

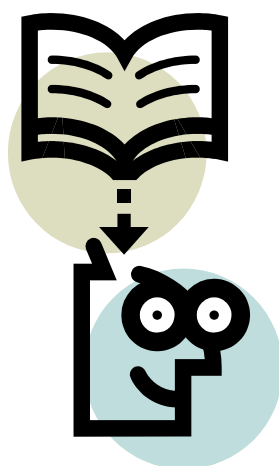


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

**Малая Е.В., Решенкин А.С.**

**Основы ремонта средств аэродромно-технического обеспечения**

**Пособие по курсовой работе**



**2023 г.**

Малая Е.В., Решенкин А.С.

"

-

"

особие по курсовой работе. ФГБОУ ВО «ДГТУ», 2023.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» профиль «Средства аэродромно-технического обеспечения полетов авиации».

Курсовая работа проводится с целью привития навыков самостоятельной работы и закрепления знаний, полученных при изучении дисциплины «Основы ремонта средств аэродромно-технического обеспечения», а также самостоятельного решения прикладных инженерных задач.

Малая Е.В., Решенкин А.С., 2023



# 1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовое проектирование проводится с целью привития студентам навыков самостоятельной работы и закрепления знаний, полученных при изучении дисциплины, а также самостоятельного решения задач по применению статистических методов обработки результатов наблюдений для прогнозирования ресурса деталей технических систем.

Курсовая работа на тему: «Расчёт параметров распределения ресурсов элементов технических систем» дает возможность установить степень усвоения учебного материала и умение обучаемого применять знания, полученные при изучении дисциплины, а также подготовиться к выполнению дипломного проекта или работы.

Пояснительная записка курсовой работы пишется разборчиво и аккуратно, без сокращений слов, за исключением общепринятых сокращений, а также установленных в стандартах. Текст пояснительной записки пишется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 (297X210 мм) или выполняется машинным способом (размер шрифта №14).

Пояснительная записка курсовой работы должна иметь титульный лист, бланк задания на курсовое проектирование, содержание работы, введение, основную часть, заключение, список использованных источников.

Все используемые при расчёте формулы располагать по центру строки с расшифровкой символов непосредственно под формулой. Пояснения начинаются со слова «где» без двоеточия. Расшифровку каждого символа начинать с новой строки в той последовательности в которой они указаны в формуле.

Числовые значения величин в тексте и при расчётах следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения точности прогнозирования, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой. Округление числовых значений величин до первого, второго и т.д. десятичного знака должно быть одинаковым.

При защите курсовой работы руководитель проекта должен проверять: качество работы, ее соответствие заданию по курсовому проектированию и основным требованиям на курсовое проектирование, усвоение учащимся основного теоретического учебного материала, умение защищать выдвигаемые положения и другие проблемные вопросы.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка должна содержать в указанной последовательности:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- расчет параметров распределения ресурсов элементов технических систем;
- заключение;
- список использованных источников.

Графическая часть курсовой работы должна состоять из следующих плакатов:

- гистограмма середины интервалов, кривая распределения плотностей вероятностей  $f_3(l_i)$ , теоретическую кривую распределения  $f_T(l_i)$  и выравнивающая (огibaющая) кривая;
- график  $P(l_i)$  кривая вероятности безотказной работы детали в зависимости от наработки  $l$ .

## 2 ОБОСНОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

По результатам многочисленных исследований годовая производительность автомобилей и в том числе их основных технических систем к концу срока их служба снижается в 1,5 - 2 раза по сравнению с первоначальной, снижается безопасность конструкции автомобилей. За срок службы автомобиля расходы на техническое обслуживание и ремонт превосходят его первоначальную стоимость в 5 - 7 раз. Поэтому важным направлением, как при проектировании, так и при эксплуатации автомобилей является точная и достоверная прогнозируемая оценка основных показателей надежности их деталей.

В настоящей курсовой работе рассматриваются вопросы по прогнозированию параметров среднего и остаточного ресурсов элементов технических систем.

Определение показателей долговечности может осуществляться на основе обработки данных, полученных по результатам натурных наблюдений группы автомобилей, которые эксплуатируются в определенных условиях. Для этих же целей могут быть использованы экспериментальные материалы по выходу из строя тех или иных элементов технических систем.

В результате для прогнозирования показателей долговечности может составляться комбинированный прогноз, позволяющий учесть множество факторов. При использовании диагностической информации в процессе эксплуатации автомобилей наиболее простым способом прогнозирования остаточного ресурса деталей и узлов автомобиля является аналитическое прогнозирование по степенной модели.

Во введении необходимо привести основные виды отказов изделий и технических систем в процессе эксплуатации, а также основные причины неисправностей.

В результате выполнения курсовой работы студент должен:

- быть способным к системному действию в профессиональной ситуации, к анализу и планированию своей деятельности, самостоятельным действиям в производственных условиях;
- быть способным к практической деятельности по решению профессиональных задач, владеть профессиональной лексикой;
- быть способным научно организовать свой труд и применять компьютерные техники и новые технологии в сфере профессиональной деятельности;

- быть ответственным за выполняемую работу, способным самостоятельно и эффективно решать проблемы в профессиональной сфере.

### **3 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

В процессе эксплуатации технических систем наблюдался выход из строя различных элементов. Было зафиксировано  $N = 66$  первых ремонтов деталей систем при наработках, приведенных в таблице (варианты заданий).

Предположим, что распределение ресурса элементов агрегатов и деталей технических систем до первого ремонта подчиняется нормальному закону. Требуется найти параметры распределения (математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение), проверить гипотезу о виде закона распределения, рассчитать плотность распределения, вероятность безотказной работы и средний ресурс.

По результатам расчётов построить гистограмму и кривые эмпирической и теоретической плотности распределения вероятностей, и вероятности безотказной работы деталей и узлов. Кривые зависимостей для наглядности выполнить контрастными цветами (красный, жёлтый, зелёный, синий).

## 4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Параметры распределения ресурсов элементов технических систем рассчитываются на основе обработки статистической информации об отказах, наблюдаемых в эксплуатации, и используются для разработки стратегии поддержания работоспособности, оценки долговечности и безотказности конструкции и потребности в запасных частях.

Выявим наибольшее  $l_{\max}$  и наименьшее  $l_{\min}$  значения наработки и определим ширину интервалов группирования по формуле:

$$\Delta l = (l_{\max} - l_{\min}) / r, \text{ тыс. км, где}$$

$r$  — общее число интервалов (8-15)

Таблица 1 - Значения ресурсов  $l$  (расставляются по возрастанию), тыс. км.

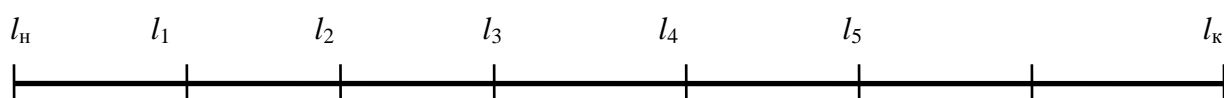
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

$\Sigma =$  \_\_\_\_\_ (тыс. км)

$\Delta l =$  \_\_\_\_\_ тыс. км.

Подсчитаем частоты попадания случайной величины ресурса  $l$  в интервале группирования. Выберем начальное  $l_n$  и конечное  $l_k$  значения величины, которые берутся ближе к целочисленному  $l_{\max}$  и  $l_{\min}$ .

$$l_n = \_ ; l_1 = \_ ; l_2 = \_ ; \dots l_k = \_. \text{ (тыс. км)}$$



Чертим прямую и разбиваем на интервалы равные от  $l_{\min}$  до  $l_{\max}$  тыс. км.

Определим какое количество ресурсов попадает в интервалы и определим середины этих интервалов. Для удобства пользования данные вычислений занесём в таблицу 2.

Таблица 2 - Определение частоты попадания ресурсов в заданные интервалы

| № интервала | Границы интервалов (тыс. км) | Середины интервалов (тыс. км) | Частота попадания в интервал, $n_i$ |
|-------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1           |                              |                               |                                     |
| 2           |                              |                               |                                     |
| 3           |                              |                               |                                     |
| 4           |                              |                               |                                     |
| ...         |                              |                               |                                     |
| $r$         |                              |                               |                                     |

Определение параметров и характеристик нормального закона. Плотность вероятности  $f(l)$  нормального закона имеет вид:

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-a)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $a$  и  $\sigma$  - параметры нормального закона распределения;

Вычислим математическое ожидание  $a$  по формуле:

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^r (l_i \cdot n_i),$$

где  $r$  – число интервалов;

$l_i$  – середины интервалов;

$n_i$  – частота попадания в интервалы.

$a = \underline{\hspace{2cm}}$  (тыс. км)

Рассчитаем среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^r (l_i - a)^2 \cdot n_i}{(N - 1)}}, \quad (\text{тыс. км})$$

Вычислим значения эмпирической плотности распределения вероятностей  $f_{\text{э}}(l_i)$  по интервалам наработки:

$$f_{\text{э}}(l_i) = \frac{n_i}{r \cdot \Delta l},$$

Рассчитаем нормированные и центрированные отклонения середины интервалов:

–

$$y_i = \frac{l_i - a}{\sigma},$$

Определим значения теоретической плотности распределения вероятностей  $f_m(l_i)$  по формуле:

$$f_T(l_i) = \frac{f_0(y_i)}{\sigma},$$

где

$$f_0(y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y_i^2}{2}}$$

Полученные значения расчетов введем в таблицу 3.

Таблица 3 - Таблица вычислений эмпирической и теоретической плотности распределения вероятностей и нормированных и центрированных отклонений середины интервалов

| $n_i$ | $y_i$ | $f_3(l_i)$ | $f_0(l_i)$ | $f_T(l_i)$ |
|-------|-------|------------|------------|------------|
| $n_1$ |       |            |            |            |
| $n_2$ |       |            |            |            |
| $n_3$ |       |            |            |            |
| $n_4$ |       |            |            |            |
| ...   |       |            |            |            |
|       |       |            |            |            |

По результатам расчетов строим на рисунке 1 гистограмму: эмпирическую кривую, распределение плотностей вероятностей  $f_3(l_i)$ , теоретическую кривую распределения  $f_T(l_i)$  и выравнивающую кривую.

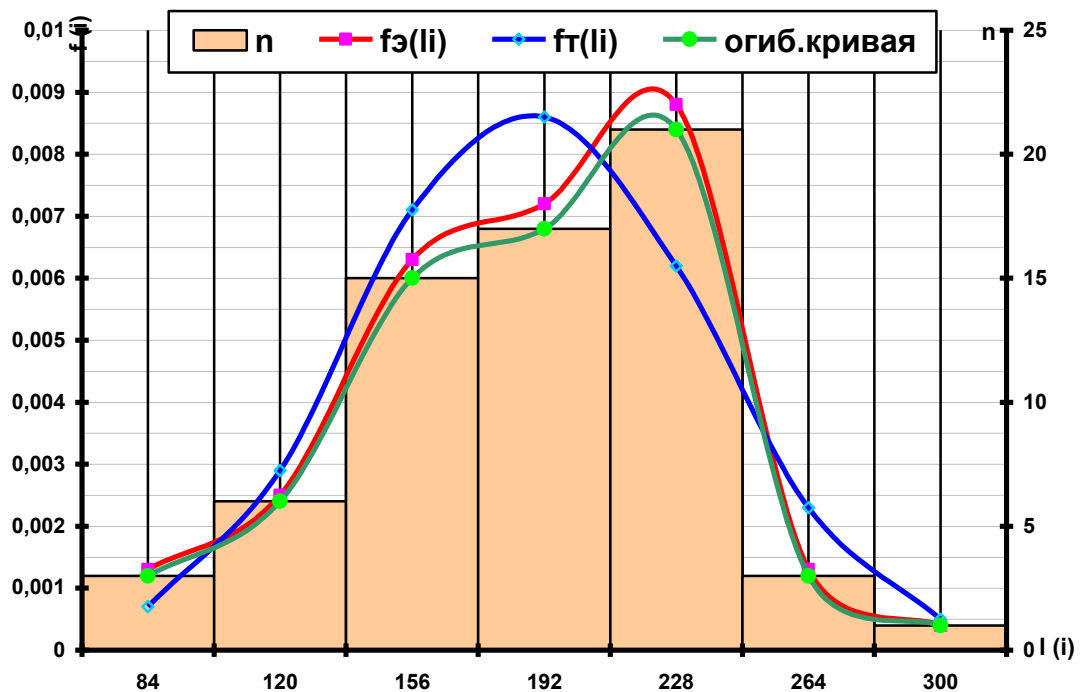


Рисунок 1.1 - Пример гистограммы середины интервалов, кривой распределения плотностей вероятностей  $f_3(l_i)$ , теоретической кривой распределения  $f_T(l_i)$  и выравнивающей (огibaющей) кривой



Проверка согласия между эмпирическим и теоретическим (нормальным) законом распределения по критерию  $\chi^2$  Пирсона.

Определим меру расхождения  $\chi^2$  между эмпирическим и теоретическим распределениями:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^r [n_i - n'_i]^2}{n'_i},$$

где  $n_i$  и  $n'_i$  - соответствие эмпирической и теоретической частоты попадания случайной величины в  $i$ -ый интервал.

Для удобства вычислений критерий  $\chi^2$  определим по формуле:

$$\chi^2 = N \cdot \Delta l \cdot \frac{\sum_{i=1}^r [f_{\text{э}}(l_i) - f_T(l_i)]^2}{f_T(l_i)},$$

Вычислим число степеней свободы  $m$  (при этом интервалы, в которых частоты  $n_i$  меньше 5-ти объединим с соседними интервалами):

$$m = r_I - k - 1,$$

где  $r_I$  - число интервалов полученное при объединении;

$k$  – количество параметров закона распределения.

Нормальный закон является двухпараметрическим и определяется математическим ожиданием и средним квадратичным отклонением, т.е.  $k=2$ .

По значениям  $\chi^2$  и  $m$  определим вероятность согласия  $P(\chi^2)$  теоретического и эмпирического измерения, если  $P(\chi^2) > 0,05$ , значит эмпирическое распределение согласуется с нормальным законом распределения.

Определение оценок показателей надёжности детали:

- рассчитаем значение среднего ресурса  $R$  при нормальном законе распределения, который численно равен математическому ожиданию  $a$ , поэтому  $R = a = \underline{\hspace{2cm}}$  (тыс. км);

- рассчитаем вероятность безотказной работы элементов технических систем по интервалам наработки по формуле:

-

$$P(l_i) = \frac{N - \sum_{i=1}^r n_i}{N},$$

- построим кривую вероятности безотказной работы элементов технических систем  $P(l_i)$  в зависимости от ее наработки  $l$ , как показано на рисунке 2.

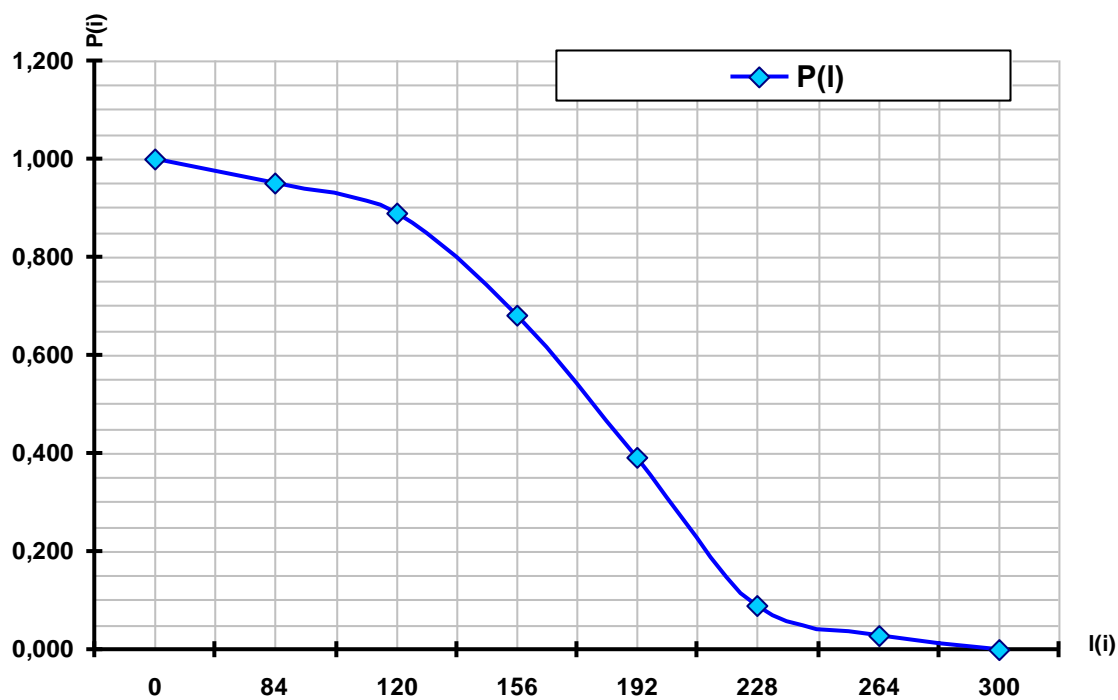


Рисунок 1.2 – Пример графика  $P(l_i)$  кривой вероятности безотказной работы детали в зависимости от наработки  $l$ .

[illegible]

|            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №5 | 83,5  | 166,8 | 196,9 | 206,6 | 227,0 | 237,2 | 248,0 | 266,2 | 276,5 | 288,4 | 304,6 |
|            | 108,2 | 168,6 | 193,5 | 202,9 | 223,2 | 237,6 | 249,9 | 266,9 | 278,0 | 293,5 | 305,6 |
|            | 119,3 | 170,2 | 193,6 | 197,4 | 213,5 | 226,3 | 239,6 | 255,7 | 265,3 | 296,9 | 310,9 |
|            | 132,2 | 173,8 | 194,9 | 217,3 | 233,3 | 247,8 | 268,1 | 278,9 | 291,6 | 328,9 | 344,3 |
|            | 138,7 | 187,0 | 195,9 | 220,5 | 239,1 | 248,8 | 269,5 | 279,2 | 294,6 | 330,0 | 368,6 |
|            | 155,9 | 191,2 | 196,6 | 222,0 | 240,3 | 253,5 | 275,4 | 279,7 | 295,2 | 334,5 | 428,5 |
| Вариант №6 | 80,1  | 160,1 | 189,0 | 198,3 | 217,9 | 227,7 | 238,1 | 255,5 | 265,4 | 276,9 | 292,4 |
|            | 103,8 | 161,9 | 185,8 | 194,8 | 214,3 | 228,1 | 239,9 | 256,2 | 266,9 | 281,7 | 293,3 |
|            | 114,5 | 163,4 | 185,9 | 189,5 | 204,9 | 217,3 | 230,0 | 245,5 | 254,7 | 285,0 | 298,4 |
|            | 131,3 | 172,6 | 193,5 | 215,8 | 231,6 | 237,9 | 257,4 | 267,8 | 279,9 | 315,7 | 330,5 |
|            | 137,8 | 185,7 | 194,5 | 219,0 | 237,5 | 238,9 | 258,8 | 268,0 | 282,8 | 316,8 | 353,8 |
|            | 154,8 | 189,8 | 195,2 | 220,5 | 238,6 | 243,4 | 264,4 | 268,5 | 283,4 | 321,2 | 411,4 |
| Вариант №7 | 72,9  | 145,7 | 172,0 | 180,5 | 198,3 | 207,2 | 216,7 | 232,5 | 241,5 | 252,0 | 266,1 |
|            | 94,5  | 147,3 | 169,1 | 177,2 | 195,0 | 207,5 | 218,3 | 233,2 | 242,9 | 256,4 | 266,9 |
|            | 104,2 | 148,7 | 169,2 | 172,5 | 186,5 | 197,7 | 209,3 | 223,4 | 231,8 | 259,4 | 271,6 |
|            | 119,5 | 157,0 | 185,8 | 207,2 | 222,4 | 228,4 | 247,1 | 257,1 | 268,7 | 303,1 | 317,3 |
|            | 125,4 | 169,0 | 186,7 | 210,2 | 228,0 | 229,3 | 248,4 | 257,3 | 271,5 | 304,1 | 339,7 |
|            | 140,9 | 172,7 | 187,4 | 211,7 | 229,1 | 233,6 | 253,8 | 257,8 | 272,1 | 308,3 | 394,9 |
| Вариант №8 | 67,1  | 138,4 | 163,4 | 171,5 | 188,4 | 196,9 | 205,8 | 213,9 | 222,2 | 231,8 | 244,8 |
|            | 86,9  | 139,9 | 160,6 | 168,4 | 185,3 | 197,2 | 207,4 | 214,5 | 223,4 | 235,9 | 245,6 |
|            | 95,9  | 141,3 | 160,7 | 163,8 | 177,2 | 187,8 | 198,8 | 205,5 | 213,2 | 238,6 | 249,8 |
|            | 109,9 | 149,2 | 176,5 | 196,8 | 211,3 | 216,9 | 234,7 | 236,5 | 247,2 | 278,8 | 291,9 |
|            | 115,3 | 160,5 | 177,4 | 199,7 | 216,6 | 217,8 | 236,0 | 236,7 | 249,8 | 279,8 | 312,5 |
|            | 129,6 | 164,1 | 178,0 | 201,1 | 217,6 | 222,0 | 241,1 | 237,2 | 250,3 | 283,7 | 363,3 |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №9  | 63,6  | 127,1 | 150,0 | 96,8  | 106,3 | 111,1 | 116,2 | 124,6 | 129,5 | 135,1 | 245,7 |
|             | 84,1  | 131,1 | 150,5 | 167,1 | 183,9 | 191,7 | 201,7 | 215,4 | 224,3 | 236,8 | 246,6 |
|             | 92,7  | 132,3 | 150,6 | 171,1 | 185,0 | 192,1 | 203,4 | 217,1 | 225,2 | 237,3 | 250,8 |
|             | 102,8 | 135,1 | 151,5 | 172,9 | 185,6 | 193,1 | 209,0 | 217,4 | 227,3 | 241,4 | 255,1 |
|             | 107,9 | 145,4 | 152,3 | 175,4 | 190,3 | 193,9 | 210,1 | 217,6 | 229,6 | 242,2 | 273,1 |
|             | 121,2 | 148,6 | 152,9 | 176,7 | 191,2 | 197,6 | 214,7 | 218,0 | 230,1 | 245,5 | 317,5 |
|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Вариант №10 | 68,0  | 136,0 | 160,5 | 187,3 | 205,8 | 215,0 | 224,8 | 241,3 | 250,6 | 261,5 | 276,1 |
|             | 90,0  | 140,3 | 161,0 | 187,7 | 206,6 | 215,4 | 226,5 | 242,0 | 252,0 | 266,0 | 277,0 |
|             | 99,2  | 141,6 | 161,1 | 192,2 | 207,8 | 215,8 | 228,5 | 243,9 | 253,0 | 266,6 | 281,8 |
|             | 110,0 | 144,6 | 162,1 | 211,6 | 227,1 | 236,3 | 255,7 | 266,0 | 278,1 | 295,3 | 312,1 |
|             | 115,4 | 155,5 | 162,9 | 214,7 | 232,8 | 237,3 | 257,1 | 266,3 | 280,9 | 296,3 | 334,1 |
|             | 129,7 | 159,0 | 163,6 | 216,2 | 233,9 | 241,8 | 262,6 | 266,7 | 281,5 | 300,4 | 388,4 |
|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Вариант №11 | 61,0  | 122,0 | 144,0 | 151,1 | 181,3 | 189,4 | 198,1 | 212,6 | 220,8 | 230,4 | 243,2 |
|             | 79,1  | 123,3 | 141,5 | 148,3 | 178,3 | 189,7 | 199,6 | 213,2 | 222,0 | 234,4 | 244,0 |
|             | 87,2  | 124,4 | 141,6 | 151,9 | 179,4 | 190,1 | 201,3 | 214,9 | 222,9 | 234,9 | 248,3 |
|             | 96,7  | 127,1 | 142,5 | 167,2 | 196,0 | 208,2 | 225,3 | 234,4 | 245,0 | 260,2 | 275,0 |
|             | 101,4 | 136,7 | 143,2 | 169,6 | 200,9 | 209,1 | 226,5 | 234,6 | 247,5 | 261,1 | 294,4 |
|             | 114,0 | 139,8 | 143,7 | 170,8 | 201,9 | 213,0 | 231,4 | 235,0 | 248,0 | 264,7 | 342,2 |
|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Вариант №12 | 70,7  | 141,2 | 166,7 | 174,9 | 192,2 | 200,8 | 210,0 | 225,3 | 234,1 | 244,2 | 257,8 |
|             | 91,6  | 142,7 | 157,0 | 164,6 | 181,1 | 192,8 | 202,8 | 216,6 | 235,3 | 248,5 | 258,7 |
|             | 101,0 | 144,1 | 157,1 | 170,1 | 183,9 | 195,0 | 206,4 | 220,4 | 238,5 | 251,3 | 263,2 |
|             | 111,9 | 147,1 | 158,1 | 187,2 | 201,0 | 213,5 | 231,0 | 240,3 | 262,1 | 278,4 | 291,5 |
|             | 117,5 | 158,3 | 158,9 | 190,0 | 206,0 | 214,4 | 232,2 | 240,5 | 264,8 | 279,4 | 312,0 |
|             | 132,0 | 161,8 | 159,5 | 191,3 | 207,0 | 218,4 | 237,3 | 241,0 | 265,4 | 283,2 | 362,8 |
|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №13 | 80,9  | 161,6 | 190,8 | 200,2 | 219,9 | 229,8 | 252,0 | 270,4 | 280,9 | 293,0 | 309,4 |
|             | 104,8 | 163,3 | 187,5 | 196,5 | 216,3 | 230,2 | 253,9 | 271,2 | 282,4 | 298,1 | 310,4 |
|             | 115,5 | 164,9 | 187,6 | 191,3 | 206,8 | 219,2 | 243,4 | 259,8 | 269,5 | 301,6 | 315,8 |
|             | 128,1 | 168,3 | 188,8 | 210,5 | 226,0 | 240,0 | 272,4 | 283,4 | 296,2 | 334,1 | 349,8 |
|             | 134,4 | 181,1 | 189,7 | 213,6 | 231,7 | 241,0 | 273,8 | 283,6 | 299,3 | 335,2 | 374,4 |
|             | 151,0 | 185,2 | 190,5 | 215,1 | 232,8 | 245,6 | 279,8 | 284,2 | 299,9 | 339,9 | 435,3 |
| Вариант №14 | 77,2  | 154,3 | 182,1 | 191,1 | 209,9 | 231,3 | 241,9 | 259,6 | 269,6 | 281,3 | 297,0 |
|             | 100,0 | 155,9 | 178,9 | 187,6 | 206,4 | 231,7 | 243,7 | 260,3 | 271,1 | 286,2 | 298,0 |
|             | 110,3 | 157,4 | 179,1 | 182,6 | 197,4 | 220,7 | 233,7 | 249,4 | 258,8 | 289,5 | 303,2 |
|             | 126,5 | 166,2 | 186,4 | 207,9 | 223,1 | 241,6 | 261,5 | 272,0 | 284,4 | 320,7 | 335,8 |
|             | 132,7 | 178,8 | 187,3 | 210,9 | 228,7 | 242,7 | 262,9 | 272,3 | 287,3 | 321,8 | 359,5 |
|             | 149,1 | 182,9 | 188,0 | 212,4 | 229,8 | 247,2 | 268,6 | 272,8 | 287,9 | 326,3 | 417,9 |
| Вариант №15 | 74,1  | 148,1 | 174,8 | 183,4 | 201,5 | 210,5 | 220,1 | 236,2 | 245,4 | 256,0 | 270,3 |
|             | 96,0  | 149,6 | 171,7 | 180,1 | 198,1 | 210,8 | 221,8 | 236,9 | 246,7 | 260,5 | 271,2 |
|             | 105,8 | 151,0 | 171,8 | 175,2 | 189,5 | 200,8 | 212,6 | 227,0 | 235,5 | 263,5 | 275,9 |
|             | 121,4 | 159,5 | 188,7 | 210,5 | 225,9 | 232,0 | 251,0 | 261,1 | 273,0 | 307,9 | 322,4 |
|             | 127,4 | 171,6 | 189,7 | 213,5 | 231,6 | 233,0 | 252,4 | 261,4 | 275,8 | 308,9 | 345,1 |
|             | 143,1 | 175,5 | 190,4 | 215,0 | 232,7 | 237,4 | 257,9 | 261,9 | 276,4 | 313,2 | 401,2 |
| Вариант №16 | 72,5  | 149,5 | 176,5 | 185,2 | 203,5 | 212,6 | 222,3 | 231,0 | 240,0 | 250,4 | 248,7 |
|             | 93,9  | 151,1 | 173,4 | 181,8 | 200,1 | 212,9 | 224,0 | 231,7 | 241,3 | 254,7 | 249,5 |
|             | 103,5 | 152,6 | 173,6 | 177,0 | 191,3 | 202,8 | 214,8 | 222,0 | 230,3 | 257,7 | 253,8 |
|             | 118,7 | 161,1 | 190,6 | 212,5 | 228,2 | 234,3 | 253,5 | 255,4 | 267,0 | 301,2 | 296,6 |
|             | 124,6 | 173,3 | 191,6 | 215,7 | 233,9 | 235,3 | 254,9 | 255,7 | 269,7 | 302,2 | 317,5 |
|             | 140,0 | 177,2 | 192,3 | 217,2 | 235,0 | 239,7 | 260,4 | 256,1 | 270,3 | 306,3 | 369,1 |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №17 | 69,3  | 138,5 | 163,5 | 105,5 | 115,9 | 112,8 | 118,0 | 126,6 | 131,5 | 137,2 | 249,7 |
|             | 91,7  | 142,9 | 164,0 | 182,2 | 200,4 | 194,7 | 204,9 | 218,8 | 227,9 | 240,6 | 250,5 |
|             | 101,1 | 144,2 | 164,1 | 186,5 | 201,6 | 195,2 | 206,6 | 220,5 | 228,8 | 241,1 | 254,8 |
|             | 112,1 | 147,3 | 165,2 | 188,5 | 202,3 | 196,2 | 212,3 | 220,9 | 230,9 | 245,2 | 259,1 |
|             | 117,6 | 158,5 | 166,0 | 191,2 | 207,4 | 197,0 | 213,4 | 221,1 | 233,2 | 246,0 | 277,4 |
|             | 132,1 | 162,0 | 166,6 | 192,6 | 208,4 | 200,7 | 218,1 | 221,5 | 233,8 | 249,4 | 322,5 |
| Вариант №18 | 69,1  | 138,1 | 163,0 | 190,3 | 209,0 | 218,4 | 260,6 | 279,6 | 290,5 | 303,0 | 320,0 |
|             | 91,4  | 142,5 | 163,5 | 190,7 | 209,9 | 218,8 | 262,6 | 280,4 | 292,1 | 308,3 | 321,0 |
|             | 100,8 | 143,8 | 163,7 | 195,3 | 211,1 | 219,3 | 264,8 | 282,7 | 293,2 | 309,0 | 326,6 |
|             | 111,7 | 146,9 | 164,7 | 214,9 | 230,7 | 240,1 | 296,3 | 308,3 | 322,3 | 342,3 | 361,7 |
|             | 117,3 | 158,0 | 165,5 | 218,1 | 236,5 | 241,1 | 297,9 | 308,6 | 325,6 | 343,4 | 387,2 |
|             | 131,8 | 161,6 | 166,2 | 219,6 | 237,7 | 245,6 | 266,8 | 271,0 | 286,0 | 305,2 | 394,6 |
| Вариант №19 | 62,0  | 123,9 | 146,3 | 153,5 | 184,2 | 192,5 | 201,2 | 215,9 | 224,3 | 234,0 | 247,1 |
|             | 80,3  | 125,2 | 139,9 | 146,7 | 176,3 | 187,6 | 202,8 | 216,6 | 225,6 | 238,1 | 247,9 |
|             | 88,6  | 126,4 | 140,0 | 150,2 | 177,4 | 188,0 | 204,5 | 218,3 | 226,5 | 238,6 | 252,2 |
|             | 98,2  | 129,1 | 140,9 | 165,3 | 193,8 | 205,9 | 228,9 | 238,1 | 248,9 | 264,3 | 279,4 |
|             | 103,1 | 138,9 | 141,6 | 167,7 | 198,7 | 206,7 | 230,1 | 238,3 | 251,4 | 265,2 | 299,1 |
|             | 115,8 | 142,0 | 146,0 | 173,5 | 205,1 | 216,4 | 235,1 | 238,8 | 252,0 | 268,9 | 347,7 |
| Вариант №20 | 71,8  | 143,5 | 169,4 | 177,7 | 195,2 | 204,0 | 213,3 | 228,9 | 237,8 | 248,1 | 261,9 |
|             | 93,0  | 145,0 | 159,5 | 167,2 | 184,0 | 195,8 | 206,0 | 220,0 | 239,1 | 252,4 | 262,8 |
|             | 102,6 | 143,5 | 156,5 | 169,4 | 183,2 | 194,2 | 205,6 | 219,5 | 237,6 | 250,3 | 267,3 |
|             | 113,7 | 146,5 | 157,5 | 186,5 | 200,2 | 212,6 | 230,1 | 239,4 | 261,1 | 277,3 | 296,1 |
|             | 119,3 | 157,7 | 158,3 | 189,2 | 205,2 | 213,5 | 231,3 | 239,6 | 263,8 | 278,2 | 317,0 |
|             | 134,1 | 161,2 | 158,9 | 190,5 | 206,2 | 217,6 | 236,3 | 240,0 | 264,4 | 282,1 | 368,5 |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №21 | 82,2  | 164,2 | 193,8 | 222,2 | 223,4 | 233,4 | 256,0 | 274,7 | 285,3 | 297,7 | 314,3 |
|             | 106,4 | 165,9 | 190,4 | 218,2 | 248,7 | 233,8 | 257,9 | 275,5 | 286,9 | 302,9 | 315,4 |
|             | 117,4 | 167,5 | 190,6 | 212,3 | 237,8 | 222,7 | 247,3 | 263,9 | 273,8 | 306,4 | 320,8 |
|             | 130,1 | 171,0 | 191,8 | 233,7 | 259,9 | 243,9 | 276,7 | 287,9 | 300,9 | 339,4 | 355,3 |
|             | 136,6 | 184,0 | 210,6 | 237,1 | 266,4 | 267,6 | 304,0 | 314,8 | 332,2 | 372,1 | 415,6 |
|             | 153,4 | 188,1 | 193,5 | 218,5 | 267,7 | 249,5 | 284,2 | 288,7 | 304,7 | 345,3 | 442,2 |
| Вариант №22 | 78,4  | 156,7 | 174,8 | 183,4 | 201,5 | 222,1 | 232,2 | 249,2 | 258,9 | 270,1 | 285,1 |
|             | 101,6 | 158,4 | 171,8 | 180,1 | 198,2 | 222,4 | 234,0 | 249,9 | 260,3 | 274,8 | 286,1 |
|             | 112,0 | 159,9 | 171,9 | 175,3 | 189,5 | 211,9 | 224,3 | 239,4 | 248,4 | 278,0 | 291,0 |
|             | 128,5 | 168,9 | 178,9 | 199,5 | 214,2 | 232,0 | 251,0 | 261,1 | 273,0 | 307,9 | 322,4 |
|             | 134,8 | 181,7 | 179,8 | 202,5 | 219,6 | 233,0 | 252,4 | 261,4 | 275,8 | 308,9 | 345,1 |
|             | 151,5 | 185,8 | 180,5 | 203,9 | 220,7 | 237,4 | 257,9 | 261,9 | 276,4 | 313,2 | 401,2 |
| Вариант №23 | 72,6  | 145,1 | 171,3 | 179,7 | 197,4 | 206,3 | 223,6 | 240,0 | 249,3 | 260,1 | 274,6 |
|             | 94,1  | 146,6 | 168,3 | 176,5 | 194,2 | 206,6 | 225,3 | 240,6 | 250,6 | 264,6 | 275,5 |
|             | 103,7 | 148,0 | 168,4 | 171,7 | 185,7 | 196,8 | 216,0 | 230,6 | 239,2 | 267,7 | 280,3 |
|             | 118,9 | 156,3 | 184,9 | 206,2 | 221,4 | 227,3 | 255,0 | 265,3 | 277,3 | 312,8 | 327,5 |
|             | 124,8 | 168,2 | 185,9 | 209,3 | 227,0 | 228,3 | 256,4 | 265,5 | 280,2 | 313,9 | 350,6 |
|             | 140,2 | 172,0 | 186,6 | 210,7 | 228,1 | 232,6 | 262,0 | 266,0 | 280,8 | 318,2 | 407,6 |
| Вариант №24 | 73,0  | 150,6 | 177,7 | 186,5 | 204,9 | 214,1 | 225,8 | 234,7 | 243,8 | 254,4 | 252,6 |
|             | 94,5  | 152,2 | 174,7 | 183,1 | 201,5 | 214,4 | 227,6 | 235,4 | 245,1 | 258,8 | 253,5 |
|             | 104,2 | 153,6 | 174,8 | 178,2 | 192,7 | 204,3 | 218,2 | 225,5 | 234,0 | 261,8 | 257,8 |
|             | 119,5 | 162,2 | 191,9 | 214,0 | 229,8 | 235,9 | 257,5 | 259,5 | 271,2 | 305,9 | 301,3 |
|             | 125,4 | 174,6 | 192,9 | 217,2 | 235,5 | 236,9 | 258,9 | 259,7 | 274,0 | 307,0 | 322,5 |
|             | 140,9 | 178,5 | 193,6 | 218,7 | 236,7 | 241,4 | 264,6 | 260,2 | 274,6 | 311,2 | 375,0 |



|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №25 | 75,3  | 155,5 | 183,5 | 192,6 | 211,6 | 221,1 | 233,2 | 242,3 | 251,7 | 262,6 | 260,8 |
|             | 97,6  | 157,1 | 180,3 | 189,1 | 267,1 | 284,3 | 301,7 | 312,0 | 325,0 | 267,2 | 261,7 |
|             | 107,6 | 158,6 | 180,5 | 184,0 | 255,4 | 270,8 | 289,2 | 299,0 | 310,2 | 270,3 | 266,2 |
|             | 123,4 | 167,5 | 198,2 | 221,0 | 304,6 | 312,8 | 341,4 | 344,0 | 359,6 | 315,9 | 311,1 |
|             | 129,5 | 180,2 | 199,2 | 224,3 | 312,3 | 314,1 | 343,3 | 344,3 | 363,3 | 317,0 | 333,0 |
|             | 145,5 | 184,3 | 199,9 | 225,8 | 313,8 | 320,0 | 350,7 | 345,0 | 364,1 | 321,4 | 387,2 |
| Вариант №26 | 52,1  | 104,1 | 122,8 | 128,9 | 141,6 | 148,0 | 154,7 | 166,0 | 172,5 | 179,9 | 190,0 |
|             | 68,9  | 107,4 | 123,2 | 129,2 | 142,2 | 148,2 | 155,9 | 166,5 | 173,4 | 183,1 | 190,6 |
|             | 75,9  | 108,4 | 123,3 | 132,3 | 143,0 | 148,5 | 157,2 | 167,8 | 174,1 | 183,5 | 193,9 |
|             | 84,2  | 110,7 | 124,1 | 133,7 | 143,5 | 149,3 | 161,6 | 168,1 | 175,7 | 186,6 | 197,2 |
|             | 88,4  | 119,1 | 124,7 | 135,6 | 147,1 | 149,9 | 162,4 | 168,2 | 177,5 | 187,2 | 211,1 |
|             | 99,3  | 121,7 | 125,2 | 136,6 | 147,8 | 152,8 | 166,0 | 168,5 | 177,9 | 189,8 | 245,4 |
| Вариант №27 | 52,6  | 105,1 | 124,1 | 130,2 | 143,0 | 149,5 | 156,3 | 167,7 | 174,2 | 181,7 | 191,9 |
|             | 69,6  | 108,4 | 124,5 | 130,5 | 143,6 | 149,7 | 157,5 | 168,2 | 175,2 | 184,9 | 192,5 |
|             | 76,7  | 109,5 | 124,5 | 133,6 | 144,5 | 150,0 | 158,8 | 169,5 | 175,9 | 185,3 | 195,9 |
|             | 85,0  | 111,8 | 125,3 | 147,0 | 157,8 | 164,2 | 177,7 | 184,9 | 193,3 | 205,3 | 216,9 |
|             | 89,2  | 120,3 | 126,0 | 149,2 | 161,8 | 164,9 | 178,7 | 185,1 | 195,3 | 206,0 | 232,2 |
|             | 100,3 | 123,0 | 126,4 | 150,2 | 162,6 | 168,0 | 182,6 | 185,4 | 195,7 | 208,8 | 270,0 |
| Вариант №28 | 51,5  | 103,0 | 121,6 | 127,6 | 140,2 | 146,5 | 153,1 | 164,3 | 170,7 | 178,1 | 188,1 |
|             | 66,8  | 104,1 | 119,5 | 125,3 | 137,8 | 146,7 | 154,3 | 164,8 | 171,7 | 181,2 | 188,7 |
|             | 73,6  | 105,1 | 119,6 | 128,2 | 138,7 | 147,0 | 155,6 | 166,1 | 172,3 | 181,6 | 191,9 |
|             | 81,6  | 107,3 | 120,3 | 141,2 | 151,5 | 161,0 | 174,2 | 181,2 | 189,4 | 201,2 | 212,6 |
|             | 85,7  | 115,4 | 120,9 | 143,2 | 155,3 | 161,6 | 175,1 | 181,4 | 191,3 | 201,8 | 227,6 |
|             | 96,3  | 118,0 | 121,4 | 144,2 | 156,1 | 164,7 | 178,9 | 181,7 | 191,8 | 204,6 | 264,6 |

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант №29 | 54,6  | 109,2 | 128,9 | 135,2 | 148,6 | 155,3 | 162,3 | 174,2 | 181,0 | 188,8 | 199,3 |
|             | 70,8  | 110,3 | 126,7 | 132,8 | 146,1 | 155,5 | 163,6 | 174,7 | 181,9 | 192,1 | 200,0 |
|             | 78,1  | 111,4 | 126,7 | 137,2 | 148,4 | 157,3 | 166,5 | 177,8 | 184,4 | 194,3 | 203,5 |
|             | 86,5  | 113,7 | 127,5 | 151,0 | 162,1 | 172,2 | 186,4 | 193,9 | 202,7 | 215,3 | 225,4 |
|             | 90,8  | 122,4 | 128,2 | 153,3 | 166,2 | 172,9 | 187,3 | 194,1 | 204,7 | 216,0 | 241,2 |
|             | 102,0 | 125,1 | 128,7 | 154,3 | 167,0 | 176,2 | 191,4 | 194,4 | 205,2 | 219,0 | 280,5 |
| Вариант №30 | 65,6  | 131,0 | 154,7 | 162,3 | 178,3 | 186,3 | 194,8 | 209,0 | 217,2 | 226,5 | 239,2 |
|             | 85,0  | 132,4 | 152,0 | 159,3 | 175,3 | 186,6 | 196,3 | 209,6 | 218,3 | 230,5 | 240,0 |
|             | 93,7  | 133,7 | 152,1 | 155,1 | 167,7 | 177,7 | 188,2 | 200,9 | 208,4 | 233,2 | 244,1 |
|             | 103,8 | 136,5 | 153,1 | 170,7 | 183,2 | 194,6 | 210,6 | 219,1 | 229,0 | 258,3 | 270,4 |
|             | 109,0 | 146,9 | 153,8 | 173,2 | 187,8 | 195,4 | 211,7 | 219,3 | 231,4 | 259,2 | 289,5 |
|             | 122,4 | 150,1 | 154,4 | 174,4 | 188,7 | 199,1 | 216,3 | 219,7 | 231,9 | 262,8 | 336,6 |

## Перечень использованных источников

1. ЕСКД. ГОСТ 2.001- 93...ГОСТ2.125-88.Основные положения.- М.: Изд-во Стандртинформ,2007, 345 с.
2. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов: Учебник для студ. высш. учебн. заведений/В.А.Набоких.- М.: Издательский центр «Академия», 2004, - 240 с.
- 3.Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта. Введение в специальность: учебное пособие. – М.ИД «ФОРУМ»:ИНФРА-М, 2009.-192 с.:ил.- (Профессиональное образование).
- 4.Ремонт автомобилей: Учебник для автотрансп. техникумов/Румянцев С.И., Боднев А.Г., Бойко Н.Г. и др.; - 2- е изд.- М.: Транспорт,1988. – 327 с.
- 5.Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов/ Е.С.Кузнецов и др.;-М.:Транспорт, 1991. – 413 с.