

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технической эксплуатации автомобилей

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к лабораторным работам и курсовой работе  
по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач»  
для студентов специальности  
37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Брест 2004

УДК 629.083

Методические указания к лабораторным работам и курсовой работе по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач» для студентов специальности 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» содержат руководство для выполнения лабораторных работ с использованием персонального компьютера и табличного процессора MS Excel 2000, а также для выполнения курсовой работы.

Составитель: С.В. Монтик, доцент, к.т.н.

Рецензент: начальник транспортного цеха Брестского электролампового завода В. В. Минасов

© Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет» 2004

## Лабораторная работа № 1

Тема: Расчет показателей надежности при наличии полной информации  
Цель: Изучить методику расчета показателей надежности при наличии полной информации об определяемом показателе и пример ее практического применения

### Методика расчета показателей надежности при наличии полной информации об определяемом показателе

Рассмотрим методику обработки полной информации по показателям надежности на примере определения доремонтного ресурса автомобиля МАЗ-500А. Для анализа была собрана информация о доремонтном ресурсе 50 автомобилей.

### Порядок обработки информации

1. Составляют сводную таблицу информации в порядке возрастания показателей надежности. Таблица включает графы: номер автомобиля и его доремонтный ресурс в тыс. км. пробега.
2. Составляют статистический ряд исходной информации для упрощения дальнейших расчетов, если число повторной информации  $N > 25$ .

В данном случае  $N = 50$ . При этом информацию разбивают на  $n$  равных интервалов. Обычно число интервалов принимают 6...10. Принимаем число интервалов  $n = 6$ . Число интервалов статистического ряда можно также определить по формуле

$$n = \sqrt{N} \pm 1$$

Длина интервала  $A = (t_{\text{MAX}} - t_{\text{MIN}})/n$ , где  $t_{\text{MAX}}$ ,  $t_{\text{MIN}}$  – максимальное и минимальное значение показателя надежности в сводной таблице.

Полученный статистический ряд представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Статистический ряд доремонтного ресурса двигателя

№ интервала	Интервал, тыс. км	Опытная частота $m_i$	Опытная вероятность $p_i$	Накопленная опытная вероятность $\sum_{i=1}^n p_i$
1	101 – 134	1	0,02	0,02
2	134 - 167	6	0,12	0,14
3	167 - 200	16	0,32	0,46
4	200 – 233	18	0,36	0,82
5	233 - 266	7	0,14	0,96
6	266 - 299	2	0,04	1

Во второй графе таблицы представлены границы интервалов в единицах показателя надежности, в третьей – частота попадания показателя в данный интервал (опытная частота  $m_i$ ), в четвертой - опытная вероятность  $p_i$ , в пятой -

накопленная опытная вероятность  $\sum_{i=1}^n p_i$ , которая определяется нарастающим

итогом. Опытная вероятность определяется

$$p_i = m_i / N$$

3. Определение среднего значения показателя надежности и среднего квадратического отклонения.

Среднее значение – важная характеристика показателя надежности. По среднему значению планируют работу машин, составляют потребность в запасных частях, определяют объемы ремонтных работ.

Среднее значение показателя надежности определяется

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n t_{ci} p_i,$$

где  $n$  – число интервалов,  $t_{ci}$  – значение середины  $i$ -го интервала,  $p_i$  – опытная вероятность  $i$ -го интервала. В данном примере  $t_{cp} = 203,3$  тыс. км. пробега.

Характеристика рассеивания показателей надежности – дисперсия или среднее квадратическое отклонение, которое определяется

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_{ci} - t_{cp})^2 p_i}$$

В данном примере  $\sigma = 34,92$  тыс. км. пробега.

4. Проверка информации на выпадающие точки.

Информация по показателям надежности, полученная в процессе испытаний или наблюдений в условиях рядовой эксплуатации, может содержать ошибочные точки, не соответствующие закону распределения случайной величины. Поэтому во время математической обработки информацию проверяют на выпадающие точки. Грубую проверку на выпадающие точки проводят следующим образом. Находят интервал  $t_{cp} \pm 3\sigma$ . Если крайние точки информации не выходят за пределы данного интервала, то все точки считаются действительными. В данном примере границы достоверной информации – от 98,54 тыс. км до 308,06 тыс. км. Все точки находятся в границах доверительной информации. В тех случаях, когда после проверки исключают выпадающие точки информации, необходимо заново перестроить статистический ряд и пересчитать среднее значение и среднее квадратическое отклонение показателя надежности.

5. Выполнение графического изображения опытного распределения показателя надежности (см. рис. 1 – 3).

По данным статистического ряда могут быть построены гистограмма, полигон и кривая накопленных опытных вероятностей, которые дают наглядное представление об опытном распределении показателей надежности и позволяет решить ряд инженерных задач графическими способами.

### Гистограмма опытных вероятностей

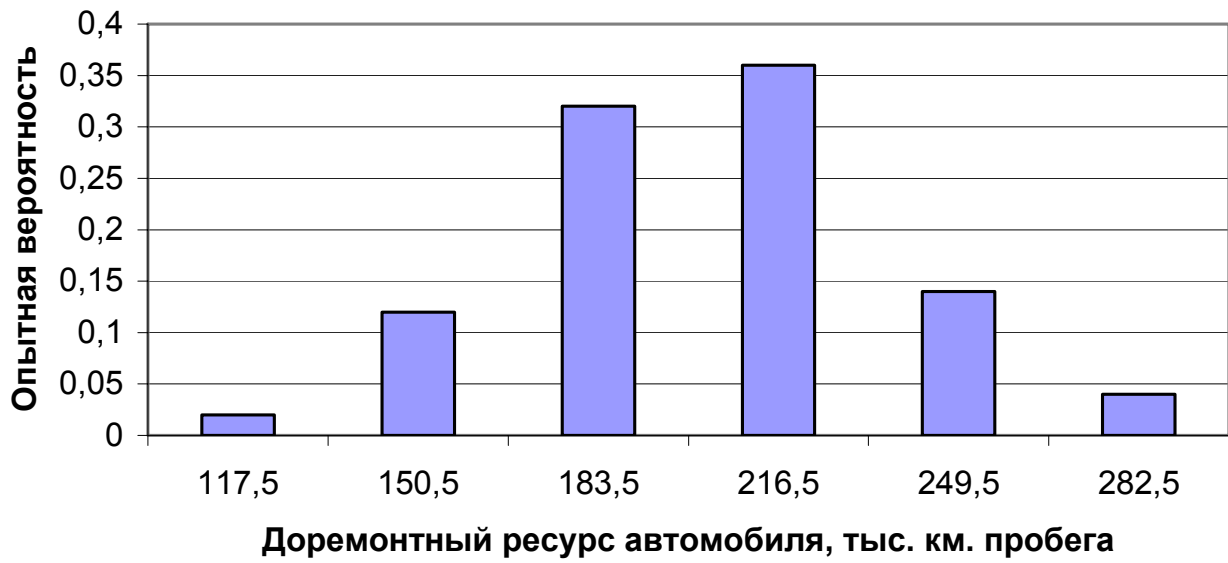


Рис. 1.

### Полигон распределения ресурса автомобиля

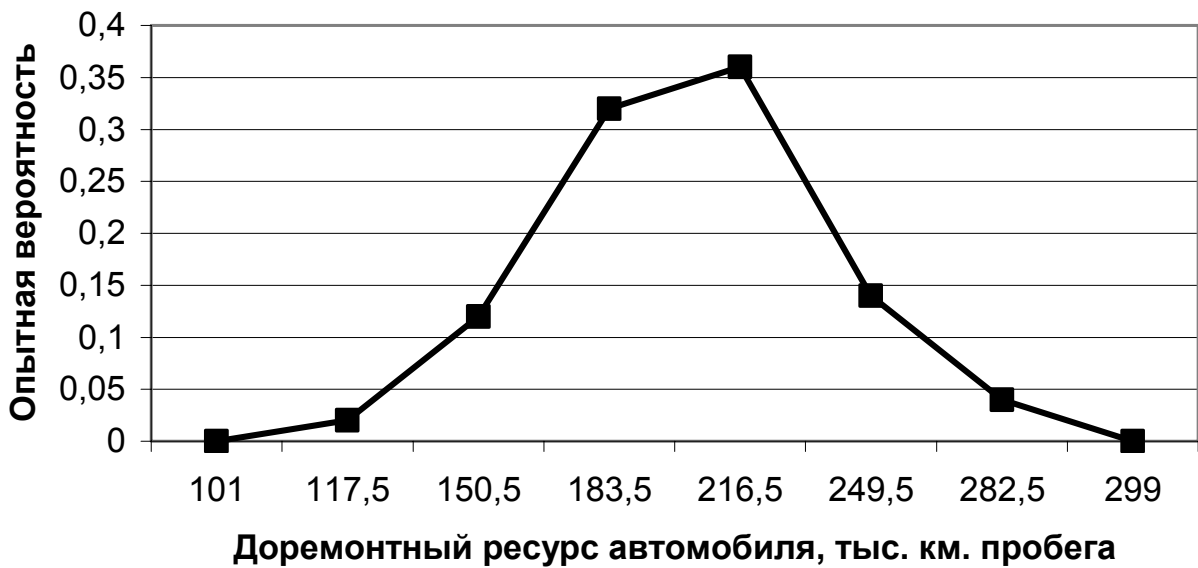


Рис 2.

Кривая накопленной опытной вероятности

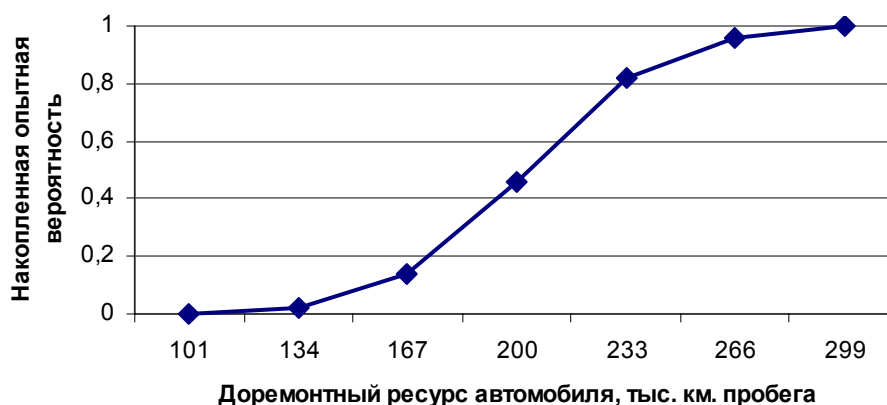


Рис. 3

Для построения гистограммы по оси абсцисс откладывают показатель надежности  $t$ , а по оси ординат – опытную частоту или опытную вероятность. При построении полигона распределения по осям откладывают те же значения, что и при построении гистограммы. Точки полигона распределения образуются пересечением ординаты, равной опытной вероятности интервала, и абсциссы, равной середине этого интервала.

С помощью гистограммы и полигона распределения можно определить, например, число автомобилей, которые достигнут предельного состояния и потребуют ремонта в заданном интервале наработки. Для этого необходимо определить площадь полигона или гистограммы, ограниченную заданным интервалом, и отнести ее к суммарной площади гистограммы или полигона. Полученное значение укажет на число отказавших автомобилей в долях единицы. Для получения числа автомобилей необходимо это значение умножить на число точек информации.

Для построения кривой накопленной опытной вероятности по оси абсцисс откладывают значение показателя надежности, а по оси ординат –

накопленную опытную вероятность  $\sum_{i=1}^n p_i$ . Кривая накопленных опытных

вероятностей более удобна для решения практических задач, т. к. все искомые показатели находят по оси ординат. Например, для определения числа автомобилей, требующих ремонта при пробеге до 167 тыс. км, необходимо по оси абсцисс найти точку 167 и по оси ординат определить накопленную

опытную вероятность  $\sum_{i=1}^n p_i = 0,14$ . Число автомобилей  $N_{рем} = 0,14 * 50 = 7$

автомобилей.

С помощью этой же кривой можно определить число отказавших автомобилей в любом интервале наработки. Например, в интервале наработки 167 ... 200 тыс. км пробега  $N_{рем} = (0,46 - 0,14) * 50 = 16$  автомобилей.

6. Определение коэффициента вариации, который представляет собой относительную безразмерную величину, характеризующую рассеивание показателя надежности.

Коэффициент вариации определяется

$$v = \sigma / (t_{cp} - C),$$

где  $C$  – смещение рассеивания показателя надежности – расстояние от начала координат до начала рассеивания случайной величины.

$$C = t_{н1} - 0,5A,$$

где  $t_{н1}$  - начало первого интервала статистического ряда,  $A$  - длина интервала.

Для примера  $C = 84,5$  тыс. км,  $v = 0,29$

7. Выбор теоретического закона распределения для выравнивания опытной информации.

Испытания техники на надежность связаны с организационными трудностями и большими материальными затратами, что ограничивает как число испытываемых машин, так и длительность их испытаний. Для того чтобы иметь возможность переносить результаты испытаний на надежность на машины той же марки, не входящие в выборочную совокупность, выполняется замена опытного распределения теоретическим. Такой процесс называется выравниванием или сглаживанием статистической информации. При этом на основании первичной информации о выборочной совокупности машин определяют теоретический закон распределения показателя надежности для генеральной совокупности машин. Этот закон выражает общий характер изменения показателя надежности и исключает частные отклонения, связанные с недостатками первичной информации.

Для выравнивания распределений показателей надежности техники и ее элементов наиболее широко используют закон нормального распределения (ЗНР) и закон распределения Вейбулла (ЗРВ). Нормальное распределение характерно для отказов из-за износа, а распределение Вейбулла – для отказов, происходящих одновременно из – за износа и поломок.

В первом приближении теоретический закон распределения выбирается по коэффициенту вариации. При  $V < 0,30$  выбирают ЗНР, при  $V > 0,50$  – ЗРВ. Если значение коэффициента вариации находится в пределах  $0,30 \dots 0,50$ , то выбирают тот закон распределения (ЗНР или ЗРВ), который лучше совпадает с распределением опытной информации.

Закон нормального распределения характеризуется дифференциальной (функцией плотности вероятности) и интегральной (функцией распределения) функциями. Дифференциальную функцию описывают уравнением

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - t_{cp})^2}{2\sigma^2}}.$$

Если принять  $t_{cp}=0$  и  $\sigma=1$ , то получим выражение для центрированной нормированной дифференциальной функции

$$f_o(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}.$$

Интегральная функция или функция распределения имеет вид

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(t-t_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Если принять  $t_{cp}=0$  и  $\sigma=1$ , то получим выражение для центрированной нормированной интегральной функции

$$F_o(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Используя данные формулы, определим значения  $f(t)$  и  $F(t)$  по всем интервалам статистического ряда и сведем их в таблицу 2.

Таблица 2 – Дифференциальная и интегральная функции для статистического ряда

№ интервала	Интервал, тыс. км	$f(t)$	$F(t)$
1	101 – 134	0,02	0,02
2	134 - 167	0,13	0,15
3	167 - 200	0,31	0,46
4	200 – 233	0,34	0,80
5	233 - 266	0,16	0,96
6	266 - 299	0,03	0,997

На основании полученных значений  $f(t)$  и  $F(t)$  могут быть построены графики дифференциальной и интегральной функций. Дифференциальная функция заменяет полигон распределения, а интегральная - кривую накопленной опытной вероятности (см. рис. 4 и 5).



### Дифференциальная функция распределения $f(t)$



Рис. 4

### Интегральная функция распределения $F(t)$ ресурса автомобиля



Рис. 5

При законе распределения Вейбулла дифференциальная функция определяется выражением

$$f(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t}{a} \right)^{b-1} e^{-\left( \frac{t}{a} \right)^b},$$

а интегральная -  $F(t) = 1 - e^{-\left( \frac{t}{a} \right)^b}$ , где  $a, b$  - параметры распределения,  $t$  — показатель надежности.

8. Определение количества автомобилей, требующих ремонта

Используя дифференциальную и интегральную функцию распределения можно определить количество автомобилей, отказавших в каком-либо интервале наработки или до заданной наработки. При этом расчет можно выполнять для автомобилей той же модели, которые не входили в выборочную совокупность.

Для определения числа автомобилей, отказавших в каком-либо интервале наработки, нужно площадь под дифференциальной функцией, соответствующей этому интервалу, отнести к общей площади под дифференциальной функцией и полученное значение перемножить на общее число автомобилей.

Число автомобилей, отказавших в каком-либо интервале наработки, на графике интегральной функции определяют перемножением полученного значения по оси ординат, соответствующего данному интервалу, на общее число автомобилей.

Например, для 60 автомобилей МА3-500А количество автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. определяется

$$N_{\text{рем}} = N_{\text{общ}} * F(t),$$

где  $N_{\text{общ}}$  – общее количество автомобилей,  $N_{\text{общ}} = 60$ ;  $F(t)$  – значение интегральной функции распределения при  $t = 200$  тыс. км.,  $F(t) = 0,46$ .

$$N_{\text{рем}} = 60 * 0,46 = 27,6 \text{ автомобиля}$$

Количество автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге от 200 до 233 тыс. км. определяется

$$N_{\text{рем}} = N_{\text{общ}} * (F(t_2) - F(t_1)),$$

где  $F(t_2)$  и  $F(t_1)$  - значения интегральной функции распределения на границах интервала, т. е. при  $t_2 = 233$  тыс. км. и  $t_1 = 200$  тыс. км.

$$N_{\text{рем}} = 60 * (0,80 - 0,46) = 20,4 \text{ автомобиля}$$

9. Оценка совпадения опытного и теоретического законов распределения показателей надежности по критерию согласия.

При обработке информации по показателям надежности техники наиболее часто применяют критерий согласия Пирсона  $\chi^2$ , определяемый по уравнению

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m_{Ti})^2}{m_{Ti}},$$

где  $n$  – число интервалов (часто используют укрупненные интервалы, для которых  $m_i \geq 5$ ),  $m_i$  - опытная частота в  $i$ -м интервале статистического ряда,  $m_{Ti}$  - теоретическая частота в  $i$ -м интервале.

Теоретическая частота определяется

$$m_{Ti} = N[F(t_i) - F(t_{i-1})],$$

где  $N$  – число точек информации (в примере  $N=50$ ),  $F(t_i)$ ,  $F(t_{i-1})$  - интегральные функции для  $i$ -го и  $(i-1)$ -го интервалов статистического ряда.

Для данного примера получаем  $\chi^2 = 0,184$ . При вероятности совпадения опытных и теоретических данных 10% критерий Пирсона равен  $\chi^2 = 6,25$ . Рассчитанное значение критерия 0,184 меньше требуемого значения 6,25 и, следовательно, можно принять закон нормального распределения данного показателя надежности – доремонтного ресурса автомобиля.

10. Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности.

Количественные характеристики показателей надежности (среднее значение, среднее квадратическое отклонение), полученные в результате обработки опытной информации, должны быть перенесены на другие совокупности машин, работающих в других условиях. Изменение числа машин в совокупности и условий их эксплуатации вызовет изменение количественных характеристик показателя надежности. Однако, несмотря на случайный характер, характеристики показателя надежности рассеиваются в определенных пределах. Так, одиночное значение показателя надежности конкретной машины может отличаться в 997 случаях из 1000 от среднего значения на величину  $\pm 3\sigma$  при нормальном законе распределения. Для определения доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значений показателя надежности используется понятие доверительного интервала.

Интервал, в который при заданной доверительной вероятности  $\beta$  попадает  $100 \cdot \beta$  % общего числа объектов совокупности  $N$ , называют доверительным интервалом  $I_\beta$ .

Для одиночного значения показателя надежности при нормальном законе распределения определяют нижнюю доверительную границу

$$t_\beta^H = t_{cp} - t_\beta \sigma$$

и верхнюю доверительную границу

$$t_\beta^B = t_{cp} + t_\beta \sigma,$$

где  $t_\beta$  - критерий Стьюдента. Для доверительной вероятности  $\beta = 0,90$  и числа автомобилей  $N = 50$  критерий Стьюдента  $t_\beta = 1,68$ .

Доверительный интервал для одиночного значения показателя надежности определяется

$$I_\beta = t_\beta^B - t_\beta^H.$$

Для примера  $t_\beta^H = 144,6$  тыс. км.,  $t_\beta^B = 262$  тыс. км.,  $I_\beta = 117,3$  тыс. км.

Для среднего значения показателя надежности при нормальном законе распределения определяют нижнюю доверительную границу

$$t_{\beta cp}^H = t_{cp} - t_\beta \sigma / \sqrt{N}$$

и верхнюю доверительную границу

$$t_{\beta cp}^B = t_{cp} + t_\beta \sigma / \sqrt{N}.$$

где  $N$  – число точек информации. Затем определяют доверительный интервал для среднего значения показателя надежности

$$I_{\beta_{cp}} = t_{\beta_{cp}}^B - t_{\beta_{cp}}^H.$$

Для примера  $t_{\beta_{cp}}^H = 195,0$  тыс.км.,  $t_{\beta_{cp}}^B = 211,6$  тыс.км.,  $I_{\beta_{cp}} = 16,6$  тыс.км.

### Задание

Выполните расчет заданного показателя надежности по методике, изложенной выше. Исходные данные даны в приложении Г, таблица Г.1. В исходных данных значения показателя надежности уже сгруппированы в статистический ряд. Для заданного интервала наработки определите количество автомобилей, достигших предельного состояния и требующих ремонта, а также количество автомобилей, требующих ремонта при наработке до заданного значения (для расчетов используется интегральная функция распределения). Расчеты выполняются с использованием прикладной программы, выполненной в виде электронной таблицы Excel, находящейся в файле **Lr1\_ni.xls**.

### Содержание отчета

1. Тема, цель, задание, исходные данные
2. Последовательность расчета с указанием выполняемых действий, используемых формул, результатов расчета с таблицами и графиками: полигон и кривая накопленной опытной вероятности, графики дифференциальной и интегральной функций распределения доремонтного или межремонтного ресурса.
3. Необходимые выводы
4. Ответы на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

1. Как с помощью полигона распределения или кривой накопленной опытной вероятности определить количество автомобилей, которые достигнут предельного состояния и потребуют ремонта в заданном интервале наработки?
2. Для каких видов отказов характерно распределение по нормальному закону?
3. Для каких видов отказов характерно распределение по закону Вейбулла?
4. С какой целью проводится выбор теоретического закона распределения для выравнивания опытной информации?
5. Какими функциями характеризуется закон нормального распределения? Запишите их.
6. Как с помощью дифференциальной и интегральной функции распределения определить количество автомобилей, которые достигнут

предельного состояния и потребуют ремонта в заданном интервале наработки?

7. Как выполняется проверка совпадения опытного и теоретического закона распределения показателей надежности?
8. Что такое доверительный интервал?

## Лабораторная работа № 2

Тема: Графические методы обработки усеченной информации по показателям надежности

Цель: Изучить методику графической обработки усеченной информации по показателям надежности и пример ее практического применения

Методика графической обработки усеченной информации по показателям надежности и пример ее практического применения

Одним из недостатков аналитических методов обработки информации – это значительная трудоемкость. Кроме того, графическими методами можно обрабатывать все виды информации: полную, усеченную, многократно усеченную. Кривая интегральной функции отказности носит криволинейный характер. По внешнему виду этой кривой трудно судить, какому закону распределения подчиняется рассеивание показателя надежности, и невозможно определить параметры распределения. Для обработки информации графическими методами на оси абсцисс и ординат необходимо нанести такую разметку, при которой интегральная кривая отказности приняла бы вид прямой линии (интегральная прямая). Для выпрямления интегральной кривой используют 2 метода. При первом методе значения функции по оси ординат, например, 0,00; 0,05; 0,10 и т. д. наносят не на равных интервалах одно от другого, а пропорционально указанным квантилям, т.е. используется вероятностная сетка. Данный метод используется для закона нормального распределения. При втором методе для выпрямления кривой интегральной функции распределения применяют полулогарифмическую сетку координат.

### Пример расчета

Необходимо определить средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля ЗИЛ-130, если во время испытаний до наработки каждого автомобиля до 240 тыс. км. пробега из общего количества  $N=69$  отказали  $N_0=36$  автомобилей.

### Порядок расчета

1. Составляем сводную таблицу ресурсов  $t_i$  отказавших автомобилей в порядке их возрастания (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Информация о доремонтных ресурсах автомобилей, тыс. км пробега

Номер отказавшего автомобиля	$t_i$ , тыс. км пробега
1	170
2	173
...	...
36	232

2. Выбираем из сводной таблицы информации шесть равномерно расположенных точек (номеров отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30, 36.

3. Определяем координаты выбранных точек  $X_i$ , приняв масштаб  $M_x=1$  мм/тыс. км. Координаты точки по оси абсцисс, мм, определяют по уравнению

$$x_i = M_x t_i,$$

где  $M_x$  – масштаб оси абсцисс,  $t_i$  – значение  $i$ -го показателя надежности.

Например, координата для шестого отказавшего автомобиля  $X_6=1$  мм/ тыс. км \*232 тыс. км = 232 мм

4. Определяем накопленные опытные вероятности выбранных автомобилей по формуле

$$\sum_1^i p_i = \frac{N_i^o}{N + 1},$$

где  $N_i^o$  - порядковый номер  $i$ -ой точки в таблице исходной информации,  $N$  – общее число точек информации.

Например, накопленная опытная информация 6 автомобиля равна

$$\sum_1^6 p_6 = \frac{6}{69 + 1} = 0.09$$

5. Находят координату выбранной точки  $Y_i$  по уравнению

$$Y_i = 50[2.33 \pm H_k(\sum_1^i p_i)],$$

где 50 – масштаб построения оси ординат, мм/квантиль;  $H_k$  – значение квантиля нормального распределения для  $\sum_1^i p_i$ . При  $\sum_1^i p_i < 0.5$  принимают знак «-», а

при  $\sum_1^i p_i > 0.5$  - знак «+».

Например, координата 6 автомобиля

$$Y_6 = 50[2.33 - H_k(0.09)] = 50[2.33 - 1.34] = 49.3 \text{ мм}$$

Выполненные расчеты сводят в таблицу 2.

Таблица 2 – Координаты опытных точек при законе нормального распределения

Порядковый номер отказавшего автомобиля $N_i^o$	$t_i$ , тыс. км.	$X_i$ , мм	$\sum_1^i p_i$	$Y_i$ , мм
6	190	190	0,09	49,3
12	200	200	0,17	68,6
18	210	210	0,26	84,1
24	217	217	0,34	95,1

30	225	225	0,43	107,5
36	232	232	0,52	118,8

6. Наносят опытные точки на график с прямоугольными координатами и проводят по ним интегральную прямую так, чтобы с каждой ее стороны располагалось одинаковое количество точек, а их расстояние от прямой были бы примерно одинаковы (см. рис. 1 и 2).

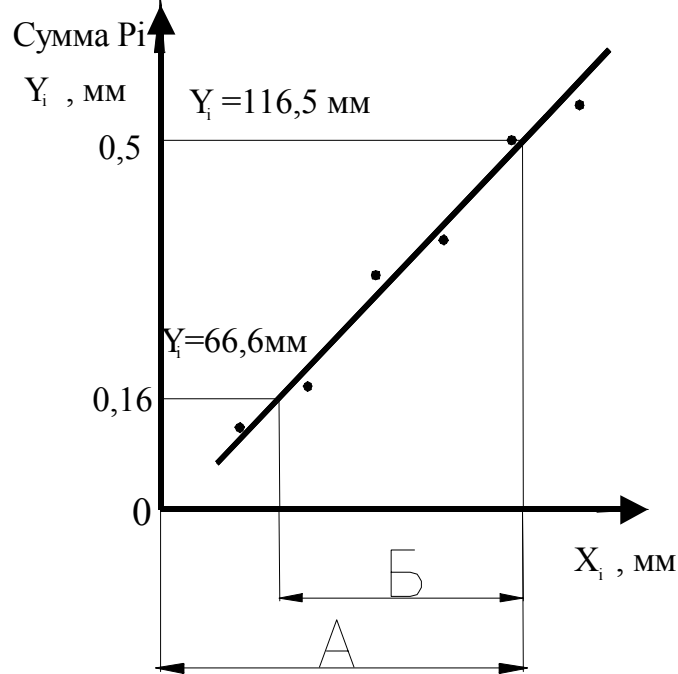


Рис. 1. Схема графической обработки информации при нормальном законе распределения

График интегральной прямой

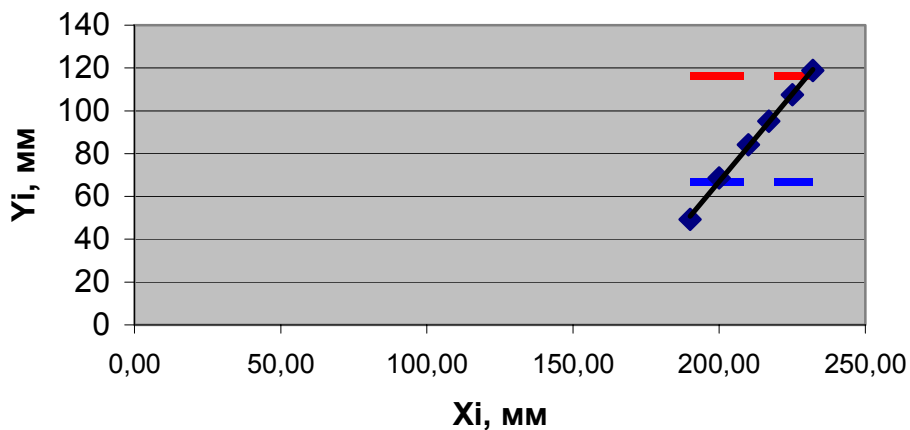


Рис.2. График интегральной прямой распределения, построенный по данным таблицы 2 (пунктирные линии соответствуют накопленной опытной вероятности  $\sum_1^i p_i$  равной 0,5 и 0,16)



7. Определяют средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение.

Для этого через точку на оси ординат с  $\sum_1^i p_i = 0,5$  (находится на расстоянии 116,5 мм от начала координат) проводят горизонтальную линию до пересечения с интегральной прямой. Из точки пересечения на ось абсцисс опускают перпендикуляр. Отрезок А на оси абсцисс соответствует в заданном масштабе среднему значению показателя надежности (см. рис. 1). Величина среднего значения показателя надежности определяется  $t_{cp} = \frac{A}{Mx}$ , где А – длина отрезка в мм; Мх – масштаб графика по оси Х, мм/тыс. км.

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  определяют графическим методом на основании уравнения

$$\sigma = \frac{(t_{cp} - t_i)}{H_k(F_i)},$$

где  $F_i$  – значение интегральной функции нормального закона распределения в точке  $t_i$ . При  $H_k(F_i) = 1,0$   $\sigma = t_{cp} - t_i$ . Значение квантиля  $H_k(F_i) = 1,0$  при  $F_i = 0,16$  или  $F_i = 0,84$ . Следовательно, значение  $\sigma$  равно длине отрезка Б (разности абсциссы А и абсциссы точки пересечения горизонтали  $\sum_1^i p_i = 0,16$ , проведенной на расстоянии 66,6 мм от начала координат) (см. рис.1). Среднее квадратическое отклонение определяется  $\sigma = \frac{B}{Mx}$ , где Б – длина отрезка Б в мм; Мх – масштаб по оси Х.

Для примера получаем А = 230 мм, Б = 30 мм. Тогда среднее значение доремонтного ресурса автомобиля  $t_{cp} = 230 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс. км.} = 230 \text{ тыс. км.}$  Среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля  $\sigma = 30 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс. км.} = 30 \text{ тыс. км.}$

### Задание

Необходимо определить средний доремонтный (или межремонтный) ресурс автомобиля и среднее квадратическое отклонение, если во время испытаний до наработки каждого автомобиля до заданной величины пробега, тыс. км., из общего количества автомобилей N=69 отказали No=36 автомобилей. Исходные данные приведены в приложении Г, таблица Г.2. Для упрощения расчетов в исходных данных указана информация о шести равномерно расположенных точках испытаний (номерах отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30 и 36, поэтому расчеты выполняются, начиная с п. 3 приведенной выше методики. Для расчетов используйте прикладную программу, выполненную в виде электронной таблицы Excel, находящейся в

файле **Lr2\_ni.xls**. График интегральной прямой выполняется на миллиметровой бумаге в заданном масштабе, по этому же графику проводится определение среднего доремонтного (или межремонтного) ресурса автомобиля и среднего квадратического отклонения.

### Содержание отчета

1. Тема, цель, задание, исходные данные
2. Последовательность расчета с указанием выполняемых действий, используемых формул, результатов расчета с таблицами и графиком на миллиметровой бумаге.
3. Ответы на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства графических методов обработки информации о показателях надежности.
2. Как необходимо преобразовать интегральную кривую отказности при использовании графических методов обработки информации о показателях надежности?
3. Какие методы используются для графической обработки информации о показателях надежности, для каких законов распределения они применяются?

### Лабораторная работа № 3

Тема: Прогнозирование показателей надежности и технико-экономических показателей машин

Цель: Изучить методику прогнозирования показателей надежности и технико-экономических показателей машин, пример ее практического применения

#### Методика прогнозирования показателей надежности и технико-экономических показателей машин, пример ее практического применения

В инженерной практике для определения технико-экономических показателей, в том числе и показателей надежности, могут быть эффективны методы прогнозирования. Их широко применяют при обосновании показателей надежности создаваемой машин во время разработки технического задания, определения остаточного ресурса по результатам диагностирования, оценке показателей работы машин по годам эксплуатации и др. Подобные задачи требуют описания изменения параметров (характеристик) объектов в различные моменты времени или их зависимости от основных параметров (массы, мощности и т. п.), характеризующих конструкцию. При наличии достаточной информации для прогнозирования показателей применяют статистические методы: экстраполяцию, интерполяцию, корреляционный и регрессионный анализ. Рассмотрим методику прогнозирования на следующем примере.

#### Пример расчета

Зная нормативную продолжительность ЕТО (ежесменного технического обслуживания) для существующих колесных тракторов, необходимо определить затраты времени на ЕТО для тракторов мощностью 300 кВт. Справочные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для определения зависимости времени на ЕТО колесного трактора от номинальной мощности

Трактор	Номинальная мощность, кВт	Время на ЕТО, мин
Т-16М	14,7	16
Т-25	18,4	16
Т-40АМ	36,8	18
ЮМЗ-6	44,2	18
МТЗ-80	58,2	18
Т-150К	121,3	24
К-701	221,0	30

## Порядок расчета

Оценим уровень статистической взаимосвязи между рассматриваемыми величинами – номинальной мощностью двигателя (обозначим через  $X$ ) и временем на ЕТО (обозначим через  $Y$ ) – с помощью коэффициента корреляции

$$r_{XY} = \frac{K_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y},$$

где  $K_{XY}$  - корреляционный момент

$$K_{XY} = \frac{1}{N} \sum_1^N (x_i - x_{cp})(y_i - y_{cp}),$$

где  $N$  – количество пар данных  $X - Y$ ,  $x_{cp}$ ,  $y_{cp}$  - средние значения  $X$  и  $Y$ , которые определяются

$$x_{cp} = \frac{1}{N} \sum_1^N x_i, \quad y_{cp} = \frac{1}{N} \sum_1^N y_i,$$

$\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  - средние квадратические отклонения  $X$  и  $Y$ , которые определяются

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_1^N (x_i - x_{cp})^2}, \quad \sigma_Y = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_1^N (y_i - y_{cp})^2}.$$

В результате расчета получаем коэффициент корреляции  $r_{XY} = 0,85$ . На практике значение коэффициента корреляции  $r_{XY} > (0,7 \dots 0,8)$  свидетельствует о высокой степени линейной статистической связи между рассматриваемыми величинами.

Определяем вид и параметры зависимости  $Y$  от  $X$ . Значения  $X$  и  $Y$  нанесем на график и выберем вид функции для описания зависимости между данными величинами. Исходя из расположения точек (см. рис. 1), выбираем линейную зависимость, описываемую уравнением

$$y = ax + b,$$

где  $X$  - номинальная мощность двигателя, кВт;  $Y$  - время ЕТО, мин.

Коэффициенты линейного уравнения определяются

$$a = \frac{\sum_1^N (x_i - x_{cp})(y_i - y_{cp})}{\sum_1^N (x_i - x_{cp})^2},$$

$$b = y_{cp} - ax_{cp}$$

В результате расчетов получаем  $a=0,069$ ,  $b = 14,9$ .

Уравнение полученной зависимости между номинальной мощностью двигателя  $Ne$ , кВт, и временем на ЕТО  $T_{ЕТО}$ , мин, имеет вид

$$y = 0,069x + 14,9 \text{ или } T_{ЕТО} = 0,069Ne + 14,9.$$

График полученной зависимости представлен на рис. 1.

### Зависимость времени на ЕТО колесных тракторов от номинальной мощности двигателя

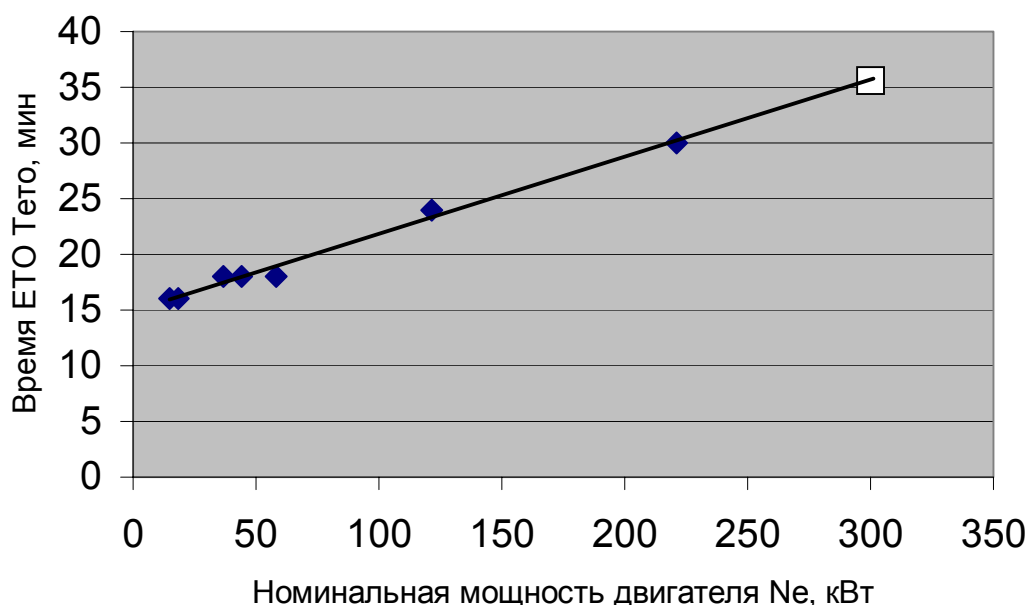


Рис. 1.

По полученному уравнению определяем прогнозируемое значение  $Y_{пр}$  времени ЕТО при номинальной мощности двигателя 300 кВт . Прогнозируемое значение –  $Y_{пр} = 35,6$  мин (на рис.1 оно выделено белым маркером).

Для определения стандартной ошибки уравнения и прогноза необходимо сравнить исходные значения  $Y$  и рассчитанные по уравнению регрессии  $Y_{расч}$  (см. таблицу 2).

Таблица 2 - Исходные значения  $Y$  и рассчитанные по уравнению регрессии  $Y_{расч}$

№ п/п	X (Номинальная мощность, кВт)	Y (Время на ЕТО, мин)	$Y_{расчетное}$ (Время на ЕТО, мин)
1	14,7	16	15,61
2	18,4	16	16,17
3	36,8	18	17,44
4	44,2	18	17,95
5	58,2	18	18,96
6	121,3	24	23,27
7	221,0	30	31,15

Определяем остаточную дисперсию, характеризующую разброс данных относительного полученного уравнения.

$$S_{OCT}^2 = \sum_{i=1}^N (y_{расчi} - y_i)^2.$$

Для примера  $S_{OCT}^2 = 1,830$ .

Определяем стандартную ошибку уравнения

$$S_r = \sqrt{\frac{1}{N-2} S_{OCT}^2}.$$

Для примера  $S_r = 0,0605$ .

Определяем стандартную ошибку прогноза для  $X_{прогноз} = 300$  кВт определяют:

$$S_y = S_r \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(x_{прогноз} - x_{cp})^2}{\sum (x_i - x_{cp})^2}}.$$

Стандартная ошибка прогноза для  $X=300$  кВт равна  $S_y = 0,994$ .

Определяем доверительный интервал  $I_\beta$  для прогнозируемого значения, т. е. интервал, в который при заданной доверительной вероятности  $\beta$  попадает значение прогнозируемого показателя. Доверительный интервал  $I_\beta$  определяется по формуле

$$I_\beta = y_{np} \pm t_\beta S_y,$$

где  $t_\beta$  - критерий Стьюдента. При  $\beta=0,9$  и  $N=7$  критерий Стьюдента  $t_\beta=1,895$ .

При уровне доверительной вероятности 0,9 прогнозируемое значение времени на ЕТО будет находиться в интервале  $35,6 \pm 1,895 * 0,994$  мин или  $35,6 \pm 1,88$  мин.

### Задание

Необходимо установить вид и параметры зависимости заданного показателя от грузоподъемности грузовых автомобилей, а затем на основании полученной зависимости выполнить прогноз данного показателя для заданной грузоподъемности. Исходные данные приведены в приложении Г, таблица Г.3. Для расчетов используйте прикладную программу, выполненную в виде электронной таблицы Excel, находящейся в файле **Lr3\_ni.xls**.

#### Содержание отчета

1. Тема, цель, задание, исходные данные
2. Последовательность расчета с указанием выполняемых действий, используемых формул, результатов расчета с таблицами и графиком
3. Ответы на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

1. В каких случаях выполняется прогнозирование технико-экономических показателей машин?
2. Опишите последовательность выполнения прогнозирования технико-экономических показателей машин.

## Лабораторная работа № 4

Тема: Оптимизация мощности авторемонтных предприятий

Цель: Изучить методику оптимизации мощности авторемонтных предприятий и выполнить оптимизацию мощности авторемонтного предприятия с использованием табличного процессора Excel

### Оптимизация мощности авторемонтных предприятий

Важнейшими условиями для повышения надежности и технического ресурса продукции авторемонтного производства являются совершенствование организации авторемонтного производства, переход на фирменный ремонт при узкой агрегатно-узловой специализации, приведение в действие многочисленных экономических рычагов повышения качества ремонта.

Потенциальные экономические возможности капитального ремонта автомобильной техники наиболее полно реализуются на крупных хорошо оснащенных заводах. В условиях крупносерийного авторемонтного производства может быть наиболее полно реализован принцип преемственности технологии автомобилестроения и авторемонтного производства. Расчеты показывают, что при повышении концентрации производства по ремонту силовых и ходовых агрегатов до 80-100 тыс. капитальных ремонтов в год себестоимость ремонта может быть снижена на 25%.

Однако с увеличением программы авторемонтного предприятия возрастают затраты на транспортирование объектов ремонта.

Технико-экономическая эффективность ремонта автомобилей и их составных частей может быть достигнута в результате совершенствования методов проектирования и разработки оптимальной сети авторемонтных предприятий с учетом схемы развития ремонтной базы на перспективу.

Решение поставленной задачи требует оптимизации мощности авторемонтных заводов. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции, т.е. затрат на ремонт и транспортирование объекта ремонта на завод и обратно. Определение оптимальной мощности авторемонтного завода может производиться по стоимостным показателям или по природосберегающим принципам.

Расчет ведется с использованием корреляционных формул, полученных на основании обработки статистических данных о производственно-хозяйственной деятельности существующих авторемонтных предприятий и действующих нормативов.

Расчетами установлено, что трудоемкость капитального ремонта автомобилей и их агрегатов, стоимость ремонта, а также энергозатраты на ремонт (по количеству условного топлива) имеют достаточно высокую корреляционную связь с массой ремонтируемых изделий и годовой производственной программой.

Трудоемкость капитального ремонта  $T$  автомобилей и агрегатов для эталонных условий может быть определена по выражению

$$T = A \cdot G_o^{D1} \quad (1)$$

где  $G_o$  - масса ремонтируемого объекта, т;  $A$  и  $D1$ , - показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия.

Однако рассчитанную по формуле (1) трудоемкость необходимо скорректировать с учетом годовой производственной программы при помощи коэффициента  $K_N$ , который равен

$$K_N = A_1 G_o^{-D2} N^{-D3} \quad (2)$$

где  $N$  - годовая программа предприятия, тыс. капитальных ремонтов;  $A_1$ ,  $D2$ ,  $D3$  - показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия.

Таким образом, скорректированная трудоемкость  $T_c$  капитального ремонта одного изделия составит

$$T_c = T \cdot K_N \quad (3)$$

Стоимость капитального ремонта одного изделия  $C_p$  выражается следующей зависимостью

$$C_p = B_1 G_o + B_2 G_o^{D1} N^{-D4} \quad (4)$$

где  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $D4$  - показатели, зависящие от типа ремонтируемого изделия. Значения данных показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения числовых показателей в расчетных формулах (коэффициенты указаны на период 1991 г.)

Ремонтируемые объекты	A	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	D1	D2	D3	D4	D5
Полнокомплектные грузовые автомобили	69,0	1,31	1190	140	234	0,791	0,130	0,168	0,054	0,55
Грузовые автомобили на базе готовых агрегатов	57,7	1,30	965	117	189	0,748	0,135	0,168	0,054	0,55
Грузовые автомобили на базе готовых ходовых агрегатов	60,8	1,30	910	133	204	0,808	0,135	0,168	0,054	0,55
Грузовые автомобили на базе готовых комплектов агрегатов	46,5	1,27	610	102	157	0,774	0,130	0,168	0,054	0,55
Автобусы на базе готовых агрегатов	138,5	1,165	1050	288	392	0,933	0,0976	0,105	0,034	0,55



Ремонтируемые объекты	A	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	D1	D2	D3	D4	D5
Полнокомплектные легковые	264	1,016	1110	562	820	0,463	0,044	0,095	0,031	0,55
Силовые агрегаты	102	1,075	1480	341	302	0,716	0,0847	0,135	0,082	0,19
Двигатели	96	1,075	1420	344	288	0,712	0,0847	0,135	0,082	0,19
Агрегаты ходовой части (за исключением силового агрегата)	48,6	1,075	630	198	145	0,423	0,0847	0,135	0,082	0,24
Комплекты всех агрегатов	93,5	1,075	1250	259	280	0,58	0,0847	0,135	0,082	0,19

Затраты на транспортирование Ст ремонтного фонда и готовой продукции определяются по формуле

$$C_T = 2R_T S_{II} G_T K_{TP} \quad (5)$$

где  $S_{II}$  - себестоимость перевозок объекта ремонта, руб/т. км;  $G_T$  - масса транспортируемого объекта ремонта, т;  $R_T$  - расстояние перевозок ремонтируемых изделий, км;  $K_{TP}$  - коэффициент развития трассы дорог ( $K_{TP}=1,5$ ).

При проектировании предприятия без привязки его к границе района радиус обслуживания ремонтным предприятием зоны  $R$ , может быть определен из равенства

$$\pi R_3^2 P_1 = 1000N \quad (6)$$

Откуда

$$R_3 = \sqrt{\frac{1000N}{\pi P_1}}, \quad (7)$$

где  $P_1$  - количество капитальных ремонтов на 1 км<sup>2</sup> площади в заданном районе. Между радиусом транспортирования и радиусом обслуживаемой зоны существует зависимость

$$R_T = \frac{R_3}{1.41}. \quad (8)$$

Подставив в формулу (5) значения входящих в нее параметров, получим

$$C_T = 2,13 S_{II} G_T K_1 \sqrt{N}, \quad (9)$$

где  $K_1$  – условная величина ( $K_1 = \sqrt{\frac{319}{P_1}}$ ).

При проектировании заводов по ремонту грузовых и легковых автомобилей или автобусов (как полнокомплектных, так и на базе готовых агрегатов) величина  $P_1$  определяется по выражению

$$P_1 = A_F L_T \left( \frac{1}{0,9 L_A} - \frac{1}{1,8 \cdot 1,2 \cdot L_A} \right), \quad (10)$$

где  $A_F$  - плотность автомобилей на 1 км<sup>2</sup> территории в заданном регионе;  $L_T$  - годовой пробег автомобиля, тыс. км;  $L_A$  - скорректированный пробег автомобиля до капитального ремонта, тыс. км.

Нормативные пробеги автомобиля или агрегата корректируются в зависимости от дорожных, климатических условий и модификации подвижного состава.

Суммарные затраты на ремонт, включающие стоимость ремонта изделия на авторемонтном предприятии, и затраты на транспортирование объектов ремонта будут равны:

$$C_o = C_p + C_T \quad (11)$$

В результате выполненных предварительных расчетов получена целевая функция стоимости ремонта одного объекта, которая выражается зависимостью

$$C_o = (B_1 \cdot G_o + B_2 \cdot N^{-D4} \cdot G_o^{D1}) + 2,13 \cdot S_{II} \cdot G_T \cdot \sqrt{\frac{319}{P_1}} \cdot \sqrt{N} \quad (12)$$

В формуле (12) первое слагаемое выражает стоимость ремонта, которая уменьшается с увеличением программы  $N$ . Второе слагаемое в формуле выражает транспортные затраты на перевозку объектов ремонта, которые возрастают с увеличением программы завода  $N$ . Решение задачи заключается в определении величины программы  $N_{опт.}$ , при которой суммарные затраты на единицу продукции будут минимальными.

Однако наиболее полный учет факторов, влияющих на стоимость ремонта, имеет место при определении затрат на социальную сферу, включающих в себя расходы денежных средств на обеспечение рабочего и членов его семьи жилой площадью с учетом сферы обслуживания, расходы на образование, медицинское обслуживание, а также на детские дошкольные учреждения.

Для определения оптимальной годовой программы авторемонтного предприятия необходимо создать математическую модель оптимизации.

### Математическая модель оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия

1. Оптимизируемые параметры: годовая программа  $N$  предприятия, тыс. капитальных ремонтов.

2. Целевая функция (критерий оптимальности): минимум стоимости ремонта  $C_o$  одного объекта, которая включает стоимость ремонта изделия на авторемонтном предприятии, затраты на транспортирование объектов ремонта, и имеет следующий вид

$$\min C_o = (B_1 \cdot G_o + B_2 \cdot N^{-D4} \cdot G_o^{D1}) + 2,13 \cdot S_{II} \cdot G_T \cdot \sqrt{\frac{319}{P_1}} \cdot \sqrt{N}$$

3. Ограничения: минимальное  $N_{\min}$  и максимальное  $N_{\max}$  значения годовой программы предприятия, тыс. капитальных ремонтов:

$$N_{\min} \leq N \leq N_{\max}$$

### Задание

Определить оптимальную годовую программу авторемонтного предприятия по капитальному ремонту. Исходные данные приведены в в приложении Г, таблица Г.5, коэффициенты для расчета даны в таблице 1. Для расчетов используйте табличный процессор Excel и файл **Lr4\_ni.xls**.

### Порядок выполнения

1. Изучите методику оптимизации мощности авторемонтного предприятия. Загрузите в Excel файл **Lr4\_ni.xls** и введите свои исходные данные
2. Введите требуемые коэффициенты для расчета по формулам и себестоимость перевозок объекта ремонта  $S_{\Pi}$ , руб./т. км. При перевозке ремонтного фонда и объекта ремонта автомобильным транспортом  $S_{\Pi}=0,05$  руб./т. км, железнодорожным транспортом –  $S_{\Pi}=0,006$  руб./т. км. (цены даны на период 1991 г.)
3. Создайте модель для оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия. Для этого заполните следующую таблицу.

Таблица 2 – Модель оптимизации

Оптимизируемые параметры		
$N=$	[вводится значение от $N_{\min}$ до $N_{\max}$ ]	тыс. капитальных ремонтов
Ограничения		
$N_{\min}=$	1	тыс. капитальных ремонтов
$N_{\max}=$	100	тыс. капитальных ремонтов
Целевая функция		
$C_0=$	[запрограммирована формула (12)]	Руб.

### 4. Оптимизируйте модель

Для этого выделите ячейку со значением целевой функцией (целевая ячейка). Выберите команду **Сервис/Поиск решения**. При этом появится диалоговое окно **Поиск решения** (см. рис. 1)

В диалоговом окне заданы следующие параметры:

- в поле **Целевая ячейка** будет представлена ссылка на выделенную ячейку, т. е. ячейку со значением целевой функцией  $C_0$ ;
- в группе **Равной** установлен переключатель в положение **минимальному значению**, т. к. нужно найти минимальное значение стоимости ремонта;

- в поле **Изменяя ячейки** указаны ссылки на изменяемые ячейки, т. е. на ячейку со значениями оптимизируемого параметра  $N$ ;  
 в поле **Ограничения** заданы ограничения на годовую программу авторемонтного предприятия.

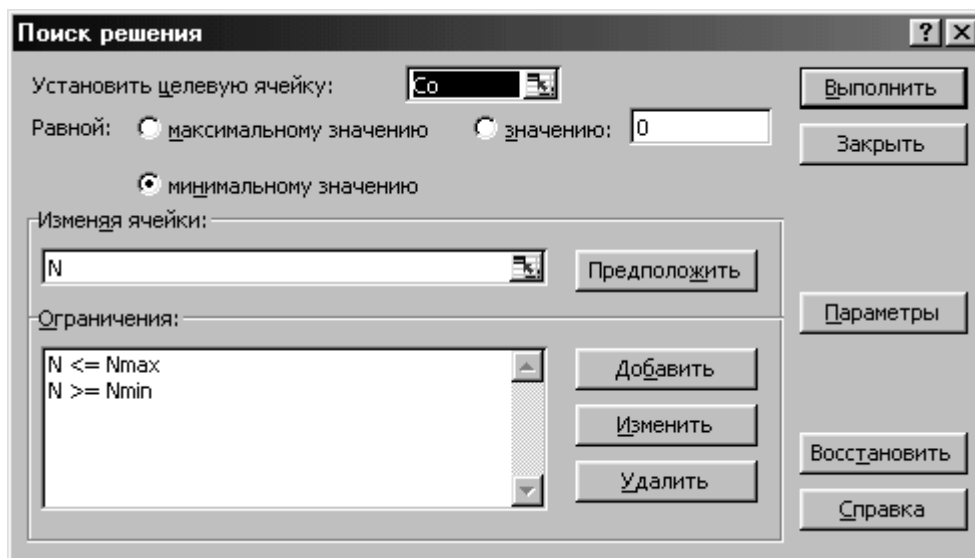


Рис. 1

Для выполнения оптимизации нажмите кнопку **Выполнить**, затем в диалоговом окне **Результаты поиска решения** (см. рис. 2) выберите **тип отчета** – **Результаты** и нажмите **ОК**.

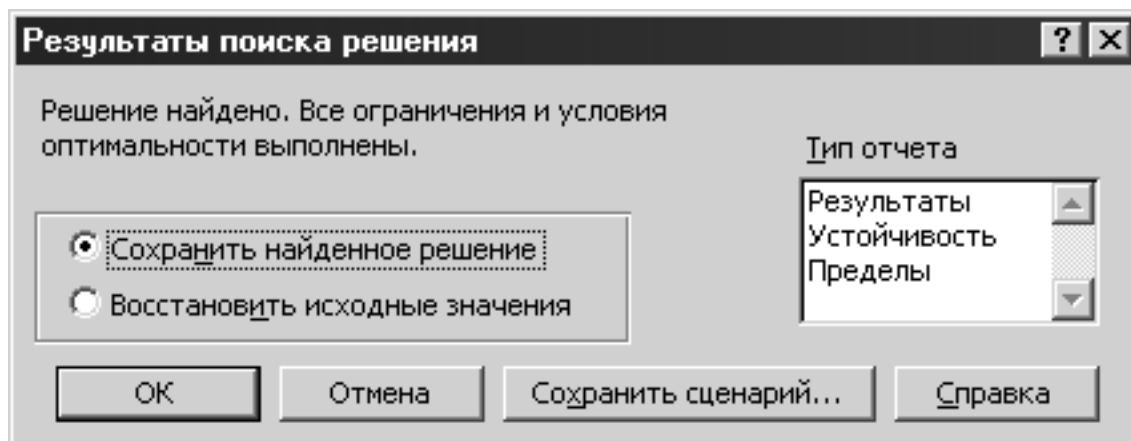


Рис. 2.

Пример расчета приведен ниже.

5. Создайте график, отражающий зависимость себестоимости ремонта изделия от годовой программы авторемонтного предприятия.

Для этого используйте таблицу, показывающую зависимость себестоимости ремонта от годовой программы ремонта (см. таблица 3). Шаг изменения годовой программы  $h=(N_{max}-N_{min})/30$ . Затем на основании данной таблицы с помощью **Мастера диаграмм** создается график (см. пример графика на рис. 3).

Таблица 3 – Данные для построения графика зависимости себестоимости ремонта от годовой программы авторемонтного предприятия

№ п/п	Годовая программа N, тыч. кап. ремонта	Себестоимость ремонта изделия $C_0$ , руб.
1	[значение $N_{min}$ ]	[Формула (12) для расчета целевой функции, где вместо N указывается ссылка ячейку в соседнем столбце ]
2	[ $=N_{min}+h$ ]	[...]
3	[ $=N_{min}+2h$ ]	[...]
...	...	...
30	[ $=N_{min}+29h$ ]	[...]

6. На основании проведенных расчетов укажите оптимальное значение  $N_{opt}$  годовой программы авторемонтного предприятия и соответствующее ей значение себестоимости ремонта изделия. Данные значения берутся из модели оптимизации после выполнения поиска решения или из отчета по результатам.

### Содержание отчета

1. Тема, цель
2. Математическая модель оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия
3. Задание, исходные данные
4. Таблица с коэффициентами для расчета, модель для оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия, график зависимости себестоимости ремонта от годовой программы, отчет по результатам
5. Вывод об оптимальной годовой программе авторемонтного предприятия.
6. Ответы на контрольные вопросы

Отчет оформляется в виде файла **ОТЧЕТ.DOC** в текстовом редакторе **Word** и распечатывается. Таблица с коэффициентами для расчета, модель для оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия, график зависимости себестоимости ремонта от годовой программы, отчет по результатам вставляется в файл **ОТЧЕТ.DOC** из **Excel**.

### Контрольные вопросы

1. Как концентрация производства на авторемонтном предприятии влияет на себестоимость капитального ремонта силовых и ходовых агрегатов?
2. Как изменяются транспортные потери при увеличении программы авторемонтного предприятия?
3. Что является критерием оптимальности при оптимизации мощности авторемонтных заводов?
4. По каким показателям может проводиться определение оптимальной мощности авторемонтного завода?
5. С какими параметрами имеют высокую корреляционную зависимость трудоемкость капитального ремонта автомобилей и их агрегатов, стоимость ремонта?

6. Что входит в суммарные затраты на ремонт изделия?

Пример расчета

Исходные данные

Вар №	Ремонтируемые объекты	Масса ремонтируемого объекта $G_0$ , т
22	Комплекты агрегатов	1,405

Средняя плотность объектов ремонта $P_1$ , шт/кв. км.	Масса транспортируемого объекта ремонта $G_t$ , т	Способ перевозки ремонтного фонда и объектов ремонта
0,065	1,405	автотранспортом

Модель для оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия

Оптимизируемые параметры	
$N =$	17,76096608 тыс. капитальных ремонтов
Ограничения	
$N_{min} =$	1 тыс. капитальных ремонтов
$N_{max} =$	100 тыс. капитальных ремонтов
Целевая функция	
$C_0 =$	677,445155 руб.

Зависимость себестоимости ремонта от годовой программы

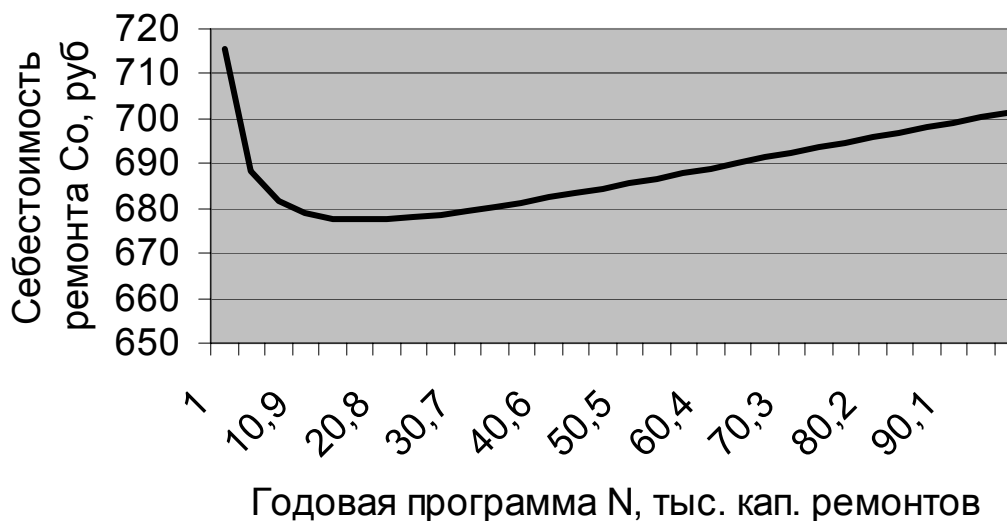


Рис. 3

**Microsoft Excel 9.0 Отчет по результатам**

**Рабочий лист: [PR6\_ni1.xls]Лист3**

**Отчет создан: 23.07.03 18:30:51**

Целевая ячейка (Минимум)

<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>	<b>Исходно</b>	<b>Результат</b>
\$B\$33	Co	677,445155	677,445155

Изменяемые ячейки

<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>	<b>Исходно</b>	<b>Результат</b>
\$B\$28	N	17,76096608	17,76096608

Ограничения

<b>Ячейка</b>	<b>Имя</b>	<b>Значение</b>	<b>формула</b>	<b>Статус</b>	<b>Разница</b>
\$B\$28	N	17,76096608	\$B\$28<=\$B\$31	не связан.	82,23903392
\$B\$28	N	17,76096608	\$B\$28>=\$B\$30	не связан.	16,76096608

## Курсовая работа

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами при изучении теоретического курса и выполнении практических и лабораторных работ, а также получения практических навыков в расчете и прогнозировании показателей надежности и других технико-экономических показателей машин и агрегатов, оптимизации мощности авторемонтного предприятия.

Задание на курсовое проектирование включает:

1. Расчет ресурса автомобиля при наличии полной информации. Выполняется расчет доремонтного или межремонтного ресурса автомобиля.
2. Расчет ресурса автомобиля при наличии усеченной информации. Определяется доремонтный или межремонтный ресурс автомобиля с использованием графических методов обработки усеченной информации
3. Прогнозирование технико-экономического показателя работы автомобиля.
4. Оптимизация мощности авторемонтного предприятия

Выполнение данных заданий требует большого объема вычислений, поэтому для курсовой работы необходимо использовать компьютер и пакеты прикладных программ (ППП) для выполнения расчетов, выполненных в виде электронных таблиц MS Excel 2000.

Курсовая работа выполняется на листах бумаги формата А4 и оформляется в соответствии со стандартом БГТУ СТ БПИ-01-98 «Стандарт института. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ), отчетов по практике». Объем курсовой работы составляет 30 – 40 листов.

Содержание курсовой работы включает:

Титульный лист – см. образец в приложении А

Задание – выдается преподавателем

Реферат – см. образец в приложении Б

Содержание (рамка 40 мм для текстовых документов)

Введение – указывается цель выполнения курсового проектирования, а также краткое содержание выполняемых заданий (см. образец в приложении Б)

Задание № 1. Расчет ресурса автомобиля при наличии полной информации

Задание № 2. Расчет ресурса автомобиля при наличии усеченной информации.

Задание № 3. Прогнозирование технико-экономического показателя автомобиля

Задание № 5. Оптимизация мощности авторемонтного предприятия

Заключение – см. образец в приложении Б

Список использованных источников.

Приложение. Распечатка результатов расчетов (если расчеты не приводятся в тексте курсовой работы)

На листе с содержанием - рамка 40 мм для текстовых документов, на



остальных листах – рамка 20 мм. Размеры рамок даны в приложении В.

### **Задание № 1. Расчет показателей надежности при наличии полной информации об определяемом показателе**

Необходимо выполнить расчет доремонтного или межремонтного ресурса автомобиля по методике, изложенной в методических указаниях для выполнения лабораторной работы № 1 по данной дисциплине. При этом определяется среднее значение и среднее квадратическое отклонение ресурса, закон распределения ресурсов автомобилей, строится полигон распределения и кривая накопленной опытной вероятности, а также дифференциальная и интегральная функции распределения, определяется доверительный интервал ресурса. Так же для заданного интервала наработки необходимо определить количество автомобилей, достигших предельного состояния и требующих ремонта, а также количество автомобилей, требующих ремонта при наработке до заданного значения (для расчетов используется интегральная функция распределения). Находятся также доверительные интервалы для показателя надежности.

Исходные данные даны в приложении Г, таблица Г.1. В исходных данных значения ресурса уже сгруппированы в статистический ряд. Расчеты выполняются с использованием прикладной программы, выполненной в виде электронной таблицы Excel, находящейся в файле **Lr1\_ni.xls**.

В курсовой работе указывается задание, исходные данные, последовательность расчета с указанием используемых формул, результатов расчета, требуемых выводов, а также графики: полигон распределения и кривая накопленной опытной вероятности, дифференциальная и интегральная функции распределения.

### **Задание № 2. Расчет показателя надежности с использованием графической обработки усеченной информации по показателям надежности**

Необходимо определить средний доремонтный (или межремонтный) ресурс автомобиля и среднее квадратическое отклонение, если во время испытаний до наработки каждого автомобиля до заданной величины пробега, тыс. км., из общего количества автомобилей  $N=69$  отказали  $N_0=36$  автомобилей. Для упрощения расчетов в исходных данных указана информация о шести равномерно расположенных точках испытаний (номерах отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30 и 36, поэтому расчеты выполняются, начиная с п. 3 методики, изложенной в методических указаниях для выполнения лабораторной работы № 2 по данной дисциплине. Для расчетов используйте прикладную программу, выполненную в виде электронной таблицы Excel, находящейся в файле **Lr2\_ni.xls**.

Исходные данные приведены в приложении Г, таблица Г.2.

В курсовой работе указывается задание, исходные данные, последовательность расчета с указанием используемых формул, результатов

расчета, требуемых выводов, а также графика интегральной прямой. График интегральной прямой выполняется на миллиметровой бумаге в заданном масштабе, по этому же графику проводится определение среднего доремонтного (или межремонтного) ресурса автомобиля и среднего квадратического отклонения.

### **Задание № 3. Прогнозирование технико-экономического показателя работы автомобиля**

Необходимо установить вид и параметры зависимости заданного показателя от грузоподъемности грузовых автомобилей, а затем на основании полученной зависимости выполнить прогноз данного показателя для заданной грузоподъемности. Также определяется стандартная ошибка полученного уравнения и прогноза, доверительный интервал для прогнозируемого показателя. Методика расчета приведена в методических указаниях для выполнения лабораторной работы № 3 по данной дисциплине.

Для расчетов используйте прикладную программу, выполненную в виде электронной таблицы Excel, находящейся в файле **Lr3\_ni.xls**.

Исходные данные приведены в приложении Г, таблица Г.3.

В курсовой работе указывается задание, исходные данные, последовательность расчета с указанием используемых формул, результатов расчета, требуемых выводов, а также графика зависимости заданного показателя от грузоподъемности.

### **Задание № 4. Оптимизация мощности авторемонтного предприятия**

Необходимо определить оптимальную годовую программу авторемонтного предприятия по капитальному ремонту. Методика расчета приведена в методических указаниях для выполнения лабораторной работы № 4 по данной дисциплине.

Исходные данные приведены в приложении Г, таблица Г.4, коэффициенты для расчета даны в таблице 1 методических указаний для выполнения лабораторной работы № 4. Для расчетов используйте табличный процессор Excel и файл **Lr4\_ni.xls**.

В курсовой работе указывается:

1. Задание, исходные данные
2. Математическая модель оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия
3. Таблица с коэффициентами для расчета, модель для оптимизации годовой программы авторемонтного предприятия, график зависимости себестоимости ремонта от годовой программы, отчет по результатам
4. Вывод об оптимальной годовой программе авторемонтного предприятия и соответствующей ей себестоимости ремонта.

## Литература

1. Надежность и ремонт машин/В. В. Курчаткин и др.; Под ред. В. В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Болбас М. М. Основы технической эксплуатации автомобилей: учебник – Мн.: Амалфея, 2001. – 352 с.
3. Иванов В. П. Ремонт автомобилей. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 286 с.
4. Проектирование авторемонтных предприятий. Курсовое и дипломное проектирование/ А. С. Савич и др. Под ред. В. К. Ярошевича. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.
5. Карагодин В. И., Митрохин Н. Н. Ремонт автомобилей и двигателей.ь – М.: Мастерство; Высш. школа, 2001. – 496 с.
6. Апанасенко В. С. и др. Алгоритмы решения задач авторемонтного производства: Учебно-метод. пособие для студ. спец. Т.04.02 – «Эксплуатация транспортных средств». – Мн.: БГПА, 2000.
7. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для вузов. – Л.: Машиностроение, 1985.
8. Кане М. М. Основы научных исследований в технологии машиностроения – Мн. : Высш. шк., 1987

Приложение А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиноведения

Допущен к защите

«\_\_\_» \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач»  
на тему: «Расчет и прогнозирование показателей надежности  
автомобилей,  
оптимизация мощности авторемонтного предприятия.»

Выполнил: студент гр. ТЭА-1  
Иванов И. И.

Проверил: доцент Монтик С. В.

Брест 2004

**Пример оформления реферата, введения и заключения**

**РЕФЕРАТ**

Расчет и прогнозирование показателей надежности автомобилей, оптимизация мощности авторемонтного предприятия / Иванов И. И. гр. ТЭА-1 –Брест.: 2004 – 40 с.: 8 ил., 5 табл., 5 источников.

Ключевые слова: расчет ресурса автомобилей, прогнозирование, оптимизация мощности авторемонтного предприятия.

Выполнен расчет ресурса автомобиля при наличии полной и усеченной информации, прогнозирование показателя работы автомобиля, оптимизация мощности авторемонтного предприятия.

**ВВЕДЕНИЕ**

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса и выполнении практических и лабораторных работ, а также получения практических навыков в расчете и прогнозировании показателей надежности и других технико-экономических показателей машин и агрегатов.

В курсовой работе выполнен расчет ресурса автомобиля при наличии полной и усеченной информации, прогнозирование показателя работы автомобиля, оптимизация мощности авторемонтного предприятия.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате расчета ресурса автомобиля при наличии полной информации определено: среднее значение доремонтного ресурса автомобиля ГАЗ-53А составляет 160 тыс. км. пробега, среднее квадратическое отклонение равно 35 тыс. км.; 20 автомобилей потребуют ремонта в интервале пробега от 140 до 160 тыс. км; при наработке до 140 тыс. км. пробега потребуют ремонта 12 автомобилей.

В результате расчета ресурса автомобиля при наличии усеченной информации с использованием графических методов обработки определено: среднее значение доремонтного ресурса автомобиля МАЗ-500А составляет 200 тыс. км. пробега, среднее квадратическое отклонение равно 23 тыс. км.

Выполнено прогнозирование трудоемкости ТО-1 грузовых автомобилей в зависимости от их грузоподъемности. При грузоподъемности автомобиля 2,5 т прогнозируемое значение трудоемкости ТО-1 составит 2,5 чел.-ч на одно обслуживание.

Определена оптимальная по критерию минимума себестоимости ремонта годовая программа авторемонтного предприятия по капитальному ремонту комплектов агрегатов. Она равна 17,76 тыс. капитальных ремонтов в год.

**СТБПИ-01-98**

**ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ ДЛЯ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ**

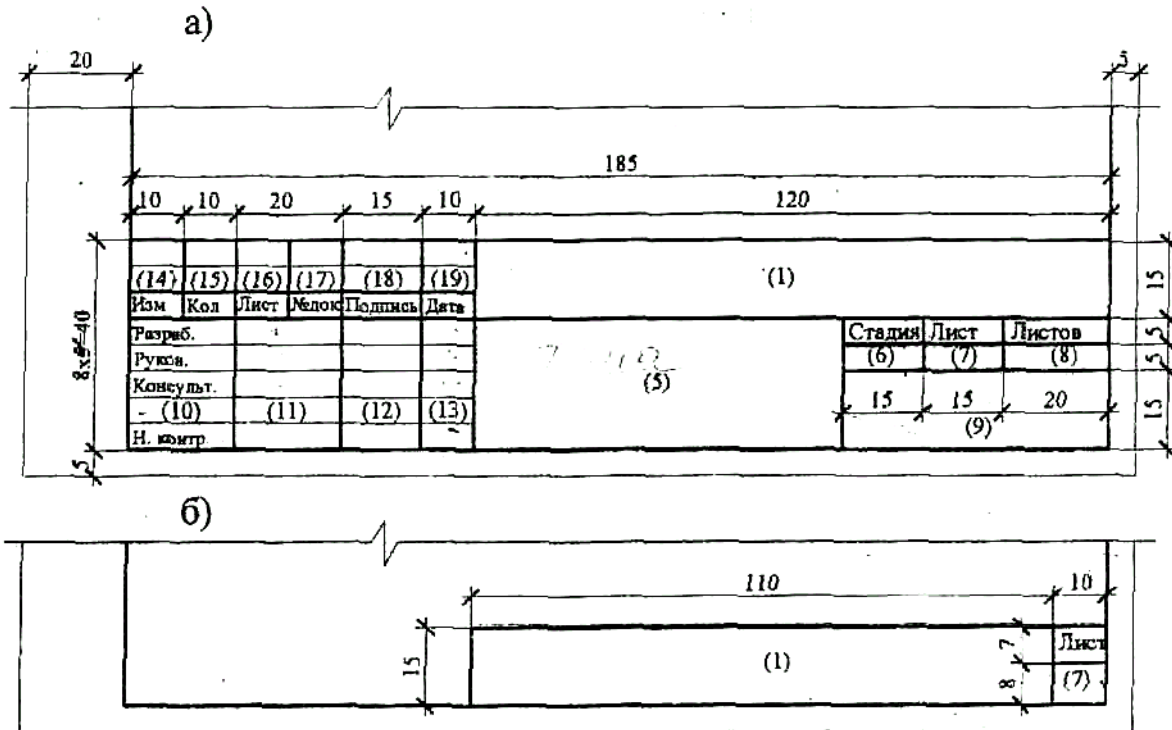


Рис. В.1. Основная надпись для текстовых документов.(размеры указаны в миллиметрах)

а) – для листа с **Содержанием**

б) - последующих листов пояснительной записки

**Содержание надписи:**

**Графа 1** - обозначение документа . Например **КР.НИ.ТЭА1.3426** , где КР – курсовая работа, НИ – название предмета «Научные исследования и решение инженерных задач», ТЭА1 – группа ТЭА1, 3426 – варианты заданий: задание №1 – вариант №2, задание №2 – вариант №3 и т. д.

**Графа 5** - наименование документа – **Пояснительная записка**

**Графа 6** - стадия проектирования: **К** – курсовая работа.

**Графа 7** –**Лист** - порядковый номер листа. Номер листа с содержанием - **4** ( 1 лист – титульный, 2 лист – задание, 3 лист – реферат)

**Графа 8** – **Листов** - общее количество листов пояснительной записки

**Графа 9** - место выполнения курсового проекта - **БГТУ**

**Графа 10** - характер работы лиц, подписавших документ

**Графы 11, 12, 13** -Ф.И.О., подпись, дата:

**Разработал** – Фамилия И. О. студента

**Руков.** – Фамилия И. О. руководителя

Остальные графы не заполняются

## Приложение Г

Таблица Г.1 – Исходные данные для выполнения лабораторной работы № 1

Вар № 1 Показатель: Доремонтный ресурс, тыс. км. пробега  
 ГАЗ-53А  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	40	80	1
2	80	120	6
3	120	160	18
4	160	200	16
5	200	240	7
6	240	280	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 120 до 160 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. пробега. Общее число испытываемых автомобилей N1= 45.

Вар № 2 Автомобиль ГАЗ-53А  
 Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	65	95	1
2	95	125	5
3	125	155	15
4	155	185	20
5	185	215	7
6	215	245	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 95 до 155 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 185 тыс. км. пробега. Общее число испытываемых автомобилей N1= 70.

Вар № 3 Автомобиль УАЗ-469  
 Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	45,5	77	2
2	77	108,5	6
3	108,5	140	14
4	140	171,5	20
5	171,5	203	7
6	203	234,5	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 140 до 171,5 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 77 тыс. км. пробега. Общее число испытываемых автомобилей N1= .60

Вар № 4 Автомобиль УАЗ-469  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	64,1	89,4	1
2	89,4	114,7	5
3	114,7	140	15
4	140	165,3	21
5	165,3	190,6	6
6	190,6	215,9	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 165,3 до 190,6 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 165,3 тыс. км. пробега. Общее число испытываемых автомобилей N1= 40.

Вар № 5 Автомобиль ЗИЛ-130  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	154,1	179,4	1
2	179,4	204,7	8
3	204,7	230	16
4	230	255,3	17
5	255,3	280,6	6
6	280,6	305,9	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 230 до 255,3 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 280,6 тыс. км. пробега. Общее число испытываемых автомобилей N1= 36

Вар № 6 Автомобиль ЗИЛ-130  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	128,9	162,6	1
2	162,6	196,3	8
3	196,3	230	17
4	230	263,7	17
5	263,7	297,4	6
6	297,4	331,1	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 230 до 263,7 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 196,3 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 60



Вар № 7 Автомобиль ГАЗ-53Б  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	71	94	1
2	94	117	5
3	117	140	19
4	140	163	17
5	163	186	6
6	186	209	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 140 до 163 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 117 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 70

Вар № 8 Автомобиль ГАЗ-53Б  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	56	84	4
2	84	112	5
3	112	140	15
4	140	168	17
5	168	196	6
6	196	224	3

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 140 до 168 тыс. км. пробега.

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 112 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 60

Вар № 9 Автомобиль МАЗ-500А  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	116	144	3
2	144	172	8
3	172	200	14
4	200	228	17
5	228	256	7
6	256	284	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 200 до 228 тыс. км. пробега.

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 55

Вар № 10 Автомобиль МАЗ-500А  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	101	134	1
2	134	167	8
3	167	200	17
4	200	233	15
5	233	266	7
6	266	299	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 200 до 233 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. .  
Общее число испытываемых автомобилей N1= 45

Вар № 11 Автомобиль КамАЗ-5320  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	151	184	1
2	184	217	7
3	217	250	18
4	250	283	15
5	283	316	8
6	316	349	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 250 до 283 тыс. км. пробега.  
Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 250 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 45

Вар № 12 Автомобиль КамАЗ-5320  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	178	202	1
2	202	226	7
3	226	250	17
4	250	274	15
5	274	298	8
6	298	322	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 250 до 274 тыс. км. пробега.  
Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 250 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 35

Вар № 13 Автомобиль ЗИЛ-ММЗ-555  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	119	146	3
2	146	173	8
3	173	200	14
4	200	227	17
5	227	254	7
6	254	281	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 200 до 227 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. .  
Общее число испытываемых автомобилей N1= 60

Вар № 14 Автомобиль ЗИЛ-ММЗ-555  
Показатель: Доремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	107	138	3
2	138	169	7
3	169	200	14
4	200	231	18
5	231	262	7
6	262	293	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 200 до 231 тыс. км. пробега.  
Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. . Общее число испытываемых автомобилей N1= 55

Вар № 15 Автомобиль ГАЗ-53А  
Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	58	82	3
2	82	106	7
3	106	130	14
4	130	154	18
5	154	178	7
6	178	202	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 130 до 154 тыс. км. пробега.  
Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 130 тыс. км. после ремонта. Общее число испытываемых автомобилей N1= 70

Вар № 16 Автомобиль ГАЗ-53Б  
 Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	41	64	1
2	64	87	8
3	87	110	17
4	110	133	15
5	133	156	7
6	156	179	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 110 до 133 тыс. км. пробега.  
 Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 110 тыс. км. после ремонта. Общее число испытываемых автомобилей N1= 65

Вар № 17 Автомобиль ЗИЛ-130  
 Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	93	122	2
2	122	151	8
3	151	180	18
4	180	209	15
5	209	238	6
6	238	267	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 180 до 209 тыс. км. пробега.  
 Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 180 тыс. км. после ремонта. Общее число испытываемых автомобилей N1= 40

Вар № 18 Автомобиль МАЗ-500А  
 Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
 Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	73	102	1
2	102	131	6
3	131	160	18
4	160	189	16
5	189	218	7
6	218	247	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 160 до 189 тыс. км. пробега.  
 Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 160 тыс. км. после ремонта. Общее число

испытываемых автомобилей N1= 40

Вар № 19 Автомобиль КамАЗ-5320  
Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	122	148	1
2	148	174	4
3	174	200	19
4	200	226	19
5	226	252	6
6	252	278	1

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 200 до 226 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 200 тыс. км. после ремонта. Общее число испытываемых автомобилей N1= 60

Вар № 20 Автомобиль УАЗ-469  
Показатель: Межремонтный ресурс автомобиля, тыс. км. пробега  
Количество испытаний ( количество автомобилей) N= 50

№ интер-вала	Границы интервала		Частота попадания показателя в интервал (опытная частота m)
	от	до	
1	56	74	1
2	74	92	6
3	92	110	17
4	110	128	19
5	128	146	5
6	146	164	2

Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале от 110 до 128 тыс. км. пробега. Определите число автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до 110 тыс. км. после ремонта. Общее число испытываемых автомобилей N1= 60

Таблица Г.2 – Исходные данные для выполнения лабораторной работы № 2

Вар№	Ресурс автомобиля, тыс. км. пробега						Предельная наработка, тыс.км.	Автомобиль
	Порядковый номер отказавшего автомобиля							
	6	12	18	24	30	36		
1	128,8	135	141,3	147,5	153,8	160	165	ГАЗ-53А
2	102,5	110	117,5	125	132,5	140	145	ГАЗ-53Б
3	170	176	182	188	194	200	205	ЗИЛ-ММЗ-555
4	210	214	218	222	226	230	235	ЗИЛ-130
5	160	168	176	184	192	200	205	МАЗ-500А
6	216,3	223	229,8	236,5	243,3	250	255	КамАЗ-5320
7	120	124	128	132	136	140	145	УАЗ-469
8	118,8	127	135,3	143,5	151,8	160	165	ГАЗ-53А

Вар№	Ресурс автомобиля, тыс. км. пробега						Предельная наработка, тыс.км.	Авто- мобиль
	Порядковый номер отказавшего автомобиля							
	6	12	18	24	30	36		
9	117,5	122	126,5	131	135,5	140	145	ГАЗ-53Б
10	206,3	215	223,8	232,5	241,3	250	255	КамАЗ-5320
11	97,5	104	110,5	117	123,5	130	135	ГАЗ-53А
12	81,3	87	92,8	98,5	104,3	110	115	ГАЗ-53Б
13	125	132	139	146	153	160	165	ЗИЛ-ММЗ-555
14	152,5	158	163,5	169	174,5	180	185	ЗИЛ-130
15	118,8	127	135,3	143,5	151,8	160	165	МАЗ-500А
16	162,5	170	177,5	185	192,5	200	205	КамАЗ-5320
17	78,8	85	91,3	97,5	103,8	110	115	УАЗ-469
18	106,3	111	115,8	120,5	125,3	130	135	ГАЗ-53А
19	71,3	79	86,8	94,5	102,3	110	115	ГАЗ-53Б
20	150	156	162	168	174	180	185	КамАЗ-5320

Примечание: в вариантах 1 – 10 в испытаниях определялся доремонтный ресурс автомобиля, а в вариантах 11 – 20 в испытаниях определялся межремонтный ресурс автомобиля.

Таблица Г.3 – Исходные данные для выполнения лабораторной работы № 3

Вар. №		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Прогнозируемый показатель									
Марка, модель автомобиля	Грузо-подъемность, т	ЕО чел.-ч на одно обслуживание	ТО-1	ТО-2	Текущий ремонт чел.-ч/1000 км	Нормы пробега подвижного состава и основных агрегатов до капитального ремонта, тыс. км.					
						автомобиль	двигатель	коробка передач	ось передняя	мост задний	Рулевой механизм
ИЖ-27151	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ЕрАЗ-762А	1	0,3	1,4	7,6	2,9	160	160	160	130	160	160
ГАЗ-52-27	2,4	0,55	2,9	10,8	4	175	100	175	175	175	175
ГАЗ-52-04	2,5	0,4	2,1	9	3,6	175	100	175	175	175	175
ГАЗ-53А	4	0,42	2,2	9,1	3,7	250	200	250	250	250	250
ЗИЛ-130	5	0,45	2,5	10,6	4	300	200	300	300	300	300
ЗИЛ-138А	5,4	0,6	3,5	12,6	4,4	300	200	300	300	300	300
МАЗ-5335	8	0,3	3,2	12	5,8	320	275	275	320	320	320
Выполните прогноз показателя для грузоподъемности, т		9	9,5	10	11	12	10	10,5	11	11,5	12

Вар. №		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Прогнозируемый показатель									
Марка, модель автомобиля	Грузо-подъемность, т	ЕО чел.-ч на одно обслуживание	ТО-1	ТО-2	Текущий ремонт чел.-ч/1000 км	Нормы пробега подвижного состава и основных агрегатов до капитального ремонта, тыс. км.					
						автомобиль	двигатель	коробка передач	ось передняя	мост задний	Рулевой механизм
УАЗ-451М	1	0,3	1,5	7,7	3,6	180	160	160	180	180	180
ГАЗ-52-07	2,5	0,55	2,5	10,2	3,8	175	100	175	175	175	175
ГАЗ-53-07	4	0,57	2,6	10,3	3,9	250	200	250	250	250	250
ЗИЛ-138	5	0,6	3,1	12	4,2	300	250	300	300	300	300
Урал-377	7,5	0,55	3,8	16,5	6	150	125	150	150	150	150
МАЗ-500А	8	0,3	3,4	13,7	6	250	250	200	250	250	250
КамАЗ-5320	8	0,5	3,4	14,5	8,5	300	280	300	300	280	300
КрАЗ-257	12	0,5	3,5	14,7	6,2	250	225	225	250	250	250
Выполните прогноз показателя для грузоподъемности, т		13	12,5	13,5	11	13	12,5	10	13,5	13	11

Таблица Г.4 – Исходные данные для выполнения лабораторной работы № 4

№ вар	Ремонтируемые объекты	Масса ремонтируемого объекта $G_0$ , т	Средняя плотность объектов ремонта $P_1$ , шт/кв. км.	Способ перевозки ремонтного фонда и объектов ремонта
1	Полнокомплектные грузовые автомобили	3,25	0,065	А
2	Грузовые автомобили на базе готовых агрегатов	4,3	0,06	Ж
3	Полнокомплектные легковые автомобили	0,95	0,055	Ж
4	Силовые агрегаты	0,72	0,05	А
5	Агрегаты ходовой части	0,9	0,045	А
6	Двигатели	0,99	0,05	Ж
7	Полнокомплектные легковые автомобили	0,9	0,055	Ж
8	Комплекты всех агрегатов	0,95	0,06	А
9	Грузовые автомобили на базе готовых ходовых агрегатов	5,3	0,065	А
10	двигатели	0,74	0,07	А
11	Грузовые автомобили на базе готовых комплектов агрегатов	6,7	0,065	Ж
12	Двигатели	0,49	0,06	А
13	Агрегаты ходовой части	1,5	0,055	Ж
14	Силовые агрегаты	1,1	0,05	А
15	Комплекты всех агрегатов	1,3	0,045	Ж
16	Автобусы на базе готовых агрегатов	9,11	0,06	А
17	Грузовые автомобили на базе готовых комплектов агрегатов	5,3	0,065	Ж



№ вар	Ремонтируемые объекты	Масса ремонтируемого объекта $G_0$ , т	Средняя плотность объектов ремонта $P_1$ , шт/кв. км.	Способ перевозки ремонтного фонда и объектов ремонта
18	Полнокомплектные грузовые автомобили	7,1	0,07	А
19	Полнокомплектные легковые автомобили	1,05	0,075	Ж
20	Автобусы на базе готовых агрегатов	12,5	0,063	А

Примечания: Масса транспортируемого объекта ремонта  $G_T$ , т, равна массе ремонтируемого объекта  $G_0$ , т; способ перевозки: А – автомобильным транспортом, Ж – железнодорожным транспортом.