	9,5	9,5	10,2	10,2	10,9	11,6
5	7,2	7,2	7,8	8,4	9	9	9,6	9,6	10,2	10,8
	7,3	7,3	7,95	8,6	9,25	9,25	9,9	9,9	10,55	11,2
6	7,32	7,32	7,98	8,64	9,3	9,3	9,96	9,96	10,62	11,28
	7,42	7,42	8,13	8,84	9,55	9,55	10,26	10,26	10,97	11,68
7	7,44	7,44	8,16	8,88	9,6	9,6	10,32	10,32	11,04	11,76
	7,46	7,46	8,19	8,92	9,65	9,65	10,38	10,38	11,11	11,84

8	7,48	7,48	8,22	8,96	9,7	9,7	10,44	10,44	11,18	11,92
	7,62	7,62	8,43	9,24	10,05	10,05	10,86	10,86	11,67	12,48
9	7,66	7,66	8,49	9,32	10,15	10,15	10,98	10,98	11,81	12,64
	7,72	7,72	8,58	9,44	10,3	10,3	11,16	11,16	12,02	12,88
10	7,78	7,78	8,67	9,56	10,45	10,45	11,34	11,34	12,23	13,12
	7,84	7,84	8,76	9,68	10,6	10,6	11,52	11,52	12,44	13,36
11	7,88	7,88	8,82	9,76	10,7	10,7	11,64	11,64	12,58	13,52
	7,94	7,94	8,91	9,88	10,85	10,85	11,82	11,82	12,79	13,76
12	7,96	7,96	8,94	9,92	10,9	10,9	11,88	11,88	12,86	13,84
	8,24	8,24	9,36	10,48	11,6	11,6	12,72	12,72	13,84	14,96
13	8,34	8,34	9,51	10,68	11,85	11,85	13,02	13,02	14,19	15,36
	8,44	8,44	9,66	10,88	12,1	12,1	13,32	13,32	14,54	15,76
14	8,5	8,5	9,75	11	12,25	12,25	13,5	13,5	14,75	16
	8,4	8,4	9,6	10,8	12	12	13,2	13,2	14,4	15,6
15	8,42	8,42	9,63	10,84	12,05	12,05	13,26	13,26	14,47	15,68
	8,44	8,44	9,66	10,88	12,1	12,1	13,32	13,32	14,54	15,76
16	8,46	8,46	9,69	10,92	12,15	12,15	13,38	13,38	14,61	15,84
	8,48	8,48	9,72	10,96	12,2	12,2	13,44	13,44	14,68	15,92
17	8,52	8,52	9,78	11,04	12,3	12,3	13,56	13,56	14,82	16,08
	8,6	8,6	9,9	11,2	12,5	12,5	13,8	13,8	15,1	16,4
18	8,62	8,62	9,93	11,24	12,55	12,55	13,86	13,86	15,17	16,48
	8,64	8,64	9,96	11,28	12,6	12,6	13,92	13,92	15,24	16,56
19	8,66	8,66	9,99	11,32	12,65	12,65	13,98	13,98	15,31	16,64
	8,68	8,68	10,02	11,36	12,7	12,7	14,04	14,04	15,38	16,72
20	8,7	8,7	10,05	11,4	12,75	12,75	14,1	14,1	15,45	16,8
	8,8	8,8	10,2	11,6	13	13	14,4	14,4	15,8	17,2
21	8,82	8,82	10,23	11,64	13,05	13,05	14,46	14,46	15,87	17,28
	8,84	8,84	10,26	11,68	13,1	13,1	14,52	14,52	15,94	17,36
22	8,86	8,86	10,29	11,72	13,15	13,15	14,58	14,58	16,01	17,44
	8,88	8,88	10,32	11,76	13,2	13,2	14,64	14,64	16,08	17,52
23	8,9	8,9	10,35	11,8	13,25	13,25	14,7	14,7	16,15	17,6
	9	9	10,5	12	13,5	13,5	15	15	16,5	18
24	9,02	9,02	10,53	12,04	13,55	13,55	15,06	15,06	16,57	18,08
	9,04	9,04	10,56	12,08	13,6	13,6	15,12	15,12	16,64	18,16
25	10,2	10,2	11,3	12,4	13,5	13,5	14,6	14,6	15,7	16,79
	9,95	9,95	10,92	11,89	12,86	12,86	13,84	13,84	14,81	15,78
26	9,83	9,83	10,74	11,65	12,57	12,57	13,48	13,48	14,39	15,31
	9,84	9,84	10,77	11,69	12,61	12,61	13,53	13,53	14,45	15,37
27	9,52	9,52	10,28	11,04	11,81	11,81	12,57	12,57	13,33	14,09
	9,35	9,35	10,03	10,71	11,38	11,38	12,06	12,06	12,74	13,41
28	9,86	9,86	10,79	11,72	12,65	12,65	13,58	13,58	14,51	15,44
	9,18	9,18	9,78	10,37	10,96	10,96	11,55	11,55	12,14	12,74
29	9,01	9,01	9,52	10,03	10,54	10,54	11,04	11,04	11,55	12,06
	9,1	9,1	9,65	10,2	10,75	10,75	11,3	11,3	11,85	12,4
30	9,12	9,12	9,67	10,23	10,79	10,79	11,35	11,35	11,91	12,47
	9,2	9,2	9,8	10,4	11	11	11,6	11,6	12,2	12,8

Таблица 2.3

Вариационный ряд пятого элемента для смешанного соединения

№ элемента	Вариационный ряд наработок на отказ, тыс. км									
5	9.2	9.2	10.8	12.4	14	14	15.6	15.6	17.2	18.8

Варианты заданий для группы 6× - 2

Таблица 2.1

Вариационные ряды первых трех элементов

№ элемента	Вариационные ряды наработок на отказ, тыс. км									
1	10,58	12,38	14,18	15,98	17,77	19,57	21,37	23,17	24,96	26,76
2	9,12	10,92	12,72	14,52	16,31	18,11	19,91	21,71	23,5	25,3
3	10,7	12,49	14,29	16,09	17,89	19,68	21,48	23,28	25,08	26,87

Таблица 2.2

Вариационные ряды четвертого и пятого элементов

Номер варианта	Вариационные ряды наработок на отказ, тыс. км									
1	10,92	11,47	12,38	13,84	15,3	15,3	16,76	16,76	18,22	19,68
	10,58	11,13	11,88	13,17	14,46	14,46	15,75	15,75	17,04	18,34
2	10,43	10,98	11,64	12,85	14,07	14,07	15,28	15,28	16,49	17,71
	10,45	11	11,67	12,9	14,12	14,12	15,35	15,35	16,57	17,8
3	10,02	10,57	11,03	12,04	13,06	13,06	14,07	14,07	15,08	16,09
	9,8	10,35	10,7	11,59	12,49	12,49	13,39	13,39	14,29	15,19
4	10,47	11,02	11,71	12,94	14,18	14,18	15,41	15,41	16,65	17,89
	9,57	10,12	10,36	11,15	11,93	11,93	12,72	12,72	13,5	14,29
5	9,35	9,9	10,02	10,7	11,37	11,37	12,04	12,04	12,72	13,39
	9,46	10,01	10,19	10,92	11,65	11,65	12,38	12,38	13,11	13,84
6	9,48	10,03	10,22	10,97	11,71	11,71	12,45	12,45	13,19	13,93
	9,6	10,15	10,39	11,19	11,99	11,99	12,79	12,79	13,58	14,38
7	9,62	10,17	10,43	11,24	12,04	12,04	12,85	12,85	13,66	14,47
	9,64	10,19	10,46	11,28	12,1	12,1	12,92	12,92	13,74	14,56
8	9,66	10,21	10,49	11,33	12,16	12,16	12,99	12,99	13,82	14,65
	9,82	10,37	10,73	11,64	12,55	12,55	13,46	13,46	14,37	15,28
9	9,86	10,41	10,8	11,73	12,66	12,66	13,59	13,59	14,53	15,46
	9,93	10,48	10,9	11,86	12,83	12,83	13,8	13,8	14,76	15,73
10	10	10,55	11	12	13	13	14	14	15	16
	10,07	10,62	11,1	12,13	13,17	13,17	14,2	14,2	15,23	16,27
11	10,11	10,66	11,17	12,22	13,28	13,28	14,34	14,34	15,39	16,45
	10,18	10,73	11,27	12,36	13,45	13,45	14,54	14,54	15,63	16,72
12	10,2	10,75	11,3	12,4	13,5	13,5	14,61	14,61	15,71	16,81
	10,52	11,07	11,77	13,03	14,29	14,29	15,55	15,55	16,81	18,07
13	10,63	11,18	11,94	13,26	14,57	14,57	15,89	15,89	17,2	18,52
	10,74	11,29	12,11	13,48	14,85	14,85	16,22	16,22	17,59	18,96
14	10,81	11,36	12,21	13,62	15,02	15,02	16,43	16,43	17,83	19,23
	10,7	11,25	12,04	13,39	14,74	14,74	16,09	16,09	17,44	18,78
15	10,72	11,27	12,08	13,44	14,8	14,8	16,16	16,16	17,52	18,87
	10,74	11,29	12,11	13,48	14,85	14,85	16,22	16,22	17,59	18,96
16	10,76	11,31	12,15	13,53	14,91	14,91	16,29	16,29	17,67	19,05
	10,79	11,34	12,18	13,57	14,97	14,97	16,36	16,36	17,75	19,14
17	10,83	11,38	12,25	13,66	15,08	15,08	16,49	16,49	17,91	19,32
	10,92	11,47	12,38	13,84	15,3	15,3	16,76	16,76	18,22	19,68
18	10,94	11,49	12,41	13,89	15,36	15,36	16,83	16,83	18,3	19,77
	10,97	11,52	12,45	13,93	15,41	15,41	16,9	16,9	18,38	19,86
19	10,99	11,54	12,48	13,98	15,47	15,47	16,96	16,96	18,46	19,95
	11,01	11,56	12,52	14,02	15,53	15,53	17,03	17,03	18,54	20,04
20	11,03	11,58	12,55	14,07	15,58	15,58	17,1	17,1	18,62	20,13
	11,15	11,7	12,72	14,29	15,86	15,86	17,44	17,44	19,01	20,58

21	11,17	11,72	12,75	14,34	15,92	15,92	17,5	17,5	19,09	20,67
	11,19	11,74	12,79	14,38	15,98	15,98	17,57	17,57	19,17	20,76
22	11,21	11,76	12,82	14,43	16,03	16,03	17,64	17,64	19,25	20,85
	11,24	11,79	12,85	14,47	16,09	16,09	17,71	17,71	19,32	20,94
23	11,26	11,81	12,89	14,52	16,14	16,14	17,77	17,77	19,4	21,03
	11,37	11,92	13,06	14,74	16,43	16,43	18,11	18,11	19,8	21,48
24	11,39	11,94	13,09	14,79	16,48	16,48	18,18	18,18	19,87	21,57
	11,42	11,97	13,12	14,83	16,54	16,54	18,25	18,25	19,95	21,66
25	9,59	10,14	10,38	11,18	11,97	11,97	12,77	12,77	13,56	14,36
	9,64	10,19	10,46	11,28	12,1	12,1	12,92	12,92	13,74	14,56
26	9,66	10,21	10,49	11,32	12,14	12,14	12,97	12,97	13,8	14,63
	9,89	10,44	10,84	11,79	12,74	12,74	13,68	13,68	14,63	15,58
27	9,98	10,53	10,97	11,96	12,95	12,95	13,94	13,94	14,93	15,92
	10,06	10,61	11,1	12,13	13,16	13,16	14,19	14,19	15,22	16,25
28	10,11	10,66	11,17	12,23	13,29	13,29	14,34	14,34	15,4	16,46
	10,03	10,58	11,04	12,06	13,07	13,07	14,09	14,09	15,1	16,12
29	10,05	10,6	11,07	12,09	13,12	13,12	14,14	14,14	15,16	16,19
	10,06	10,61	11,1	12,13	13,16	13,16	14,19	14,19	15,22	16,25
30	10,08	10,63	11,12	12,16	13,2	13,2	14,24	14,24	15,28	16,32
	10,1	10,65	11,15	12,19	13,24	13,24	14,29	14,29	15,34	16,39

Таблица 2.3

Вариационный ряд пятого элемента для смешанного соединения

№ элемента	Вариационный ряд наработок на отказ, тыс. км									
5	8,59	8,59	10,39	12,19	13,99	13,99	15,78	15,78	17,58	19,38

Контрольные вопросы

1. Понятие «Система». Виды соединений, используемых в системах (примеры из конструкции автомобилей).
2. Последовательное соединение элементов. Расчет показателей надежности последовательного соединения с учетом подчинения наработок на отказ каждого элемента различным законам распределения.
3. Параллельное соединение элементов. Виды резервирования. Расчет показателей надежности параллельного соединения с учетом подчинения наработок на отказ каждого элемента различным законам распределения.
4. Смешанное соединение элементов. Расчет показателей надежности смешанного соединения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Оценка оптимального технического ресурса элементов. Формирование ступеней профилактики

Цель:

- научиться оценивать удельные затраты на аварийное восстановление элементов, удельные затраты на планово – предупредительное восстановление и суммарные удельные затраты на восстановление работоспособного состояния;
- научиться оценивать среднюю условную наработку до отказа с учетом проведения профилактического ремонта при различных законах распределения наработок до отказа;
- научиться оценивать оптимальный технический ресурс элементов с учетом использования экономико – вероятностного метода;
- научиться формировать элементы в ступени профилактики.

Теоретические сведения

Оценка оптимального технического ресурса элементов основана на оптимизации средневзвешенных затрат (средних удельных затрат), т. е. минимизации среднего риска пропуска внезапных отказов.

На рис. 3.1 приведен график, наглядно отражающий характер изменения показателей с учетом использования экономико-вероятностной модели.

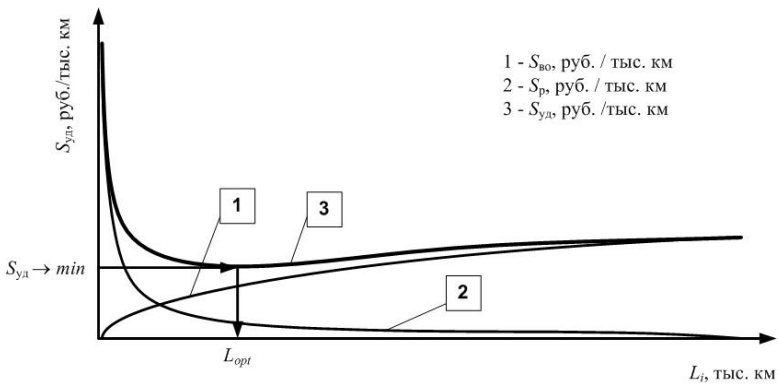


Рис. 3.1. Изменение средних удельных затрат элемента

Кривая 1 показывает изменение удельных затрат на устранение внезапно возникающих отказов в зависимости от периодичности проведения профилактического (планового) ремонта, т. е. в случае небольшой периодичности проведения профилактики количество внезапно проявляющихся (аварийных) отказов будет мало и соответственно удельные затраты на их устранение будут минимальными. Кривая 2 показывает изменение удельных затрат на проведение профилактического ремонта, т. е. в случае часто проводимых работ по ремонту какого – либо элемента (даже при условии его работоспособности) удельные затраты на этот вид воздействия будут максимальными. При увеличении периодичности проведения профилактики удельные затраты будут снижаться. В результате изменение средних удельных затрат на поддержание работоспособного состояния (кривая 3) будет носить переменный характер, т. е. сначала по мере увеличения периодичности проведения профилактических ремонтов средние удельные затраты начнут снижаться до определенной точки, а затем начнут повышаться. Таким образом, кривая изменения средних удельных затрат имеет экстремальную точку, абсцисса которой указывает на искомый оптимальный технический ресурс элемента (L_{opt}).

Для определения оптимального технического ресурса выразим оптимизационную функцию в следующем виде, руб. /тыс. км:

$$S_{уд}(L_i) = \frac{S_{во} + S_p}{\bar{L}_{срi}} \rightarrow \min$$

или

$$S_{уд}(L_i) = \frac{C_a \cdot (1 - P(L_i)) + C_p \cdot P(L_i)}{\bar{L}_{срi}} \rightarrow \min ,$$

где C_a , C_p – средние стоимости аварийных и предупредительных ремонтов элемента, руб.;

$P(L_i)$ – вероятность безотказной работы элемента в i -м интервале наработки;

$\bar{L}_{срi}$ – средняя условная наработка до отказа элемента в межпрофилактический период, тыс. км/отказ.

В общем виде средняя условная наработка до отказа определяется как определенный интеграл от вероятности безотказной работы элемента:

$$\bar{L}_{\text{cpi}} = \int_0^{L_i} P(L_i) dL.$$

В связи с тем, что формулы для определения вероятности безотказной работы для разных законов распределения отличаются (см. практическую работу № 1), то формулы для определения средней условной наработки до отказа имеют вид:

- для закона Вейбулла-Гнеденко:

$$\bar{L}_{\text{cpi}} = \int_0^{L_i} e^{-\left(\frac{L_i}{a}\right)^b} dL;$$

- для нормального закона:

$$\bar{L}_{\text{cpi}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{L_i} \left(1 - \frac{Y^2}{2 \cdot 1!} + \frac{Y^4}{4 \cdot 2!} - \frac{Y^6}{8 \cdot 3!} + \frac{Y^8}{16 \cdot 4!} - \dots \right) dY,$$

где $Y = \frac{L_i - L_{\text{cp}}}{\sigma}$;

- для экспоненциального закона:

$$\bar{L}_{\text{cpi}} = \int_0^{L_i} e^{-\lambda L_i} dL.$$

Расчетная формула для оценки средней условной наработки до отказа по *экспоненциальному закону* распределения имеет вид:

$$\bar{L}_{\text{cpi}} = \frac{1}{\lambda} - \frac{e^{-\lambda L_i}}{\lambda}.$$

Интеграл от вероятности безотказной работы для *нормального закона* и *закона Вейбулла-Гнеденко* не может быть выражен в явном виде, поэтому его определение с достаточной точностью возможно при разложении в ряд Маклорена. Количество слагаемых в ряде ограничивается условием: как только последнее слагаемое станет меньше 0,01 ряд заканчивается.

Соответственно расчетные формулы для оценки средней условной наработки до отказа:

- для закона Вейбулла-Гнеденко:

$$\bar{L}_{\text{срi}} = \left(L_i - \frac{L_i^{b+1}}{(b+1) \cdot a^b} + \frac{L_i^{2b+1}}{(2b+1) \cdot a^{2b} \cdot 2!} - \frac{L_i^{3b+1}}{(3b+1) \cdot a^{3b} \cdot 3!} + \dots \right);$$

- для нормального закона:

$$\bar{L}_{\text{срi}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \left[L_i - \frac{1}{3} \cdot \frac{(L_i - L_{\text{ср}})^3}{1! \cdot 2\sigma^2} + \frac{1}{5} \cdot \frac{(L_i - L_{\text{ср}})^5}{2! \cdot (2\sigma^2)^2} - \frac{1}{7} \cdot \frac{(L_i - L_{\text{ср}})^7}{3! \cdot (2\sigma^2)^3} + \dots \right].$$

Например, в результате расчетов был подтвержден закон Вейбулла – Гнеденко с характеристиками $L_{\text{ср}} = 85,24$ тыс. км; $a = 85,94$ тыс. км; $b = 2,1991$. Кроме этого известно, что средняя стоимость аварийного ремонта $C_a = 332$ руб., а средняя стоимость предупредительного ремонта элемента $C_p = 151$ руб. Необходимо определить оптимальный технический ресурс элемента.

Сначала, используя формулу для закона Вейбулла – Гнеденко (см. практическую работу № 1), определим вероятность безотказной работы элемента на различных интервалах технического ресурса (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Значения вероятности безотказной работы

L_i	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$P(L)$	0,991	0,960	0,906	0,830	0,738	0,635	0,529	0,426	0,331	0,248	0,179	0,124	0,083	0,054	0,033	0,020	0,011

Далее определяем среднюю условную наработку на отказ в межпрофилактический период на различных интервалах технического ресурса, тыс. км /отказ:

- на пробеге в 10 тыс. км

$$\begin{aligned} \bar{L}_{\text{срi}} &= 10 - \frac{10^{2,1991+1}}{(2,1991+1) \cdot 85,94^{2,1991}} + \frac{10^{2 \cdot 2,1991+1}}{(2 \cdot 2,1991+1) \cdot 85,94^{2 \cdot 2,1991} \cdot 2!} =; \\ &= 10 - 0,027 + 0,000072 = 9,973 \end{aligned}$$

В данном ряду мы ограничились тремя слагаемыми, т. к. третье слагаемое выполнило условие (оказалось меньше 0,01).

– на пробеге в 30 тыс. км

$$\bar{L}_{\text{ср}} = 30 - \frac{30^{2,1991+1}}{(2,1991+1) \cdot 85,94^{2,1991}} + \frac{30^{2,1991+1}}{(2 \cdot 2,1991+1) \cdot 85,94^{2,1991} \cdot 2!} - \frac{30^{3,1991+1}}{(3 \cdot 2,1991+1) \cdot 85,94^{3,1991} \cdot 3!} = 30 - 0,926 + 0,027 - 0,000635 = 29,1$$

В данном ряду мы ограничились четырьмя слагаемыми, т. к. четвертое слагаемое выполнило условие (оказалось меньше 0,01).

Таким же образом рассчитаем среднюю условную наработку на отказ на других интервалах технического ресурса (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Значения средней условной наработки на отказ, тыс. км /отказ

L_i	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$\bar{L}_{\text{ср}}$	9,973	19,75	29,10	37,80	45,65	52,52	58,34	63,11	66,88	69,76	71,88	73,39	74,42	75,09	75,52	75,78	75,93

Используя полученные результаты, определим значения средних удельных затрат на различных интервалах технического ресурса, руб./ тыс. км:

– на пробеге в 10 тыс. км

$$S_{\text{уд}}(L_i) = \frac{332 \cdot (1 - 0,991) + 151 \cdot 0,991}{9,973} = 15,3;$$

– на пробеге в 30 тыс. км

$$S_{\text{уд}}(L_i) = \frac{332 \cdot (1 - 0,906) + 151 \cdot 0,906}{29,1} = 5,77.$$

Таким же образом рассчитаем средние удельные затраты на других интервалах технического ресурса (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Значения суммарных удельных затрат, руб. / тыс. км

L_i	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$S_{\text{уд}}(L_i)$	15,30	8,01	5,77	4,81	4,35	4,13	4,05	4,04	4,07	4,12	4,17	4,22	4,26	4,29	4,32	4,33	4,35

Из табл. 3.3 видно, что минимальному значению средних удельных затрат соответствует наработка в 80 тыс. км, т. е. $L_{opt} = 80$ тыс. км.

После определения оптимального технического ресурса элементов становится возможным сгруппировать их в ступени профилактики (СТП).

Ступенью профилактики называется вид профилактического воздействия, в котором выполняются работы по плановому техническому обслуживанию и предупредительному ремонту нескольких элементов и позволяющий обеспечить требуемый уровень надежности и эффективности технической эксплуатации.

Ступени профилактики проводятся с определенной периодичностью, называемой *оптимальным периодическим интервалом* (ОПИ).

Расчет значения ОПИ проводится на основе суммарных удельных затрат на проведение профилактики по всем элементам, т. е. на каждом интервале технического ресурса суммируются средние удельные затраты элементов по первому, второму, третьему и т. д. отказам.

Например, при расчете оптимальных технических ресурсов четырех элементов были получены данные, приведенные в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Расчетные данные

Наработка, тыс. км	1 элемент			2 элемент			3 элемент			4 элемент			Суммарные удельные затраты, руб./тыс км
	Средние удельные затраты элементов, руб. /тыс. км												
	1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ	
10	0,805	0,849	0,825	0,999	1,247	1,239	2,088	2,617	2,322	1,202	1,243	1,240	16,68
20	0,492	0,564	0,564	0,600	0,823	0,884	1,159	1,656	1,422	0,693	0,755	0,791	10,40
30	0,392	0,471	0,481	0,475	0,674	0,760	0,871	1,320	1,123	0,531	0,596	0,644	8,34
40	0,349	0,433	0,449	0,421	0,603	0,704	0,741	1,156	0,983	0,456	0,524	0,580	7,40
50	0,330	0,419	0,440	0,398	0,566	0,681	0,675	1,066	0,912	0,418	0,488	0,551	6,94
60	0,324	0,419	0,446	0,390	0,548	0,675	0,641	1,016	0,876	0,398	0,472	0,542	6,75
70	0,326	0,428	0,462	0,393	0,541	0,682	0,628	0,990	0,863	0,390	0,468	0,547	6,72
80	0,335	0,445	0,485	0,404	0,544	0,698	0,628	0,982	0,866	0,390	0,473	0,560	6,81
90	0,349	0,469	0,517	0,421	0,552	0,722	0,639	0,985	0,881	0,396	0,485	0,582	7,00
100	0,368	0,499	0,555	0,445	0,566	0,753	0,659	0,999	0,907	0,407	0,503	0,612	7,27
110	0,391	0,534	0,601	0,475	0,585	0,790	0,687	1,021	0,941	0,423	0,527	0,648	7,62
120	0,419	0,577	0,655	0,510	0,608	0,833	0,722	1,050	0,984	0,443	0,555	0,691	8,05
130	0,452	0,626	0,718	0,552	0,635	0,882	0,764	1,086	1,035	0,467	0,589	0,742	8,55
140	0,491	0,682	0,791	0,600	0,666	0,939	0,814	1,129	1,094	0,495	0,629	0,800	9,13
	Оптимальный технический ресурс, тыс. км												$L_{опт}$, тыс. км
$L_{опт}$	60	70	50	60	70	60	70	80	70	80	70	60	70

Значения оптимального периодического интервала ($L_{опи}$) соответствует минимальному значению суммарных удельных затрат по

всем элементам. В нашем примере минимальным общим удельным затратам (последний столбец табл. 3.4) 6,2 руб. / тыс. км соответствует $L_{\text{ОПИ}} = 70$ тыс. км.

Из табл. 3.4 видно, что для первого элемента профилактика до возникновения первого отказа должна проводиться на пробеге 60 тыс. км. Периодичность проведения профилактики до возникновения второго отказа составит сумму оптимальных технических ресурсов до первого и второго отказа, т. е. $60+70=130$ тыс. км. Соответственно периодичность проведения профилактики до возникновения третьего отказа составит $60+70+50=180$ тыс. км.

Аналогично рассчитаем периодичности проведения профилактик для других элементов (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Периодичности проведения профилактик элементов, тыс. км

1 элемент			2 элемент			3 элемент			4 элемент		
1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ	1отказ	2 отказ	3 отказ
60	130	180	60	130	190	70	150	220	80	150	210

Механизм формирования ступеней профилактики представлен на рис. 3.2.

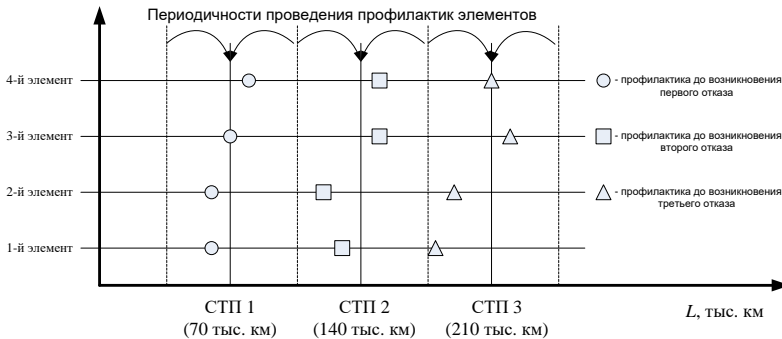


Рис. 3.2. Схема формирования ступеней профилактики

Исходя из полученных расчетных значений сформированы три ступени профилактики (через $L_{\text{ОПИ}} = 70$ тыс. км.). Для каждого элемента на схеме нанесены значения периодичности проведения профилактики в зависимости от номера отказа. Элементы, которые попали в

интервал от $0,5 L_{\text{ОПИ}}$ до $1,5 L_{\text{ОПИ}}$ группируются в первую ступень, элементы, которые попали в интервал от $1,5 L_{\text{ОПИ}}$ до $2,5 L_{\text{ОПИ}}$ группируются во вторую ступень, элементы, которые попали в интервал от $2,5 L_{\text{ОПИ}}$ до $3,5 L_{\text{ОПИ}}$ группируются в третью ступень и т. д.

Задание

Используя результаты первой практической работы определить оптимальный технический ресурс элементов до возникновения первого, второго и третьего отказов и сформировать ступени профилактики. Средние стоимости аварийных (C_a) и предупредительных (C_p) ремонтов принять по табл. 3.6. При оценке оптимальных технических ресурсов расчеты суммарных удельных затрат проводить с интервалом технического ресурса в 10 тыс. км. Максимальное значение технического ресурса определять из условия: вероятность безотказной работы на этом ресурсе должна быть 0,1 (возможно несколько меньшее значение).

Таблица 3.6

Таблица вариантов заданий

Варианты для группы 6× - 1			Варианты для группы 6× - 2		
№ варианта	C_a , руб.	C_p , руб.	№ варианта	C_a , руб.	C_p , руб.
1	226	54	1	506	95
2	332	151	2	744	264
3	226	82	3	506	144
4	165	43	4	370	75
5	119	63	5	267	110
6	179	49	6	401	86
7	120	59	7	269	103
8	646	62	8	1448	109
9	950	174	9	2127	304
10	646	94	10	1448	165
11	472	49	11	1057	87
12	340	72	12	762	127
13	512	56	13	1147	99
14	343	68	14	769	119
15	791	103	15	1772	180

Продолжение таблицы 3.6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
16	1162	287	16	2603	502
17	791	156	17	1772	273
18	578	82	18	1294	143
19	417	120	19	933	209
20	627	93	20	1403	163
21	420	112	21	941	196
22	1130	130	22	2531	227
23	1660	362	23	3718	634
24	1130	197	24	2531	344
25	825	103	25	1848	181
26	595	151	26	1333	265
27	895	118	27	2005	206
28	600	142	28	1344	248
29	994	119	29	2227	208
30	1461	332	30	3272	581

Контрольные вопросы

1. Оптимальный технический ресурс элемента. Модель изменения удельных затрат на устранение внезапно возникающих отказов и профилактический ремонт.

2. Оптимизационная функция экономико – вероятностной модели. Средние удельные затраты.

3. Оценка средней условной наработки до отказа элемента в межпрофилактический период в зависимости от полученного закона распределения.

4. Порядок оценки периодичности проведения профилактики элементов.

5. Степень профилактики и оптимальный периодический интервал. Расчет оптимального периодического интервала.

6. Механизм формирования ступеней профилактики.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Оценка показателей процесса восстановления

Цель:

- научиться определять основные показатели процесса восстановления – ведущую функцию и параметр потока;
- научиться определять с использованием полученных зависимостей ведущей функции и параметра потока восстановления количество запасных частей, количество требований, поступающих в зону ремонта, трудоемкость восстановления, различные виды затрат.

Теоретические сведения

Для рациональной организации производства необходимо, кроме закономерностей характеризующих надежность элементов, знать какое количество автомобилей с отказами данного вида будет поступать в зону профилактики в течение определенного промежутка времени, будет ли это количество постоянным или зависит от ряда факторов.

Взаимосвязи между показателями надежности автомобилей и суммарным потоком отказов для одного автомобиля или их группы характеризуют *процессом восстановления* – процессом возникновения и (или) устранения потока отказов и неисправностей элементов по наработке.

В качестве основных показателей процесса восстановления используют ведущая функция процесса восстановления ($\Omega(L)$) и параметр потока отказов ($\omega(L)$).

Ведущая функция оценивает накопленное количество первых и последующих отказов изделия по наработке.

Ведущая функция процесса восстановления представляет собой, в общем виде, композицию функций распределения отказов (функций вероятностей возникновения отказов) элементов:

$$\Omega(L) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(L) \cdot$$

Механизм формирования ведущей функции приведен на рис. 4.1.

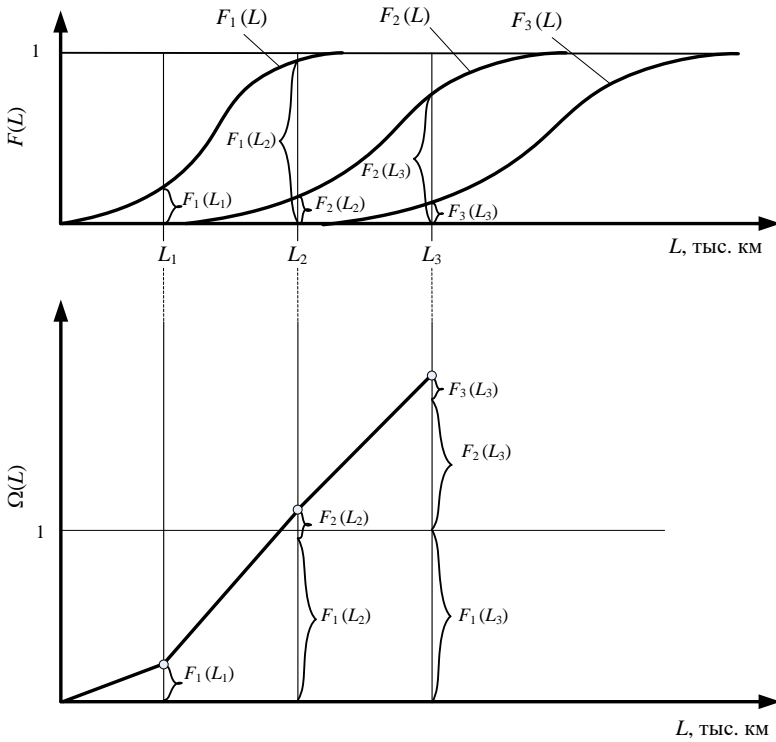


Рис. 4.1 Механизм формирования ведущей функции процесса восстановления

Таким образом, ведущая функция получается не простым сложением функций распределения исходящих из общей (нулевой) точки отсчета, а сложением функций распределения отстоящих друг от друга на определенный интервал, определяемый исходя из условия:

$$\Delta L_j = \sum L_{\text{ср}}^{(n)} + U_{p_i} \cdot \sigma_i,$$

где $L_{\text{ср}}^{(n)}$ – средняя наработка на отказ, тыс.км;

U_{p_i} – квантиль нормального распределения i -ой функции распределения;

σ_i – среднеквадратическое отклонение при i -ом отказе, тыс.км.

Квантиль нормального распределения для i -ой функции распределения определяется:

$$U_{pi} = \frac{L_j - L_{cp}^{(i)}}{\sigma_i},$$

где L_j - шаг наработки элемента, тыс.км.

Например, оценим изменение ведущей функции процесса восстановления элемента.

Имеются следующие значения показателей надежности (среднее значение наработки на отказ и среднеквадратичное отклонение) по первым трем отказам (табл.4.1).

Таблица 7.1

Показатели надежности клапана первой ступени

Показатель	Первый отказ	Второй отказ	Третий отказ
L_{cp} , тыс. км	71,94	50,43	56,96
σ , тыс. км	30,76	36,65	27,83

Расчет значения квантиля нормального распределения в зависимости от шага наработки элемента представлено в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Квантиль нормального распределения

L_j , тыс. км	U_{p1} (первая функция распределения)	U_{p2} (вторая функция распределения)	U_{p3} (третья функция распределения)
10	-2,01	-1,10	-1,69
20	-1,69	-0,83	-1,33
30	-1,36	-0,56	-0,97
40	-1,04	-0,28	-0,61
50	-0,71	-0,01	-0,25
60	-0,39	0,26	0,11
70	-0,06	0,53	0,47
80	0,26	0,81	0,83
90	0,59	1,08	1,19
100	0,91	1,35	1,55
110	1,24	1,63	1,91
120	1,56	1,90	2,26
130	1,89	2,17	2,62
140	2,21	2,44	2,98

Для определения квантиля нормального распределения на шаге наработки в 20 тыс. км для первой функции распределения получим:

$$U_{pi} = \frac{20 - 71,94}{30,76} = -1,69.$$

Для шага наработки в 30 тыс.км для третьей функции распределения получим:

$$U_{pi} = \frac{30 - 56,96}{27,83} = -0,97.$$

Далее рассчитываем интервал сдвига функций распределения отказов, по каждому шагу наработки (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Интервалы сдвига функций распределения

L_j , тыс.км	первой (ΔL_1), тыс. км	второй(ΔL_2), тыс. км	третьей(ΔL_3), тыс. км
10	10	82	132
20	20	92	142
30	30	102	152
40	40	112	162
50	50	122	172
60	60	132	182
70	70	142	192
80	80	152	202
90	90	162	212
100	100	172	222
110	110	182	232
120	120	192	242
130	130	202	252
140	140	212	262

Для определения интервала сдвига на шаге наработки в 20 тыс. км для первой функции распределения получим:

$$\Delta L_1 = 71,94 - 1,69 \cdot 30,76 = 20 \text{ тыс.км.}$$

Для шага наработки в 30 тыс. км для второй функции распределения получим:

$$\Delta L_2 = (71,94 + 50,43) - 0,56 \cdot 36,65 = 102 \text{ тыс.км.}$$

Для шага наработки в 50 тыс. км для третьей функции распределения получим:

$$\Delta L_3 = (71,94 + 50,43 + 56,69) - 0,25 \cdot 27,83 = 172 \text{ тыс.км.}$$

Функция распределения первого отказа *всегда* начинается в нулевой точке (в начале координат). Функция распределения второго отказа будет иметь сдвиг в 82 тыс. км (от начала координат) при наработке с момента второго восстановления в 10 тыс.км., а сдвиг в 92 тыс. км (от начала координат) при наработке с момента восстановления 20 тыс.км. Соответственно третья функция распределения будет иметь сдвиги в 132 и 142 тыс. км (от начала координат) на пробегах 10 и 20 тыс.км.

Следующим шагом является оценка значений функций распределения отказов и их расположение с учетом полученных сдвигов. Если, например для всех трех отказов был подтвержден закон Вейбулла-Гнеденко с параметрами:

	1 отказ	2отказ	3 отказ
a , тыс. км	81,14	55,11833	64,31155
b	2,4234	1,367	2,1013

Тогда мы получим значения функций распределения (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Формирование ведущей функции

L_j , тыс.км	Вероятность возникновения от- каза элемента			Сдвиг вероятностей на величины интервалов			$\Omega(L)$
	первого	второго	третьего	1-й отказ	2-й отказ	3-й отказ	
10	0,01	0,09	0,02	0,01			0,01
20	0,03	0,22	0,08	0,03			0,03
30	0,09	0,35	0,18	0,09			0,09
40	0,16	0,48	0,31	0,16			0,16
50	0,27	0,58	0,45	0,27			0,27
60	0,38	0,67	0,58	0,38			0,38
70	0,50	0,75	0,70	0,50			0,5
80	0,62	0,81	0,79	0,62	0,09		0,71
90	0,72	0,86	0,87	0,72	0,22		0,94
100	0,81	0,90	0,92	0,81	0,35		1,16
110	0,88	0,92	0,95	0,88	0,48		1,36
120	0,92	0,94	0,98	0,92	0,58		1,5
130	0,96	0,96	0,99	0,96	0,67	0,02	1,65
140	0,98	0,97	0,99	0,98	0,75	0,08	1,81

Параметр потока отказов – это относительное число отказов, приходящиеся на единицу времени или пробега одного изделия:

$$\omega(L) = \frac{\Delta\Omega(L)}{\Delta L}.$$

Потребность в запасных частях автомобилей рассчитывается исходя из величины изменения ведущей функции процесса восстановления за определенную наработку и количества автомобилей в парке:

$$Q_i(L) = A_i \cdot \Delta\Omega(L),$$

где A_i – количество автомобилей в парке.

Количество требований, поступающих в зону ремонта, определяется:

$$N_{\text{тp}_i}(L) = A_i \cdot \omega(L) \cdot L_{\text{пл}},$$

где $L_{\text{пл}}$ – планируемый пробег автомобилей, тыс.км.

Затраты на запасные части по каждому интервалу наработки рассчитываются:

$$S_{\text{зч}_i}(L) = C_{\text{зч}_i} \cdot Q_i(L),$$

где $C_{\text{зч}_i}$ – стоимость i – ой запасной части.

Затраты на проведение ремонта по каждому интервалу наработки рассчитываются:

$$S_{\text{тp}_i} = C_{\text{тp}_i} \cdot N_{\text{тp}_i},$$

где $C_{\text{тp}_i}$ – стоимость ремонта i – го элемента.

Трудоемкость ремонта элементов в интервалах наработки определяется:

$$\tau_i = N_{\text{тp}_i} \cdot \tau_{\text{ср}_i},$$

где $\tau_{\text{ср}_i}$ – средняя трудоемкость ремонта i -го элемента.

Задание

Используя результаты первой практической работы определить показатели процесса восстановления (ведущую функцию $\Omega(L)$ и параметр потока отказов $\omega(L)$). При оценке параметров процесса восстановления расчеты проводить с интервалом технического ресурса в 10 тыс. км до максимального значения технического ресурса в 200 тыс. км.

По полученным значениям параметров процесса восстановления рассчитать количество требуемых запасных частей, количество требований поступающих в зону ремонта, трудоемкость восстановления, затраты на запасные части и затраты на проведение ремонта. Количество автомобилей в парке, средние стоимости запасной части и ремонта, среднюю трудоемкость восстановления принять по табл. 4.5 и табл. 4.6.

Таблица 4.5

Таблица вариантов заданий для группы 6× - 1

Вариант	Количество автомобилей в парке (A_i), ед.	Стоимость запасной части ($C_{зч}$), руб.	Стоимость ремонта ($C_{тр}$), руб.	Средняя трудоемкость ремонта ($\tau_{ср}$), чел-ч.
1	2	3	4	5
1	20	100	205	2
2	22	107	215	2,3
3	24	114	225	2,6
4	26	121	235	2,9
5	28	128	245	3,2
6	30	135	255	3,5
7	32	142	265	3,8
8	34	149	275	4,1
9	36	156	285	4,4
10	38	163	295	4,7
11	40	170	305	5
12	42	177	315	5,3
13	44	184	325	5,6
14	46	191	335	5,9
15	48	198	345	6,2
16	50	205	355	6,5
17	52	212	365	6,8
18	54	219	375	7,1
19	56	226	385	7,4
20	58	233	395	7,7
21	60	240	405	8

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5
22	62	247	415	8,3
23	64	254	425	8,6
24	66	261	435	8,9
25	68	268	445	9,2
26	16	80	164	1,6
27	18	86	172	1,8
28	19	91	180	2,1
29	21	97	188	2,3
30	22	102	196	2,6

Таблица 4.6

Таблица вариантов заданий для группы 6× - 2

Вариант	Количество автомобилей в парке (A_i), ед.	Стоимость запасной части ($C_{зч}$), руб.	Стоимость ремонта ($C_{тр}$), руб.	Средняя трудоемкость ремонта ($\tau_{ср}$), чел-ч.
1	13	67	137	1,3
2	15	71	143	1,5
3	16	76	150	1,7
4	17	81	157	1,9
5	19	85	163	2,1
6	20	90	170	2,3
7	21	95	177	2,5
8	23	99	183	2,7
9	24	104	190	2,9
10	25	109	197	3,1
11	27	113	203	3,3
12	28	118	210	3,5
13	29	123	217	3,7
14	31	127	223	3,9
15	32	132	230	4,1
16	33	137	237	4,3
17	35	141	243	4,5
18	36	146	250	4,7
19	37	151	257	4,9
20	39	155	263	5,1
21	40	160	270	5,3
22	41	165	277	5,5
23	43	169	283	5,7
24	44	174	290	5,9
25	45	179	297	6,1
26	24	108	204	2,8
27	26	114	212	3,0
28	27	119	220	3,3
29	29	125	228	3,5
30	30	130	236	3,8

Контрольные вопросы

1. Процесс восстановления. Параметры процесса восстановления.
2. Ведущая функция процесса восстановления. Механизм формирования ведущей функции процесса восстановления.
3. Порядок расчета ведущей функции процесса восстановления.
4. Параметр потока отказов. Порядок расчета параметра потока отказов.
5. Оценка количества требуемых запасных частей и количества требований, поступающих в зону ремонта.
6. Оценка трудоемкости восстановления, затрат на запасные части и затрат на проведение ремонта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленных методических указаниях рассмотрены вопросы:

1. Оценка точечных параметров надежности, эмпирических характеристик вариационных рядов. Получаемые результаты позволяют проводить анализ изменения уровня надежности и качества проводимых работ по техническому обслуживанию и ремонту.

2. Выбор теоретического закона распределения случайных величин и расчет его характеристик, проверка согласия между эмпирическим и принятым теоретическим распределением. Получаемые теоретические законы позволяют полностью определить возможные значения случайных величин.

3. Оценка параметров надежности сложных соединений. Получаемые расчетные характеристики позволяют оценивать изменение уровня надежности по наработке различных схем соединения элементов.

4. Расчет средних удельных затрат и оценка оптимального технического ресурса и формирование ступеней профилактики. Определенные ступени профилактики позволяют проводить профилактические работы элементов и систем с минимальными эксплуатационными издержками.

5. Оценка параметров процесса восстановления, позволяющих рассчитать затраты на восстановление и запасные части.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. М.: Наука, 2001. – 535 с.
2. Булгаков, Н.Ф. Управление качеством профилактики автотранспортных средств. Моделирование и оптимизация Учеб. пособие / Н.Ф. Булгаков. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. –184 с.
3. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия / Ред. Совет: И.П. Ксенович и др. М.: Машиностроение том 3, 2003. – 787 с.
4. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Малкин. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значение функции $\Phi(Y)$

Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$	Y	$\Phi(Y)$
0,00	0,0000	0,32	0,1255	0,64	0,2389	0,96	0,3315	1,28	0,3997	1,60	0,4452	1,92	0,4726	2,48	0,4934
0,01	0,0040	0,33	0,1293	0,65	0,2422	0,97	0,3340	1,29	0,4015	1,61	0,4463	1,93	0,4732	2,50	0,4938
0,02	0,0080	0,34	0,1331	0,66	0,2454	0,98	0,3365	1,30	0,4032	1,62	0,4474	1,94	0,4738	2,52	0,4941
0,03	0,0120	0,35	0,1368	0,67	0,2486	0,99	0,3389	1,31	0,4049	1,63	0,4484	1,95	0,4744	2,54	0,4945
0,04	0,0160	0,36	0,1406	0,68	0,2517	1,00	0,3413	1,32	0,4066	1,64	0,4495	1,96	0,4750	2,56	0,4948
0,05	0,0199	0,37	0,1443	0,69	0,2549	1,01	0,3438	1,33	0,4082	1,65	0,4505	1,97	0,4756	2,58	0,4951
0,06	0,0239	0,38	0,1480	0,70	0,2580	1,02	0,3461	1,34	0,4099	1,66	0,4515	1,98	0,4761	2,60	0,4953
0,07	0,0279	0,39	0,1517	0,71	0,2611	1,03	0,3485	1,35	0,4115	1,67	0,4525	1,99	0,4767	2,62	0,4956
0,08	0,0319	0,40	0,1554	0,72	0,2642	1,04	0,3508	1,36	0,4131	1,68	0,4535	2,00	0,4772	2,64	0,4959
0,09	0,0359	0,41	0,1591	0,73	0,2673	1,05	0,3531	1,37	0,4147	1,69	0,4545	2,02	0,4783	2,66	0,4961
0,10	0,0398	0,42	0,0163	0,74	0,2703	1,06	0,3554	1,38	0,4162	1,70	0,4554	2,04	0,4793	2,68	0,4963
0,11	0,0438	0,43	0,1664	0,75	0,2734	1,07	0,3577	1,39	0,4177	1,71	0,4564	2,06	0,4803	2,70	0,4965
0,12	0,0478	0,44	0,1700	0,76	0,2764	1,08	0,3599	1,40	0,4192	1,72	0,4573	2,08	0,4813	2,72	0,4967
0,13	0,0517	0,45	0,1736	0,77	0,2794	1,09	0,3621	1,41	0,4207	1,73	0,4582	2,10	0,4821	2,74	0,4969
0,14	0,0557	0,46	0,1772	0,78	0,2823	1,10	0,3643	1,42	0,4222	1,74	0,4591	2,12	0,4830	2,76	0,4971
0,15	0,0596	0,47	0,1808	0,79	0,2852	1,11	0,3665	1,43	0,4236	1,75	0,4599	2,14	0,4838	2,78	0,4973
0,16	0,0636	0,48	0,1844	0,80	0,2881	1,12	0,3686	1,44	0,4251	1,76	0,4608	2,16	0,4846	2,80	0,4974
0,17	0,0675	0,49	0,1879	0,81	0,2910	1,13	0,3708	1,45	0,4265	1,77	0,4616	2,18	0,4854	2,82	0,4976
0,18	0,0714	0,50	0,1915	0,82	0,2939	1,14	0,3729	1,46	0,4279	1,78	0,4625	2,20	0,4861	2,84	0,4977
0,19	0,0753	0,51	0,1950	0,83	0,2967	1,15	0,3749	1,47	0,4292	1,79	0,4633	2,22	0,4868	2,86	0,4979
0,20	0,0793	0,52	0,1985	0,84	0,2995	1,16	0,3770	1,48	0,4306	1,80	0,4641	2,24	0,4875	2,88	0,4980
0,21	0,0832	0,53	0,2019	0,85	0,3023	1,17	0,3790	1,49	0,4319	1,81	0,4649	2,26	0,4881	2,90	0,4981
0,22	0,0871	0,54	0,2054	0,86	0,3051	1,18	0,3810	1,50	0,4332	1,82	0,4656	2,28	0,4887	2,92	0,4982
0,23	0,0910	0,55	0,2088	0,87	0,3078	1,19	0,3830	1,51	0,4345	1,83	0,4664	2,30	0,4893	2,94	0,4984
0,24	0,0948	0,56	0,2123	0,88	0,3106	1,20	0,3849	1,52	0,4357	1,84	0,4671	2,32	0,4898	2,96	0,4985
0,25	0,0987	0,57	0,2157	0,89	0,3133	1,21	0,3869	1,53	0,4370	1,85	0,4678	2,34	0,4904	2,98	0,4986
0,26	0,1026	0,58	0,2190	0,90	0,3159	1,22	0,3883	1,54	0,4382	1,86	0,4686	2,36	0,4909	3,00	0,4986
0,27	0,1064	0,59	0,2224	0,91	0,3186	1,23	0,3907	1,55	0,4394	1,87	0,4693	2,38	0,4913	3,20	0,49931
0,28	0,1103	0,60	0,2257	0,92	0,3212	1,24	0,3925	1,56	0,4406	1,88	0,4699	2,40	0,4918	3,40	0,49966
0,29	0,1141	0,61	0,2291	0,93	0,3238	1,25	0,3944	1,57	0,4418	1,89	0,4706	2,42	0,4922	3,60	0,499841
0,30	0,1179	0,62	0,2324	0,94	0,3264	1,26	0,3962	1,58	0,4429	1,90	0,4713	2,44	0,4927	3,80	0,499928
0,31	0,1217	0,63	0,2357	0,95	0,3289	1,27	0,3980	1,59	0,4441	1,91	0,4719	2,46	0,4931	4,00	0,499968
													0,4934	4,50	0,499997
													0,4938	5,00	0,499997

Приложение 2

Параметр формы b закона Вейбулла-Гнеденко
в зависимости от коэффициента вариации

v	+0,00	+0,02	+0,04	+0,06	+0,08
I	2	3	4	5	6
0,10	12,1537	10,0276	9,5121	7,3783	6,4988
0,20	5,7974	5,2254	4,7505	4,3504	4,0086
0,30	3,7138	3,4570	3,2315	3,0321	2,8545
0,40	2,6956	2,5526	2,4234	2,3061	2,1991

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6
0,50	2,1013	2,0116	1,9291	1,8529	1,7824
0,60	1,7171	1,6563	1,5997	1,5469	1,4975
0,70	1,4513	1,4078	1,3670	1,3286	1,2924
0,80	1,2583	1,2259	1,1954	1,1664	1,1389
0,90	1,1128	1,0880	1,0644	1,0419	1,0205
1,00	1,0000	0,9804	0,9618	0,9439	0,9267
1,10	0,9103	0,8946	0,8795	0,8450	0,8510
1,20	0,8376	0,8247	0,8123	0,8003	0,7888
1,30	0,7776	0,7669	0,7565	0,7465	0,7368
1,40	0,7274	0,7183	0,7095	0,7010	0,6928
1,50	0,6848	0,6770	0,6695	0,6622	0,6551
1,60	0,6483	0,6415	0,6350	0,6287	0,6225
1,70	0,6165	0,6107	0,6050	0,5995	0,5995
1,80	0,5888	0,5837	0,5787	0,5738	0,5690
1,90	0,5644	0,5598	0,5554	0,5511	0,5468
2,00	0,5427	0,5386	0,5347	0,5308	0,5270

Приложение 3

Значения гамма-функции $\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$ в зависимости от коэффициента вариации

v	+0,00	+0,02	+0,04	+0,06	+0,08
0,10	0,9597	0,9515	0,9445	0,9380	0,9318
0,20	0,9259	0,9205	0,9154	0,9108	0,9065
0,30	0,9026	0,8992	0,8961	0,8934	0,8911
0,40	0,8892	0,8877	0,8866	0,8859	0,8856
0,50	0,8857	0,8861	0,8870	0,8882	0,8897
0,60	0,8917	0,8939	0,8966	0,8996	0,9029
0,70	0,9066	0,9106	0,9150	0,9197	0,9247
0,80	0,9300	0,9356	0,9416	0,9479	0,9544
0,90	0,9613	0,9685	0,9759	0,9837	0,9917
1,00	1,0000	1,0086	1,0175	1,0266	1,0360
1,10	1,0457	1,0567	1,0659	1,0764	1,0871
1,20	1,0981	1,1094	1,1209	1,1327	1,1447
1,30	1,1570	1,1695	1,1823	1,1953	1,2086
1,40	1,2221	1,2358	1,2489	1,2641	1,2786
1,50	1,2933	1,3092	1,3231	1,3389	1,3546
1,60	1,3705	1,3866	1,4030	1,4196	1,4365
1,70	1,4536	1,4709	1,4885	1,5063	1,5243
1,80	1,5426	1,5611	1,5799	1,5989	1,6181
1,90	1,6375	1,6572	1,6772	1,6973	1,7177
2,00	1,7394	1,7593	1,7804	1,8017	1,9233

Критические точки распределения χ^2

Число степеней свободы k	Уровень значимости α					
	0,1	0,05	0,025	0,005	0,0025	0,001
1	6,6	5,0	3,8	0,0039	0,00098	0,00016
2	9,2	7,4	6,0	0,103	0,051	0,020
3	11,3	9,4	7,8	0,352	0,216	0,115
4	13,3	11,1	9,5	0,711	0,484	0,297
5	15,1	12,8	11,1	1,15	0,831	0,554
6	16,8	14,4	12,6	1,64	1,24	0,872
7	18,5	16,0	14,1	2,17	1,69	1,24
8	20,1	17,5	15,5	2,73	2,18	1,65
9	21,7	19,0	16,9	3,33	2,70	2,09
10	23,2	20,5	18,3	3,94	3,25	2,56
11	24,7	21,9	19,7	4,57	3,82	3,05
12	26,2	23,3	21,0	5,23	4,40	3,57
13	27,7	24,7	22,4	5,89	5,01	4,11
14	29,1	26,1	23,7	6,57	5,63	4,66
15	30,6	27,5	25,0	7,26	6,26	5,23
16	32,0	28,8	26,3	7,96	6,91	5,81
17	33,4	30,2	27,6	8,67	7,56	6,41
18	34,8	31,5	28,9	9,39	8,23	7,01
19	36,2	32,9	30,1	10,1	8,91	7,63
20	37,6	34,2	31,4	10,9	9,59	8,26
21	38,9	35,5	32,7	11,6	10,3	8,90
22	40,3	36,8	33,9	12,3	11,0	9,54
23	41,6	38,1	35,2	13,1	11,7	10,2
24	43,0	39,4	36,4	13,8	12,4	10,9
25	44,3	40,6	37,7	14,6	13,1	11,5
26	45,6	41,9	38,9	15,4	13,8	12,2
27	47,0	43,2	40,1	16,2	14,6	12,9
28	48,3	44,5	41,3	16,9	15,3	13,6
29	49,6	45,7	42,6	17,7	16,0	14,3
30	50,9	47,0	43,8	18,5	16,8	15,0

Приложение 5 Варианты заданий

Вариант 1								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
21,12	7,72	11,78	23,23	8,49	12,95	23,65	8,65	13,19
29,21	11,87	17,28	32,13	13,06	19,01	32,71	13,29	19,35
36,85	12,92	18,99	40,53	14,21	20,89	41,27	14,47	21,27
37,99	15,21	22,74	41,79	16,73	25,01	42,55	17,03	25,47
41,06	15,26	23,76	45,17	16,78	26,14	45,99	17,09	26,61
41,11	15,58	23,84	45,22	17,13	26,23	46,04	17,45	26,70
42,22	15,88	25,43	46,44	17,47	27,97	47,29	17,79	28,48
45,56	23,65	26,52	50,11	26,02	29,17	51,03	26,49	29,70
47,02	24,90	29,84	51,72	27,39	32,82	52,66	27,89	33,42
48,07	27,37	34,64	52,87	30,11	38,11	53,84	30,66	38,80
48,10	27,95	35,44	52,91	30,74	38,98	53,87	31,30	39,69
49,28	29,36	35,73	54,21	32,29	39,30	55,19	32,88	40,02
49,97	31,50	38,03	54,97	34,65	41,83	55,97	35,28	42,59
50,99	33,86	38,83	56,09	37,24	42,72	57,11	37,92	43,49
53,77	36,89	41,57	59,15	40,58	45,73	60,23	41,32	46,56
54,07	38,26	45,79	59,48	42,09	50,37	60,56	42,86	51,29
60,31	41,26	51,22	66,34	45,38	56,34	67,55	46,21	57,36
66,04	42,01	58,04	72,65	46,21	63,85	73,97	47,05	65,01
71,17	48,74	58,74	78,28	53,61	64,62	79,71	54,59	65,79
71,62	55,47	64,47	78,78	61,02	70,92	80,22	62,13	72,21

Вариант 2								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,08	8,80	13,42	20,06	7,33	11,19	20,49	7,49	11,42
33,29	13,53	19,70	27,74	11,28	16,42	28,33	11,51	16,76
42,01	14,73	21,65	35,01	12,27	18,04	35,74	12,53	18,42
43,31	17,34	25,92	36,09	14,45	21,60	36,85	14,75	22,06
46,81	17,40	27,09	39,01	14,50	22,57	39,83	14,80	23,05
46,86	17,76	27,18	39,05	14,80	22,65	39,87	15,11	23,13
48,13	18,11	28,99	40,11	15,09	24,16	40,95	15,41	24,67
51,94	26,96	30,23	43,28	22,47	25,19	44,19	22,94	25,72
53,60	28,39	34,02	44,67	23,66	28,35	45,61	24,16	28,94
54,80	31,20	39,49	45,66	26,00	32,91	46,62	26,55	33,60
54,84	31,86	40,40	45,70	26,55	33,67	46,66	27,11	34,38
56,18	33,47	40,73	46,82	27,89	33,94	47,80	28,48	34,66
56,97	35,91	43,35	47,48	29,93	36,12	48,47	30,56	36,89
58,13	38,60	44,27	48,44	32,17	36,89	49,46	32,84	37,67
61,30	42,05	47,39	51,09	35,04	39,49	52,16	35,78	40,32
61,64	43,62	52,20	51,37	36,35	43,50	52,45	37,12	44,42
68,75	47,03	58,39	57,29	39,20	48,66	58,50	40,02	49,68
75,29	47,89	66,17	62,74	39,91	55,14	64,06	40,75	56,30
81,13	55,56	66,97	67,61	46,30	55,80	69,03	47,28	56,98
81,65	63,24	73,50	68,04	52,70	61,25	69,47	53,81	62,54

Вариант 3								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
17,64	6,45	9,83	24,82	9,07	13,84	38,78	14,17	21,62
24,39	9,91	14,43	34,32	13,95	20,30	53,62	21,79	31,73
30,77	10,79	15,86	43,30	15,18	22,31	67,65	23,72	34,87
31,72	12,70	18,99	44,64	17,87	26,72	69,76	27,92	41,75
34,29	12,74	19,84	48,25	17,93	27,92	75,39	28,02	43,63
34,32	13,01	19,91	48,30	18,30	28,01	75,47	28,60	43,77
35,25	13,26	21,23	49,61	18,66	29,88	77,52	29,16	46,69
38,04	19,75	22,14	53,53	27,79	31,16	83,65	43,42	48,69
39,26	20,79	24,92	55,25	29,26	35,06	86,33	45,72	54,78
40,14	22,85	28,93	56,48	32,16	40,70	88,25	50,25	63,60
40,16	23,33	29,59	56,52	32,84	41,64	88,31	51,31	65,07
41,15	24,51	29,84	57,90	34,50	41,98	90,48	53,90	65,60
41,73	26,30	31,75	58,72	37,01	44,68	91,75	57,84	69,82
42,58	28,27	32,43	59,92	39,78	45,63	93,62	62,16	71,30
44,90	30,80	34,71	63,18	43,34	48,84	98,73	67,73	76,32
45,15	31,95	38,24	63,53	44,96	53,81	99,28	70,25	84,07
50,36	34,45	42,77	70,86	48,48	60,18	110,73	75,75	94,03
55,14	35,08	48,47	77,60	49,36	68,20	121,25	77,12	106,57
59,42	40,70	49,05	83,62	57,27	69,02	130,66	89,49	107,85
59,80	46,32	53,83	84,15	65,18	75,75	131,50	101,85	118,37

Вариант 4								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,56	9,34	14,25	34,95	12,77	19,49	30,58	11,18	17,05
35,34	14,36	20,91	48,33	19,64	28,60	42,29	17,19	25,02
44,59	15,63	22,98	60,98	21,38	31,43	53,36	18,71	27,50
45,97	18,40	27,51	62,88	25,17	37,63	55,01	22,02	32,92
49,68	18,46	28,75	67,96	25,25	39,32	59,46	22,10	34,41
49,74	18,85	28,85	68,03	25,78	39,46	59,52	22,55	34,52
51,09	19,22	30,77	69,87	26,29	42,09	61,13	23,00	36,82
55,13	28,62	32,09	75,40	39,14	43,89	65,97	34,25	38,40
56,89	30,13	36,11	77,81	41,22	49,38	68,08	36,06	43,21
58,16	33,12	41,92	79,55	45,30	57,33	69,60	39,63	50,16
58,20	33,81	42,88	79,61	46,25	58,65	69,65	40,47	51,32
59,63	35,52	43,23	81,56	48,59	59,13	71,36	42,51	51,74
60,47	38,12	46,01	82,71	52,13	62,93	72,36	45,61	55,06
61,70	40,97	46,99	84,39	56,03	64,27	73,84	49,03	56,23
65,07	44,64	50,30	89,00	61,05	68,80	77,86	53,42	60,19
65,43	46,30	55,41	89,49	63,33	75,79	78,30	55,41	66,31
72,98	49,92	61,97	99,81	68,28	84,76	87,33	59,74	74,16
79,91	50,83	70,23	109,30	69,52	96,06	95,63	60,82	84,05
86,11	58,98	71,08	117,78	80,66	97,22	103,05	70,58	85,06
86,66	67,12	78,01	118,53	91,81	106,70	103,71	80,33	93,36

Вариант 5								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
36,92	30,42	31,49	40,62	33,46	34,64	41,35	34,07	35,27
37,99	30,98	34,64	41,79	34,08	38,11	42,55	34,70	38,80
38,25	33,86	35,73	42,07	37,24	39,30	42,84	37,92	40,02
41,06	34,25	38,03	45,17	37,67	41,83	45,99	38,36	42,59
41,11	35,44	45,79	45,22	38,98	50,37	46,04	39,69	51,29
47,02	38,26	48,74	51,72	42,09	53,61	52,66	42,86	54,59
48,07	41,26	58,04	52,87	45,38	63,85	53,84	46,21	65,01
48,13	42,01	58,74	52,94	46,21	64,62	53,91	47,05	65,79
49,28	43,28	64,31	54,21	47,60	70,74	55,19	48,47	72,02
49,97	44,63	64,47	54,97	49,09	70,92	55,97	49,98	72,21
50,99	51,21	65,13	56,09	56,33	71,64	57,11	57,36	72,94
53,77	53,49	66,01	59,15	58,84	72,61	60,23	59,91	73,93
54,07	68,19	71,50	59,48	75,01	78,65	60,56	76,37	80,08
60,31	75,68	79,95	66,34	83,25	87,94	67,55	84,76	89,54
71,62	77,42	81,32	78,78	85,16	89,45	80,22	86,71	91,07
73,63	84,41	89,80	80,99	92,85	98,78	82,46	94,53	100,58
77,20	88,55	90,16	84,92	97,41	99,18	86,47	99,18	100,98
77,99	96,69	92,53	85,79	106,36	101,79	87,35	108,30	103,64
78,47	105,71	99,69	86,31	116,28	109,66	87,88	118,40	111,65
85,14	117,46	101,26	93,65	129,21	112,53	95,36	131,56	113,13

Вариант 6								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
42,09	34,68	35,90	35,08	28,90	29,92	35,82	29,50	30,55
43,31	35,31	39,49	36,09	29,43	32,91	36,85	30,05	33,60
43,60	38,60	40,73	36,33	32,17	33,94	37,10	32,84	34,66
46,81	39,04	43,35	39,01	32,54	36,12	39,83	33,22	36,89
46,86	40,40	52,20	39,05	33,67	43,50	39,87	34,38	44,42
53,60	43,62	55,56	44,67	36,35	46,30	45,61	37,12	47,28
54,80	47,03	66,17	45,66	39,20	55,14	46,62	40,02	56,30
54,87	47,89	66,97	45,72	39,91	55,80	46,69	40,75	56,98
56,18	49,34	73,31	46,82	41,11	61,09	47,80	41,98	62,38
56,97	50,87	73,50	47,48	42,39	61,25	48,47	43,29	62,54
58,13	58,38	74,24	48,44	48,65	61,87	49,46	49,68	63,17
61,30	60,98	75,25	51,09	50,81	62,71	52,16	51,88	64,03
61,64	77,74	81,51	51,37	64,78	67,93	52,45	66,15	69,36
68,75	86,27	91,14	57,29	71,89	75,95	58,50	73,41	77,55
81,65	88,26	92,70	68,04	73,55	77,25	69,47	75,10	78,88
83,93	96,22	102,37	69,94	80,19	85,31	71,42	81,87	87,11
88,01	100,95	102,78	73,34	84,12	85,65	74,89	85,89	87,46
88,91	110,23	105,49	74,09	91,86	87,91	75,65	93,79	89,76
89,45	120,51	113,65	74,54	100,43	94,71	76,11	102,54	96,70
97,06	133,90	115,38	80,88	111,59	97,45	82,58	113,94	99,23

Вариант 7								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
30,83	25,40	26,30	43,39	35,74	37,01	67,79	55,85	57,82
31,72	25,87	28,93	44,64	36,40	40,70	69,76	56,88	63,60
31,94	28,27	29,84	44,94	39,78	41,98	70,22	62,16	65,60
34,29	28,60	31,75	48,25	40,24	44,68	75,39	62,88	69,82
34,32	29,59	38,24	48,30	41,64	53,81	75,47	65,07	84,07
39,26	31,95	40,70	55,25	44,96	57,27	86,33	70,25	89,49
40,14	34,45	48,47	56,48	48,48	68,20	88,25	75,75	106,57
40,19	35,08	49,05	56,55	49,36	69,02	88,37	77,12	107,85
41,15	36,14	53,70	57,90	50,85	75,56	90,48	79,46	118,07
41,73	37,26	53,83	58,72	52,44	75,75	91,75	81,93	118,37
42,58	42,76	54,38	59,92	60,17	76,52	93,62	94,03	119,57
44,90	44,66	55,12	63,18	62,85	77,56	98,73	98,21	121,19
45,15	56,94	59,70	63,53	80,12	84,01	99,28	125,20	131,28
50,36	63,19	66,76	70,86	88,92	93,94	110,73	138,94	146,78
59,80	64,65	67,90	84,15	90,97	95,55	131,50	142,14	149,29
61,48	70,48	74,98	86,51	99,18	105,52	135,18	154,97	164,88
64,46	73,94	75,29	90,71	104,05	105,94	141,74	162,58	165,54
65,12	80,74	77,27	91,64	113,61	108,73	143,19	177,53	169,89
65,52	88,27	83,24	92,20	124,21	117,14	144,06	194,09	183,03
71,09	98,08	86,12	100,04	138,02	118,69	156,32	215,66	185,38

Вариант 8								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
44,68	36,80	38,11	61,11	50,34	52,12	53,47	44,04	45,60
45,97	37,48	41,92	62,88	51,27	57,33	55,01	44,86	50,16
46,28	40,97	43,23	63,30	56,03	59,13	55,38	49,03	51,74
49,68	41,44	46,01	67,96	56,68	62,93	59,46	49,59	55,06
49,74	42,88	55,41	68,03	58,65	75,79	59,52	51,32	66,31
56,89	46,30	58,98	77,81	63,33	80,66	68,08	55,41	70,58
58,16	49,92	70,23	79,55	68,28	96,06	69,60	59,74	84,05
58,24	50,83	71,08	79,66	69,52	97,22	69,69	60,82	85,06
59,63	52,37	77,81	81,56	71,62	106,43	71,36	62,67	93,12
60,47	54,00	78,01	82,71	73,86	106,70	72,36	64,62	93,36
61,70	61,97	78,80	84,39	84,76	107,79	73,84	74,15	94,30
65,07	64,72	79,87	89,00	88,52	109,24	77,86	77,45	95,58
65,43	82,51	86,52	89,49	112,86	118,33	78,30	98,74	103,53
72,98	91,57	96,74	99,81	125,25	132,31	87,33	109,58	115,76
86,66	93,68	98,39	118,53	128,13	134,58	103,71	112,10	117,74
89,09	102,13	108,66	121,85	139,69	148,62	106,61	122,22	130,03
93,42	107,15	109,10	127,77	146,55	149,22	111,79	128,22	130,55
94,37	117,00	111,96	129,07	160,03	153,14	112,93	140,01	133,99
94,94	127,91	120,62	129,86	174,95	164,99	113,62	153,07	144,35
103,02	142,13	122,54	140,91	194,40	165,78	123,28	170,08	147,25

Вариант 9								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
21,46	27,12	24,38	23,60	29,83	26,82	24,03	30,37	27,31
32,55	27,95	26,52	35,81	30,74	29,17	36,46	31,30	29,70
37,99	29,90	34,64	41,79	32,89	38,11	42,55	33,49	38,80
41,06	30,98	34,94	45,17	34,08	38,43	45,99	34,70	39,13
47,02	34,25	35,73	51,72	37,67	39,30	52,66	38,36	40,02
47,84	38,26	37,05	52,62	42,09	40,75	53,58	42,86	41,49
48,07	42,01	41,45	52,87	46,21	45,59	53,84	47,05	46,42
48,13	43,28	45,79	52,94	47,60	50,37	53,91	48,47	51,29
49,28	53,49	48,36	54,21	58,84	53,19	55,19	59,91	54,16
49,97	54,76	50,33	54,97	60,24	55,37	55,97	61,33	56,37
50,99	59,29	58,74	56,09	65,22	64,62	57,11	66,40	65,79
53,77	64,86	64,31	59,15	71,34	70,74	60,23	72,64	72,02
54,07	67,45	64,47	59,48	74,20	70,92	60,56	75,55	72,21
60,31	68,19	66,01	66,34	75,01	72,61	67,55	76,37	73,93
71,62	73,35	71,50	78,78	80,68	78,65	80,22	82,15	80,08
73,63	75,68	78,59	80,99	83,25	86,45	82,46	84,76	88,02
77,20	84,41	79,95	84,92	92,85	87,94	86,47	94,53	89,54
77,99	86,25	82,41	85,79	94,87	90,65	87,35	96,60	92,29
78,47	117,46	90,16	86,31	129,21	99,18	87,88	131,56	100,98
81,24	146,60	99,69	89,37	161,25	109,66	90,99	164,19	111,65

Вариант 10								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,46	30,92	27,80	20,39	25,76	23,16	20,81	26,31	23,65
37,11	31,86	30,23	30,92	26,55	25,19	31,58	27,11	25,72
43,31	34,08	39,49	36,09	28,40	32,91	36,85	29,00	33,60
46,81	35,31	39,83	39,01	29,43	33,19	39,83	30,05	33,89
53,60	39,04	40,73	44,67	32,54	33,94	45,61	33,22	34,66
54,53	43,62	42,23	45,45	36,35	35,19	46,40	37,12	35,93
54,80	47,89	47,25	45,66	39,91	39,37	46,62	40,75	40,20
54,87	49,34	52,20	45,72	41,11	43,50	46,69	41,98	44,42
56,18	60,98	55,12	46,82	50,81	45,94	47,80	51,88	46,90
56,97	62,43	57,38	47,48	52,02	47,82	48,47	53,12	48,82
58,13	67,59	66,97	48,44	56,32	55,80	49,46	57,51	56,98
61,30	73,94	73,31	51,09	61,61	61,09	52,16	62,91	62,38
61,64	76,90	73,50	51,37	64,08	61,25	52,45	65,43	62,54
68,75	77,74	75,25	57,29	64,78	62,71	58,50	66,15	64,03
81,65	83,62	81,51	68,04	69,68	67,93	69,47	71,15	69,36
83,93	86,27	89,60	69,94	71,89	74,66	71,42	73,41	76,24
88,01	96,22	91,14	73,34	80,19	75,95	74,89	81,87	77,55
88,91	98,32	93,94	74,09	81,94	78,28	75,65	83,66	79,93
89,45	133,90	102,78	74,54	111,59	85,65	76,11	113,94	87,46
92,61	167,12	113,65	77,18	139,27	94,71	78,80	142,20	96,70

Вариант 11								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
17,92	22,64	20,36	25,21	31,86	28,65	39,40	49,79	44,77
27,18	23,33	22,14	38,25	32,84	31,16	59,77	51,31	48,69
31,72	24,96	28,93	44,64	35,13	40,70	69,76	54,89	63,60
34,29	25,87	29,17	48,25	36,40	41,05	75,39	56,88	64,14
39,26	28,60	29,84	55,25	40,24	41,98	86,33	62,88	65,60
39,94	31,95	30,93	56,21	44,96	43,53	87,83	70,25	68,02
40,14	35,08	34,61	56,48	49,36	48,70	88,25	77,12	76,10
40,19	36,14	38,24	56,55	50,85	53,81	88,37	79,46	84,07
41,15	44,66	40,38	57,90	62,85	56,82	90,48	98,21	88,78
41,73	45,73	42,03	58,72	64,35	59,14	91,75	100,54	92,41
42,58	49,51	49,05	59,92	69,66	69,02	93,62	108,85	107,85
44,90	54,15	53,70	63,18	76,21	75,56	98,73	119,08	118,07
45,15	56,32	53,83	63,53	79,26	75,75	99,28	123,84	118,37
50,36	56,94	55,12	70,86	80,12	77,56	110,73	125,20	121,19
59,80	61,25	59,70	84,15	86,19	84,01	131,50	134,67	131,28
61,48	63,19	65,63	86,51	88,92	92,35	135,18	138,94	144,30
64,46	70,48	66,76	90,71	99,18	93,94	141,74	154,97	146,78
65,12	72,02	68,81	91,64	101,34	96,83	143,19	158,35	151,30
65,52	98,08	75,29	92,20	138,02	105,94	144,06	215,66	165,54
67,84	122,41	83,24	95,46	172,25	117,14	149,16	269,15	183,03

Вариант 12								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,96	32,81	29,50	35,51	44,88	40,35	31,07	39,27	35,31
39,39	33,81	32,09	53,87	46,25	43,89	47,14	40,47	38,40
45,97	36,18	41,92	62,88	49,48	57,33	55,01	43,29	50,16
49,68	37,48	42,27	67,96	51,27	57,82	59,46	44,86	50,59
56,89	41,44	43,23	77,81	56,68	59,13	68,08	49,59	51,74
57,88	46,30	44,83	79,17	63,33	61,31	69,27	55,41	53,64
58,16	50,83	50,15	79,55	69,52	68,59	69,60	60,82	60,02
58,24	52,37	55,41	79,66	71,62	75,79	69,69	62,67	66,31
59,63	64,72	58,51	81,56	88,52	80,03	71,36	77,45	70,02
60,47	66,26	60,90	82,71	90,63	83,30	72,36	79,30	72,88
61,70	71,74	71,08	84,39	98,12	97,22	73,84	85,85	85,06
65,07	78,48	77,81	89,00	107,34	106,43	77,86	93,91	93,12
65,43	81,62	78,01	89,49	111,63	106,70	78,30	97,67	93,36
72,98	82,51	79,87	99,81	112,86	109,24	87,33	98,74	95,58
86,66	88,75	86,52	118,53	121,39	118,33	103,71	106,21	103,53
89,09	91,57	95,10	121,85	125,25	130,07	106,61	109,58	113,80
93,42	102,13	96,74	127,77	139,69	132,31	111,79	122,22	115,76
94,37	104,36	99,71	129,07	142,74	136,38	112,93	124,89	119,32
94,94	142,13	109,10	129,86	194,40	149,22	113,62	170,08	130,55
98,30	177,38	120,62	134,45	242,61	164,99	117,64	212,27	144,35

Вариант 13								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
21,458	15,466	15,108	23,60	17,01	16,62	24,03	17,32	16,92
29,572	15,576	18,99	32,53	17,13	20,89	33,12	17,45	21,27
37,993	18,265	21,244	41,79	20,09	23,37	42,55	20,46	23,79
41,061	23,65	23,725	45,17	26,02	26,10	45,99	26,49	26,57
42,22	24,904	23,761	46,44	27,39	26,14	47,29	27,89	26,61
47,018	27,088	24,382	51,72	29,80	26,82	52,66	30,34	27,31
48,067	27,119	25,431	52,87	29,83	27,97	53,84	30,37	28,48
49,28	27,946	26,518	54,21	30,74	29,17	55,19	31,30	29,70
49,769	29,358	29,839	54,75	32,29	32,82	55,74	32,88	33,42
49,974	31,501	29,898	54,97	34,65	32,89	55,97	35,28	33,49
50,992	33,858	34,641	56,09	37,24	38,11	57,11	37,92	38,80
53,774	36,889	35,731	59,15	40,58	39,30	60,23	41,32	40,02
54,072	38,264	37,046	59,48	42,09	40,75	60,56	42,86	41,49
59,575	42,006	41,447	65,53	46,21	45,59	66,72	47,05	46,42
60,31	54,763	41,57	66,34	60,24	45,73	67,55	61,33	46,56
71,166	55,474	45,792	78,28	61,02	50,37	79,71	62,13	51,29
71,621	64,856	48,355	78,78	71,34	53,19	80,22	72,64	54,16
73,626	75,678	50,332	80,99	83,25	55,37	82,46	84,76	56,37
77,203	77,531	51,216	84,92	85,28	56,34	86,47	86,83	57,36
77,988	84,406	58,044	85,79	92,85	63,85	87,35	94,53	65,01

Вариант 14								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,46	17,63	17,22	20,39	14,69	14,35	20,81	15,00	14,65
33,71	17,76	21,65	28,09	14,80	18,04	28,68	15,11	18,42
43,31	20,82	24,22	36,09	17,35	20,18	36,85	17,72	20,61
46,81	26,96	27,05	39,01	22,47	22,54	39,83	22,94	23,01
48,13	28,39	27,09	40,11	23,66	22,57	40,95	24,16	23,05
53,60	30,88	27,80	44,67	25,73	23,16	45,61	26,28	23,65
54,80	30,92	28,99	45,66	25,76	24,16	46,62	26,31	24,67
56,18	31,86	30,23	46,82	26,55	25,19	47,80	27,11	25,72
56,74	33,47	34,02	47,28	27,89	28,35	48,28	28,48	28,94
56,97	35,91	34,08	47,48	29,93	28,40	48,47	30,56	29,00
58,13	38,60	39,49	48,44	32,17	32,91	49,46	32,84	33,60
61,30	42,05	40,73	51,09	35,04	33,94	52,16	35,78	34,66
61,64	43,62	42,23	51,37	36,35	35,19	52,45	37,12	35,93
67,92	47,89	47,25	56,60	39,91	39,37	57,79	40,75	40,20
68,75	62,43	47,39	57,29	52,02	39,49	58,50	53,12	40,32
81,13	63,24	52,20	67,61	52,70	43,50	69,03	53,81	44,42
81,65	73,94	55,12	68,04	61,61	45,94	69,47	62,91	46,90
83,93	86,27	57,38	69,94	71,89	47,82	71,42	73,41	48,82
88,01	88,39	58,39	73,34	73,65	48,66	74,89	75,21	49,68
88,91	96,22	66,17	74,09	80,19	55,14	75,65	81,87	56,30

Вариант 15								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
17,92	12,91	12,62	25,21	18,17	17,75	39,40	28,40	27,74
24,69	13,01	15,86	34,75	18,30	22,31	54,29	28,60	34,87
31,72	15,25	17,74	44,64	21,46	24,96	69,76	33,53	39,00
34,29	19,75	19,81	48,25	27,79	27,88	75,39	43,42	43,56
35,25	20,79	19,84	49,61	29,26	27,92	77,52	45,72	43,63
39,26	22,62	20,36	55,25	31,83	28,65	86,33	49,73	44,77
40,14	22,64	21,23	56,48	31,86	29,88	88,25	49,79	46,69
41,15	23,33	22,14	57,90	32,84	31,16	90,48	51,31	48,69
41,56	24,51	24,92	58,48	34,50	35,06	91,38	53,90	54,78
41,73	26,30	24,96	58,72	37,01	35,13	91,75	57,84	54,89
42,58	28,27	28,93	59,92	39,78	40,70	93,62	62,16	63,60
44,90	30,80	29,84	63,18	43,34	41,98	98,73	67,73	65,60
45,15	31,95	30,93	63,53	44,96	43,53	99,28	70,25	68,02
49,75	35,08	34,61	70,00	49,36	48,70	109,38	77,12	76,10
50,36	45,73	34,71	70,86	64,35	48,84	110,73	100,54	76,32
59,42	46,32	38,24	83,62	65,18	53,81	130,66	101,85	84,07
59,80	54,15	40,38	84,15	76,21	56,82	131,50	119,08	88,78
61,48	63,19	42,03	86,51	88,92	59,14	135,18	138,94	92,41
64,46	64,74	42,77	90,71	91,10	60,18	141,74	142,35	94,03
65,12	70,48	48,47	91,64	99,18	68,20	143,19	154,97	106,57

Вариант 16								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,96	18,71	18,28	35,51	25,60	25,00	31,07	22,39	21,88
35,78	18,85	22,98	48,94	25,78	31,43	42,82	22,55	27,50
45,97	22,10	25,71	62,88	30,23	35,16	55,01	26,45	30,76
49,68	28,62	28,71	67,96	39,14	39,26	59,46	34,25	34,35
51,09	30,13	28,75	69,87	41,22	39,32	61,13	36,06	34,41
56,89	32,78	29,50	77,81	44,83	40,35	68,08	39,22	35,31
58,16	32,81	30,77	79,55	44,88	42,09	69,60	39,27	36,82
59,63	33,81	32,09	81,56	46,25	43,89	71,36	40,47	38,40
60,22	35,52	36,11	82,37	48,59	49,38	72,07	42,51	43,21
60,47	38,12	36,18	82,71	52,13	49,48	72,36	45,61	43,29
61,70	40,97	41,92	84,39	56,03	57,33	73,84	49,03	50,16
65,07	44,64	43,23	89,00	61,05	59,13	77,86	53,42	51,74
65,43	46,30	44,83	89,49	63,33	61,31	78,30	55,41	53,64
72,09	50,83	50,15	98,60	69,52	68,59	86,26	60,82	60,02
72,98	66,26	50,30	99,81	90,63	68,80	87,33	79,30	60,19
86,11	67,12	55,41	117,78	91,81	75,79	103,05	80,33	66,31
86,66	78,48	58,51	118,53	107,34	80,03	103,71	93,91	70,02
89,09	91,57	60,90	121,85	125,25	83,30	106,61	109,58	72,88
93,42	93,81	61,97	127,77	128,31	84,76	111,79	112,26	74,16
94,37	102,13	70,23	129,07	139,69	96,06	112,93	122,22	84,05

Вариант 17								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
21,70	20,81	17,79	23,87	22,89	19,57	24,30	23,30	19,92
24,81	22,13	23,00	27,29	24,35	25,30	27,78	24,79	25,76
29,57	24,97	23,53	32,53	27,46	25,88	33,12	27,96	26,35
31,37	24,97	23,87	34,51	27,47	26,26	35,14	27,97	26,73
32,55	35,69	24,38	35,81	39,26	26,81	36,46	39,98	27,30
42,22	36,80	28,34	46,44	40,48	31,17	47,29	41,22	31,74
47,02	40,86	28,96	51,72	44,95	31,85	52,66	45,77	32,43
47,39	41,46	33,07	52,13	45,60	36,38	53,08	46,43	37,04
49,28	47,09	34,59	54,21	51,79	38,05	55,19	52,74	38,74
50,27	50,38	39,43	55,29	55,42	43,37	56,30	56,42	44,16
53,01	51,67	42,53	58,31	56,83	46,79	59,37	57,87	47,64
61,64	53,31	46,76	67,81	58,64	51,43	69,04	59,71	52,37
67,36	54,78	47,31	74,10	60,26	52,04	75,45	61,35	52,98
72,08	58,38	50,64	79,28	64,21	55,70	80,73	65,38	56,71
73,63	58,38	51,25	80,99	64,22	56,37	82,46	65,38	57,40
77,43	63,25	52,13	85,17	69,58	57,34	86,72	70,84	58,39
77,99	66,58	56,91	85,79	73,24	62,60	87,35	74,57	63,74
86,56	72,89	58,74	95,21	80,18	64,62	96,95	81,63	65,79
91,98	73,90	60,61	101,18	81,29	66,67	103,02	82,77	67,88
101,83	93,13	64,47	112,01	102,44	70,92	114,05	104,30	72,21

Вариант 18								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,74	23,72	20,28	20,62	19,76	16,90	21,05	20,18	17,26
28,28	25,23	26,22	23,57	21,03	21,85	24,06	21,47	22,31
33,71	28,46	26,82	28,09	23,72	22,35	28,68	24,22	22,82
35,77	28,47	27,21	29,80	23,72	22,68	30,43	24,22	23,15
37,11	40,69	27,79	30,92	33,91	23,16	31,58	34,62	23,64
48,13	41,96	32,31	40,11	34,96	26,92	40,95	35,70	27,49
53,60	46,58	33,01	44,67	38,82	27,51	45,61	39,64	28,09
54,03	47,26	37,70	45,02	39,38	31,42	45,97	40,21	32,08
56,18	53,68	39,43	46,82	44,73	32,86	47,80	45,67	33,55
57,30	57,43	44,95	47,75	47,86	37,45	48,76	48,87	38,24
60,43	58,90	48,49	50,35	49,08	40,41	51,41	50,12	41,26
70,27	60,78	53,31	58,56	50,65	44,42	59,79	51,71	45,36
76,79	62,45	53,93	63,99	52,04	44,94	65,34	53,14	45,89
82,17	66,55	57,73	68,47	55,46	48,11	69,91	56,62	49,12
83,93	66,55	58,42	69,94	55,46	48,68	71,42	56,63	49,71
88,26	72,11	59,43	73,55	60,09	49,52	75,10	61,35	50,57
88,91	75,91	64,88	74,09	63,25	54,07	75,65	64,59	55,21
98,68	83,09	66,97	82,23	69,24	55,80	83,96	70,70	56,98
104,86	84,25	69,09	87,38	70,21	57,58	89,22	71,68	58,79
116,08	106,16	73,50	96,73	88,47	61,25	98,77	90,33	62,54

Вариант 19								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
18,12	17,37	14,85	25,50	24,45	20,90	39,84	38,20	32,66
20,71	18,48	19,21	29,15	26,01	27,03	45,54	40,64	42,23
24,69	20,85	19,64	34,75	29,34	27,64	54,29	45,84	43,19
26,20	20,85	19,93	36,86	29,34	28,05	57,60	45,85	43,83
27,18	29,80	20,35	38,25	41,94	28,64	59,77	65,53	44,75
35,25	30,73	23,66	49,61	43,24	33,30	77,52	67,57	52,03
39,26	34,12	24,18	55,25	48,01	34,03	86,33	75,02	53,17
39,57	34,62	27,61	55,68	48,71	38,86	87,01	76,11	60,71
41,15	39,32	28,88	57,90	55,32	40,65	90,48	86,45	63,51
41,97	42,07	32,92	59,06	59,20	46,33	92,29	92,50	72,39
44,26	43,14	35,51	62,28	60,71	49,98	97,32	94,86	78,09
51,47	44,52	39,04	72,43	62,64	54,94	113,18	97,88	85,85
56,25	45,74	39,50	79,15	64,37	55,58	123,68	100,58	86,85
60,18	48,74	42,28	84,69	68,59	59,50	132,33	107,18	92,97
61,48	48,75	42,79	86,51	68,60	60,21	135,18	107,18	94,09
64,65	52,81	43,53	90,97	74,32	61,25	142,15	116,13	95,71
65,12	55,60	47,52	91,64	78,24	66,87	143,19	122,25	104,49
72,28	60,86	49,05	101,71	85,64	69,02	158,92	133,82	107,85
76,80	61,71	50,61	108,08	86,83	71,22	168,88	135,68	111,28
85,02	77,76	53,83	119,65	109,42	75,75	186,95	170,98	118,37

Вариант 20								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
26,26	25,17	21,53	35,91	34,43	29,44	31,42	30,13	25,76
30,02	26,78	27,83	41,05	36,63	38,07	35,92	32,05	33,31
35,78	30,21	28,47	48,94	41,32	38,93	42,82	36,15	34,06
37,96	30,22	28,88	51,92	41,33	39,50	45,43	36,16	34,56
39,39	43,19	29,49	53,87	59,07	40,34	47,14	51,68	35,30
51,09	44,53	34,29	69,87	60,91	46,90	61,13	53,29	41,03
56,89	49,44	35,04	77,81	67,63	47,93	68,08	59,17	41,93
57,34	50,16	40,01	78,43	68,61	54,73	68,62	60,03	47,88
59,63	56,97	41,86	81,56	77,93	57,25	71,36	68,18	50,09
60,82	60,96	47,71	83,19	83,38	65,25	72,79	72,95	57,09
64,14	62,52	51,46	87,72	85,51	70,39	76,75	74,81	61,59
74,59	64,51	56,58	102,02	88,23	77,39	89,26	77,20	67,71
81,51	66,29	57,24	111,49	90,66	78,29	97,54	79,32	68,50
87,21	70,63	61,27	119,29	96,61	83,81	104,37	84,53	73,32
89,09	70,64	62,01	121,85	96,62	84,81	106,61	84,53	74,20
93,68	76,53	63,08	128,14	104,68	86,28	112,11	91,59	75,49
94,37	80,57	68,86	129,07	110,20	94,19	112,93	96,41	82,41
104,74	88,19	71,08	143,26	120,63	97,22	125,34	105,54	85,06
111,30	89,42	73,34	152,23	122,31	100,31	133,19	107,01	87,76
123,21	112,68	78,01	168,52	154,13	106,70	147,44	134,85	93,36

Вариант 21								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
23,65	8,65	13,19	41,35	34,07	35,27	24,03	30,37	27,31
32,71	13,29	19,35	42,55	34,70	38,80	36,46	31,30	29,70
41,27	14,47	21,27	42,84	37,92	40,02	42,55	33,49	38,80
42,55	17,03	25,47	45,99	38,36	42,59	45,99	34,70	39,13
45,99	17,09	26,61	46,04	39,69	51,29	52,66	38,36	40,02
46,04	17,45	26,70	52,66	42,86	54,59	53,58	42,86	41,49
47,29	17,79	28,48	53,84	46,21	65,01	53,84	47,05	46,42
51,03	26,49	29,70	53,91	47,05	65,79	53,91	48,47	51,29
52,66	27,89	33,42	55,19	48,47	72,02	55,19	59,91	54,16
53,84	30,66	38,80	55,97	49,98	72,21	55,97	61,33	56,37
53,87	31,30	39,69	57,11	57,36	72,94	57,11	66,40	65,79
55,19	32,88	40,02	60,23	59,91	73,93	60,23	72,64	72,02
55,97	35,28	42,59	60,56	76,37	80,08	60,56	75,55	72,21
57,11	37,92	43,49	67,55	84,76	89,54	67,55	76,37	73,93
60,23	41,32	46,56	80,22	86,71	91,07	80,22	82,15	80,08
60,56	42,86	51,29	82,46	94,53	100,58	82,46	84,76	88,02
67,55	46,21	57,36	86,47	99,18	100,98	86,47	94,53	89,54
73,97	47,05	65,01	87,35	108,30	103,64	87,35	96,60	92,29
79,71	54,59	65,79	87,88	118,40	111,65	87,88	131,56	100,98
80,22	62,13	72,21	95,36	131,56	114,57	90,99	164,19	111,65

Вариант 22								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,46	30,92	27,80	24,46	17,63	17,22	24,74	23,72	20,28
37,11	31,86	30,23	33,71	17,76	21,65	28,28	25,23	26,22
43,31	34,08	39,49	43,31	20,82	24,22	33,71	28,46	26,82
46,81	35,31	39,83	46,81	26,96	27,05	35,77	28,47	27,21
53,60	39,04	40,73	48,13	28,39	27,09	37,11	40,69	27,79
54,53	43,62	42,23	53,60	30,88	27,80	48,13	41,96	32,31
54,80	47,89	47,25	54,80	30,92	28,99	53,60	46,58	33,01
54,87	49,34	52,20	56,18	31,86	30,23	54,03	47,26	37,70
56,18	60,98	55,12	56,74	33,47	34,02	56,18	53,68	39,43
56,97	62,43	57,38	56,97	35,91	34,08	57,30	57,43	44,95
58,13	67,59	66,97	58,13	38,60	39,49	60,43	58,90	48,49
61,30	73,94	73,31	61,30	42,05	40,73	70,27	60,78	53,31
61,64	76,90	73,50	61,64	43,62	42,23	76,79	62,45	53,93
68,75	77,74	75,25	67,92	47,89	47,25	82,17	66,55	57,73
81,65	83,62	81,51	68,75	62,43	47,39	83,93	66,55	58,42
83,93	86,27	89,60	81,13	63,24	52,20	88,26	72,11	59,43
88,01	96,22	91,14	81,65	73,94	55,12	88,91	75,91	64,88
88,91	98,32	93,94	83,93	86,27	57,38	98,68	83,09	66,97
89,45	133,90	102,78	88,01	88,39	58,39	104,86	84,25	69,09
92,61	167,12	113,65	88,91	96,22	66,17	116,08	106,16	73,50

Вариант 23								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
20,39	25,76	23,16	20,39	14,69	14,35	20,62	19,76	16,90
30,92	26,55	25,19	28,09	14,80	18,04	23,57	21,03	21,85
36,09	28,40	32,91	36,09	17,35	20,18	28,09	23,72	22,35
39,01	29,43	33,19	39,01	22,47	22,54	29,80	23,72	22,68
44,67	32,54	33,94	40,11	23,66	22,57	30,92	33,91	23,16
45,45	36,35	35,19	44,67	25,73	23,16	40,11	34,96	26,92
45,66	39,91	39,37	45,66	25,76	24,16	44,67	38,82	27,51
45,72	41,11	43,50	46,82	26,55	25,19	45,02	39,38	31,42
46,82	50,81	45,94	47,28	27,89	28,35	46,82	44,73	32,86
47,48	52,02	47,82	47,48	29,93	28,40	47,75	47,86	37,45
48,44	56,32	55,80	48,44	32,17	32,91	50,35	49,08	40,41
51,09	61,61	61,09	51,09	35,04	33,94	58,56	50,65	44,42
51,37	64,08	61,25	51,37	36,35	35,19	63,99	52,04	44,94
57,29	64,78	62,71	56,60	39,91	39,37	68,47	55,46	48,11
68,04	69,68	67,93	57,29	52,02	39,49	69,94	55,46	48,68
69,94	71,89	74,66	67,61	52,70	43,50	73,55	60,09	49,52
73,34	80,19	75,95	68,04	61,61	45,94	74,09	63,25	54,07
74,09	81,94	78,28	69,94	71,89	47,82	82,23	69,24	55,80
74,54	111,59	85,65	73,34	73,65	48,66	87,38	70,21	57,58
77,18	139,27	94,71	74,09	80,19	55,14	96,73	88,47	61,25

Вариант 24								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
20,81	26,31	23,65	20,81	15,00	14,65	21,05	20,18	17,26
31,58	27,11	25,72	28,68	15,11	18,42	24,06	21,47	22,31
36,85	29,00	33,60	36,85	17,72	20,61	28,68	24,22	22,82
39,83	30,05	33,89	39,83	22,94	23,01	30,43	24,22	23,15
45,61	33,22	34,66	40,95	24,16	23,05	31,58	34,62	23,64
46,40	37,12	35,93	45,61	26,28	23,65	40,95	35,70	27,49
46,62	40,75	40,20	46,62	26,31	24,67	45,61	39,64	28,09
46,69	41,98	44,42	47,80	27,11	25,72	45,97	40,21	32,08
47,80	51,88	46,90	48,28	28,48	28,94	47,80	45,67	33,55
48,47	53,12	48,82	48,47	30,56	29,00	48,76	48,87	38,24
49,46	57,51	56,98	49,46	32,84	33,60	51,41	50,12	41,26
52,16	62,91	62,38	52,16	35,78	34,66	59,79	51,71	45,36
52,45	65,43	62,54	52,45	37,12	35,93	65,34	53,14	45,89
58,50	66,15	64,03	57,79	40,75	40,20	69,91	56,62	49,12
69,47	71,15	69,36	58,50	53,12	40,32	71,42	56,63	49,71
71,42	73,41	76,24	69,03	53,81	44,42	75,10	61,35	50,57
74,89	81,87	77,55	69,47	62,91	46,90	75,65	64,59	55,21
75,65	83,66	79,93	71,42	73,41	48,82	83,96	70,70	56,98
76,11	113,94	87,46	74,89	75,21	49,68	89,22	71,68	58,79
78,80	142,20	96,70	75,65	81,87	56,30	98,77	90,33	62,54

Вариант 25								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
17,92	22,64	20,36	17,92	12,91	12,62	18,12	17,37	14,85
27,18	23,33	22,14	24,69	13,01	15,86	20,71	18,48	19,21
31,72	24,96	28,93	31,72	15,25	17,74	24,69	20,85	19,64
34,29	25,87	29,17	34,29	19,75	19,81	26,20	20,85	19,93
39,26	28,60	29,84	35,25	20,79	19,84	27,18	29,80	20,35
39,94	31,95	30,93	39,26	22,62	20,36	35,25	30,73	23,66
40,14	35,08	34,61	40,14	22,64	21,23	39,26	34,12	24,18
40,19	36,14	38,24	41,15	23,33	22,14	39,57	34,62	27,61
41,15	44,66	40,38	41,56	24,51	24,92	41,15	39,32	28,88
41,73	45,73	42,03	41,73	26,30	24,96	41,97	42,07	32,92
42,58	49,51	49,05	42,58	28,27	28,93	44,26	43,14	35,51
44,90	54,15	53,70	44,90	30,80	29,84	51,47	44,52	39,04
45,15	56,32	53,83	45,15	31,95	30,93	56,25	45,74	39,50
50,36	56,94	55,12	49,75	35,08	34,61	60,18	48,74	42,28
59,80	61,25	59,70	50,36	45,73	34,71	61,48	48,75	42,79
61,48	63,19	65,63	59,42	46,32	38,24	64,65	52,81	43,53
64,46	70,48	66,76	59,80	54,15	40,38	65,12	55,60	47,52
65,12	72,02	68,81	61,48	63,19	42,03	72,28	60,86	49,05
65,52	98,08	75,29	64,46	64,74	42,77	76,80	61,71	50,61
67,84	122,41	83,24	65,12	70,48	48,47	85,02	77,76	53,83

Вариант 26								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,21	31,86	28,65	25,21	18,17	17,75	25,50	24,45	20,90
38,25	32,84	31,16	34,75	18,30	22,31	29,15	26,01	27,03
44,64	35,13	40,70	44,64	21,46	24,96	34,75	29,34	27,64
48,25	36,40	41,05	48,25	27,79	27,88	36,86	29,34	28,05
55,25	40,24	41,98	49,61	29,26	27,92	38,25	41,94	28,64
56,21	44,96	43,53	55,25	31,83	28,65	49,61	43,24	33,30
56,48	49,36	48,70	56,48	31,86	29,88	55,25	48,01	34,03
56,55	50,85	53,81	57,90	32,84	31,16	55,68	48,71	38,86
57,90	62,85	56,82	58,48	34,50	35,06	57,90	55,32	40,65
58,72	64,35	59,14	58,72	37,01	35,13	59,06	59,20	46,33
59,92	69,66	69,02	59,92	39,78	40,70	62,28	60,71	49,98
63,18	76,21	75,56	63,18	43,34	41,98	72,43	62,64	54,94
63,53	79,26	75,75	63,53	44,96	43,53	79,15	64,37	55,58
70,86	80,12	77,56	70,00	49,36	48,70	84,69	68,59	59,50
84,15	86,19	84,01	70,86	64,35	48,84	86,51	68,60	60,21
86,51	88,92	92,35	83,62	65,18	53,81	90,97	74,32	61,25
90,71	99,18	93,94	84,15	76,21	56,82	91,64	78,24	66,87
91,64	101,34	96,83	86,51	88,92	59,14	101,71	85,64	69,02
92,20	138,02	105,94	90,71	91,10	60,18	108,08	86,83	71,22
95,46	172,25	117,14	91,64	99,18	68,20	119,65	109,42	75,75

Вариант 27								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
39,40	49,79	44,77	39,40	28,40	27,74	39,84	38,20	32,66
59,77	51,31	48,69	54,29	28,60	34,87	45,54	40,64	42,23
69,76	54,89	63,60	69,76	33,53	39,00	54,29	45,84	43,19
75,39	56,88	64,14	75,39	43,42	43,56	57,60	45,85	43,83
86,33	62,88	65,60	77,52	45,72	43,63	59,77	65,53	44,75
87,83	70,25	68,02	86,33	49,73	44,77	77,52	67,57	52,03
88,25	77,12	76,10	88,25	49,79	46,69	86,33	75,02	53,17
88,37	79,46	84,07	90,48	51,31	48,69	87,01	76,11	60,71
90,48	98,21	88,78	91,38	53,90	54,78	90,48	86,45	63,51
91,75	100,54	92,41	91,75	57,84	54,89	92,29	92,50	72,39
93,62	108,85	107,85	93,62	62,16	63,60	97,32	94,86	78,09
98,73	119,08	118,07	98,73	67,73	65,60	113,18	97,88	85,85
99,28	123,84	118,37	99,28	70,25	68,02	123,68	100,58	86,85
110,73	125,20	121,19	109,38	77,12	76,10	132,33	107,18	92,97
131,50	134,67	131,28	110,73	100,54	76,32	135,18	107,18	94,09
135,18	138,94	144,30	130,66	101,85	84,07	142,15	116,13	95,71
141,74	154,97	146,78	131,50	119,08	88,78	143,19	122,25	104,49
143,19	158,35	151,30	135,18	138,94	92,41	158,92	133,82	107,85
144,06	215,66	165,54	141,74	142,35	94,03	168,88	135,68	111,28
149,16	269,15	183,03	143,19	154,97	106,57	186,95	170,98	118,37

Вариант 28								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,96	32,81	29,50	25,96	18,71	18,28	26,26	25,17	21,53
39,39	33,81	32,09	35,78	18,85	22,98	30,02	26,78	27,83
45,97	36,18	41,92	45,97	22,10	25,71	35,78	30,21	28,47
49,68	37,48	42,27	49,68	28,62	28,71	37,96	30,22	28,88
56,89	41,44	43,23	51,09	30,13	28,75	39,39	43,19	29,49
57,88	46,30	44,83	56,89	32,78	29,50	51,09	44,53	34,29
58,16	50,83	50,15	58,16	32,81	30,77	56,89	49,44	35,04
58,24	52,37	55,41	59,63	33,81	32,09	57,34	50,16	40,01
59,63	64,72	58,51	60,22	35,52	36,11	59,63	56,97	41,86
60,47	66,26	60,90	60,47	38,12	36,18	60,82	60,96	47,71
61,70	71,74	71,08	61,70	40,97	41,92	64,14	62,52	51,46
65,07	78,48	77,81	65,07	44,64	43,23	74,59	64,51	56,58
65,43	81,62	78,01	65,43	46,30	44,83	81,51	66,29	57,24
72,98	82,51	79,87	72,09	50,83	50,15	87,21	70,63	61,27
86,66	88,75	86,52	72,98	66,26	50,30	89,09	70,64	62,01
89,09	91,57	95,10	86,11	67,12	55,41	93,68	76,53	63,08
93,42	102,13	96,74	86,66	78,48	58,51	94,37	80,57	68,86
94,37	104,36	99,71	89,09	91,57	60,90	104,74	88,19	71,08
94,94	142,13	109,10	93,42	93,81	61,97	111,30	89,42	73,34
98,30	177,38	120,62	94,37	102,13	70,23	123,21	112,68	78,01

Вариант 29								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
35,51	44,88	40,35	35,51	25,60	25,00	35,91	34,43	29,44
53,87	46,25	43,89	48,94	25,78	31,43	41,05	36,63	38,07
62,88	49,48	57,33	62,88	30,23	35,16	48,94	41,32	38,93
67,96	51,27	57,82	67,96	39,14	39,26	51,92	41,33	39,50
77,81	56,68	59,13	69,87	41,22	39,32	53,87	59,07	40,34
79,17	63,33	61,31	77,81	44,83	40,35	69,87	60,91	46,90
79,55	69,52	68,59	79,55	44,88	42,09	77,81	67,63	47,93
79,66	71,62	75,79	81,56	46,25	43,89	78,43	68,61	54,73
81,56	88,52	80,03	82,37	48,59	49,38	81,56	77,93	57,25
82,71	90,63	83,30	82,71	52,13	49,48	83,19	83,38	65,25
84,39	98,12	97,22	84,39	56,03	57,33	87,72	85,51	70,39
89,00	107,34	106,43	89,00	61,05	59,13	102,02	88,23	77,39
89,49	111,63	106,70	89,49	63,33	61,31	111,49	90,66	78,29
99,81	112,86	109,24	98,60	69,52	68,59	119,29	96,61	83,81
118,53	121,39	118,33	99,81	90,63	68,80	121,85	96,62	84,81
121,85	125,25	130,07	117,78	91,81	75,79	128,14	104,68	86,28
127,77	139,69	132,31	118,53	107,34	80,03	129,07	110,20	94,19
129,07	142,74	136,38	121,85	125,25	83,30	143,26	120,63	97,22
129,86	194,40	149,22	127,77	128,31	84,76	152,23	122,31	100,31
134,45	242,61	164,99	129,07	139,69	96,06	168,52	154,13	106,70

Вариант 30								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
31,07	39,27	35,31	31,07	22,39	21,88	31,42	30,13	25,76
47,14	40,47	38,40	42,82	22,55	27,50	35,92	32,05	33,31
55,01	43,29	50,16	55,01	26,45	30,76	42,82	36,15	34,06
59,46	44,86	50,59	59,46	34,25	34,35	45,43	36,16	34,56
68,08	49,59	51,74	61,13	36,06	34,41	47,14	51,68	35,30
69,27	55,41	53,64	68,08	39,22	35,31	61,13	53,29	41,03
69,60	60,82	60,02	69,60	39,27	36,82	68,08	59,17	41,93
69,69	62,67	66,31	71,36	40,47	38,40	68,62	60,03	47,88
71,36	77,45	70,02	72,07	42,51	43,21	71,36	68,18	50,09
72,36	79,30	72,88	72,36	45,61	43,29	72,79	72,95	57,09
73,84	85,85	85,06	73,84	49,03	50,16	76,75	74,81	61,59
77,86	93,91	93,12	77,86	53,42	51,74	89,26	77,20	67,71
78,30	97,67	93,36	78,30	55,41	53,64	97,54	79,32	68,50
87,33	98,74	95,58	86,26	60,82	60,02	104,37	84,53	73,32
103,71	106,21	103,53	87,33	79,30	60,19	106,61	84,53	74,20
106,61	109,58	113,80	103,05	80,33	66,31	112,11	91,59	75,49
111,79	122,22	115,76	103,71	93,91	70,02	112,93	96,41	82,41
112,93	124,89	119,32	106,61	109,58	72,88	125,34	105,54	85,06
113,62	170,08	130,55	111,79	112,26	74,16	133,19	107,01	87,76
117,64	212,27	144,35	112,93	122,22	84,05	147,44	134,85	93,36

Вариант 31								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
21,46	27,12	24,38	21,458	15,466	15,108	21,70	20,81	17,79
32,55	27,95	26,52	29,572	15,576	18,99	24,81	22,13	23,00
37,99	29,90	34,64	37,993	18,265	21,244	29,57	24,97	23,53
41,06	30,98	34,94	41,061	23,65	23,725	31,37	24,97	23,87
47,02	34,25	35,73	42,22	24,904	23,761	32,55	35,69	24,38
47,84	38,26	37,05	47,018	27,088	24,382	42,22	36,80	28,34
48,07	42,01	41,45	48,067	27,119	25,431	47,02	40,86	28,96
48,13	43,28	45,79	49,28	27,946	26,518	47,39	41,46	33,07
49,28	53,49	48,36	49,769	29,358	29,839	49,28	47,09	34,59
49,97	54,76	50,33	49,974	31,501	29,898	50,27	50,38	39,43
50,99	59,29	58,74	50,992	33,858	34,641	53,01	51,67	42,53
53,77	64,86	64,31	53,774	36,889	35,731	61,64	53,31	46,76
54,07	67,45	64,47	54,072	38,264	37,046	67,36	54,78	47,31
60,31	68,19	66,01	59,575	42,006	41,447	72,08	58,38	50,64
71,62	73,35	71,50	60,31	54,763	41,57	73,63	58,38	51,25
73,63	75,68	78,59	71,166	55,474	45,792	77,43	63,25	52,13
77,20	84,41	79,95	71,621	64,856	48,355	77,99	66,58	56,91
77,99	86,25	82,41	73,626	75,678	50,332	86,56	72,89	58,74
78,47	117,46	90,16	77,203	77,531	51,216	91,98	73,90	60,61
81,24	146,60	99,69	77,988	84,406	58,044	101,83	93,13	64,47

Вариант 32								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
23,60	29,83	26,82	23,60	17,01	16,62	23,87	22,89	19,57
35,81	30,74	29,17	32,53	17,13	20,89	27,29	24,35	25,30
41,79	32,89	38,11	41,79	20,09	23,37	32,53	27,46	25,88
45,17	34,08	38,43	45,17	26,02	26,10	34,51	27,47	26,26
51,72	37,67	39,30	46,44	27,39	26,14	35,81	39,26	26,81
52,62	42,09	40,75	51,72	29,80	26,82	46,44	40,48	31,17
52,87	46,21	45,59	52,87	29,83	27,97	51,72	44,95	31,85
52,94	47,60	50,37	54,21	30,74	29,17	52,13	45,60	36,38
54,21	58,84	53,19	54,75	32,29	32,82	54,21	51,79	38,05
54,97	60,24	55,37	54,97	34,65	32,89	55,29	55,42	43,37
56,09	65,22	64,62	56,09	37,24	38,11	58,31	56,83	46,79
59,15	71,34	70,74	59,15	40,58	39,30	67,81	58,64	51,43
59,48	74,20	70,92	59,48	42,09	40,75	74,10	60,26	52,04
66,34	75,01	72,61	65,53	46,21	45,59	79,28	64,21	55,70
78,78	80,68	78,65	66,34	60,24	45,73	80,99	64,22	56,37
80,99	83,25	86,45	78,28	61,02	50,37	85,17	69,58	57,34
84,92	92,85	87,94	78,78	71,34	53,19	85,79	73,24	62,60
85,79	94,87	90,65	80,99	83,25	55,37	95,21	80,18	64,62
86,31	129,21	99,18	84,92	85,28	56,34	101,18	81,29	66,67
89,37	161,25	109,66	85,79	92,85	63,85	112,01	102,44	70,92

Вариант 33								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
24,08	8,80	13,42	24,03	17,32	16,92	24,30	23,30	19,92
33,29	13,53	19,70	33,12	17,45	21,27	27,78	24,79	25,76
42,01	14,73	21,65	42,55	20,46	23,79	33,12	27,96	26,35
43,31	17,34	25,92	45,99	26,49	26,57	35,14	27,97	26,73
46,81	17,40	27,09	47,29	27,89	26,61	36,46	39,98	27,30
46,86	17,76	27,18	52,66	30,34	27,31	47,29	41,22	31,74
48,13	18,11	28,99	53,84	30,37	28,48	52,66	45,77	32,43
51,94	26,96	30,23	55,19	31,30	29,70	53,08	46,43	37,04
53,60	28,39	34,02	55,74	32,88	33,42	55,19	52,74	38,74
54,80	31,20	39,49	55,97	35,28	33,49	56,30	56,42	44,16
54,84	31,86	40,40	57,11	37,92	38,80	59,37	57,87	47,64
56,18	33,47	40,73	60,23	41,32	40,02	69,04	59,71	52,37
56,97	35,91	43,35	60,56	42,86	41,49	75,45	61,35	52,98
58,13	38,60	44,27	66,72	47,05	46,42	80,73	65,38	56,71
61,30	42,05	47,39	67,55	61,33	46,56	82,46	65,38	57,40
61,64	43,62	52,20	79,71	62,13	51,29	86,72	70,84	58,39
68,75	47,03	58,39	80,22	72,64	54,16	87,35	74,57	63,74
75,29	47,89	66,17	82,46	84,76	56,37	96,95	81,63	65,79
81,13	55,56	66,97	86,47	86,83	57,36	103,02	82,77	67,88
81,65	63,24	73,50	87,35	94,53	65,01	114,05	104,30	72,21

Вариант 34								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
20,49	7,49	11,42	25,96	18,71	18,28	26,26	25,17	21,53
28,33	11,51	16,76	35,78	18,85	22,98	30,02	26,78	27,83
35,74	12,53	18,42	45,97	22,10	25,71	35,78	30,21	28,47
36,85	14,75	22,06	49,68	28,62	28,71	37,96	30,22	28,88
39,83	14,80	23,05	51,09	30,13	28,75	39,39	43,19	29,49
39,87	15,11	23,13	56,89	32,78	29,50	51,09	44,53	34,29
40,95	15,41	24,67	58,16	32,81	30,77	56,89	49,44	35,04
44,19	22,94	25,72	59,63	33,81	32,09	57,34	50,16	40,01
45,61	24,16	28,94	60,22	35,52	36,11	59,63	56,97	41,86
46,62	26,55	33,60	60,47	38,12	36,18	60,82	60,96	47,71
46,66	27,11	34,38	61,70	40,97	41,92	64,14	62,52	51,46
47,80	28,48	34,66	65,07	44,64	43,23	74,59	64,51	56,58
48,47	30,56	36,89	65,43	46,30	44,83	81,51	66,29	57,24
49,46	32,84	37,67	72,09	50,83	50,15	87,21	70,63	61,27
52,16	35,78	40,32	72,98	66,26	50,30	89,09	70,64	62,01
52,45	37,12	44,42	86,11	67,12	55,41	93,68	76,53	63,08
58,50	40,02	49,68	86,66	78,48	58,51	94,37	80,57	68,86
64,06	40,75	56,30	89,09	91,57	60,90	104,74	88,19	71,08
69,03	47,28	56,98	93,42	93,81	61,97	111,30	89,42	73,34
69,47	53,81	62,54	94,37	102,13	70,23	123,21	112,68	78,01

Вариант 35								
Наработка на i -й отказ 1 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 2 элемента, тыс. км			Наработка на i -й отказ 3 элемента, тыс. км		
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
25,56	9,34	14,25	25,21	18,17	17,75	25,50	24,45	20,90
35,34	14,36	20,91	34,75	18,30	22,31	29,15	26,01	27,03
44,59	15,63	22,98	44,64	21,46	24,96	34,75	29,34	27,64
45,97	18,40	27,51	48,25	27,79	27,88	36,86	29,34	28,05
49,68	18,46	28,75	49,61	29,26	27,92	38,25	41,94	28,64
49,74	18,85	28,85	55,25	31,83	28,65	49,61	43,24	33,30
51,09	19,22	30,77	56,48	31,86	29,88	55,25	48,01	34,03
55,13	28,62	32,09	57,90	32,84	31,16	55,68	48,71	38,86
56,89	30,13	36,11	58,48	34,50	35,06	57,90	55,32	40,65
58,16	33,12	41,92	58,72	37,01	35,13	59,06	59,20	46,33
58,20	33,81	42,88	59,92	39,78	40,70	62,28	60,71	49,98
59,63	35,52	43,23	63,18	43,34	41,98	72,43	62,64	54,94
60,47	38,12	46,01	63,53	44,96	43,53	79,15	64,37	55,58
61,70	40,97	46,99	70,00	49,36	48,70	84,69	68,59	59,50
65,07	44,64	50,30	70,86	64,35	48,84	86,51	68,60	60,21
65,43	46,30	55,41	83,62	65,18	53,81	90,97	74,32	61,25
72,98	49,92	61,97	84,15	76,21	56,82	91,64	78,24	66,87
79,91	50,83	70,23	86,51	88,92	59,14	101,71	85,64	69,02
86,11	58,98	71,08	90,71	91,10	60,18	108,08	86,83	71,22
86,66	67,12	78,01	91,64	99,18	68,20	119,65	109,42	75,75

Учебное издание

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Методические указания
к практическим занятиям и самостоятельной работе

Составители:

Олейников Антон Владимирович
Васильев Владимир Анатольевич

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60×84/16. Бумага тип № 1.

Усл. печ.л

Уч.-изд.л

Тираж 100 экз. Заказ С

Сибирский федеральный университет; Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»
655017, Абакан, Щетинкина, 27

Отпечатано в полиграфической лаборатории ХТИ – Филиала СФУ
655017, Абакан, Щетинкина, 27