

Приложение 1
Таблица 1.1п

Данные о пробеге автомобилей КраЗ-6510 до предельного состояния, использованные при оценивании величин корректирующих коэффициентов

| № пп | № шасси | № гос. Рег. | Пробег до 1 к.р., тыс.км | Пробег после 1 к.р., тыс.км | Пробег после 2 к.р., тыс.км |
|---------|------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0755050 | 24-71 КЭЦ | 171 | 133 | 103 |
| 2 | 0685204 | 70-49 КЭЯ | 153 | 145 | 121 |
| 3 | 0683742 | 70-47 КЭЯ | 184 | 155 | 121 |
| 4 | 0685177 | 70-48 КЭЯ | 172 | 143 | 116 |
| 5 | 0693486 | 73-35 КЭЯ | 167 | 148 | 101 |
| 6 | 0693841 | 73-33 КЭЯ | 164 | 135 | 109 |
| 7 | 0694515 | 73-37 КЭЯ | 175 | 144 | 106 |
| 8 | 0694783 | 73-36 КЭЯ | 168 | 132 | 96 |
| 9 | 0755082 | 91-75 КЭШ | 206 | 145 | - |
| 10 | 0741287 | 22-88 КЭЦ | 192 | 141 | - |
| 11 | 0741181 | 22-83 КЭЦ | 101 | 134 | - |
| 12 | 0739748 | 22-87 КЭЦ | 144 | 148 | 129 |
| 13 | 0741411 | 22-84 КЭЦ | 165 | 153 | - |
| 14 | 0739738 | 22-85 КЭЦ | 138 | 165 | 102 |
| 15 | 0741302 | 22-86 КЭЦ | 126 | 124 | 135 |
| 16 | 0739855 | 22-90 КЭЦ | 188 | 186 | 112 |
| 17 | 0739982 | 22-89 КЭЦ | 193 | 173 | 120 |
| 18 | 0751289 | 22-92 КЭЦ | 185 | 120 | 118 |
| 19 | 0755006 | 91-74 КЭШ | 166 | 124 | 92 |
| 20 | 0750811 | 22-93 КЭЦ | 175 | 125 | 98 |
| 21 | 0769380 | 16-39 КЭЮ | 159 | 134 | 132 |
| 22 | 0769494 | 16-37 КЭЮ | 163 | 145 | - |
| 23 | 0769175 | 16-36 КЭЮ | 148 | 160 | - |
| 24 | 0769252 | 16-38 КЭЮ | 165 | 128 | - |
| 25 | 0686004 | 22-93 КЭЦ | 181 | 108 | - |
| 26 | 0686006 | 19-39 КЭЮ | 174 | 152 | - |
| 27 | 0686304 | 19-37 КЭЮ | 185 | 126 | - |
| 28 | 0686307 | 19-36 КЭЮ | 166 | 119 | 114 |
| 29 | 0686305 | 19-38 КЭЮ | 173 | 128 | 126 |
| 30 | 0686308 | 19-41 КЭЮ | 154 | 135 | 115 |
| 31 | 0686309 | 19-42 КЭЮ | 181 | 142 | 134 |
| 32 | 0686310 | 90-64 КЭС | 179 | 118 | 128 |
| 33 | 0686313 | 90-65 КЭС | 176 | 119 | 101 |

| | | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 34 | 0686311 | 90-68 КЭС | 185 | 157 | 105 |
| 35 | 0686312 | 90-66 КЭС | 188 | 117 | 94 |
| 36 | 0686011 | 90-69 КЭС | 165 | 125 | 97 |
| 37 | 0686013 | 90-72 КЭС | 146 | 149 | 116 |
| 38 | 0686020 | 91-73 КЭС | 154 | 153 | 118 |
| 39 | 0686012 | 91-68 КЭС | 158 | 164 | 122 |
| 40 | 0686014 | 91-67 КЭС | 156 | 166 | 100 |
| 41 | 0686017 | 91-69 КЭС | 174 | 114 | - |
| 42 | 0686015 | 91-70 КЭС | 181 | 129 | - |
| 43 | 0686016 | 91-71 КЭС | 179 | 140 | - |
| 44 | 0686201 | 91-72 КЭС | 186 | 118 | - |
| 45 | 0686205 | 27-17 КЭЮ | 179 | 142 | - |
| 46 | 0686206 | 27-18 КЭЮ | 188 | 165 | - |
| 47 | 0686207 | 27-25 КЭЮ | 169 | 155 | 107 |
| 48 | 0686208 | 27-19 КЭЮ | 154 | 112 | 111 |
| 49 | 0686209 | 90-72 КЭШ | 170 | 135 | 118 |
| 50 | 0686210 | 27-21 КЭЮ | 179 | 148 | 125 |
| 51 | 0753248 | 27-20 КЭЮ | 171 | 139 | 142 |
| 52 | 0753242 | 27-22 КЭЮ | 165 | 157 | 147 |
| 53 | 0753241 | 27-23 КЭЮ | 154 | 170 | 101 |
| 54 | 0753244 | 27-24 КЭЮ | 158 | 165 | 147 |
| 55 | 0753245 | 27-35 КЭЮ | 157 | 164 | 126 |
| 56 | 0753246 | 27-29 КЭЮ | 151 | 153 | 96 |
| 57 | 0753247 | 27-37 КЭЮ | 129 | 149 | 119 |
| 58 | 0753249 | 27-36 КЭЮ | 132 | 157 | 127 |
| 59 | 0748321 | 27-38 КЭЮ | 139 | 136 | 102 |
| 60 | 0748324 | 27-39 КЭЮ | 191 | 148 | 105 |
| 61 | 0748325 | 27-48 КЭЮ | 182 | 127 | 112 |
| 62 | 0748326 | 27-50 КЭЮ | 156 | 130 | 106 |
| 63 | 0748327 | 27-49 КЭЮ | 173 | 128 | 103 |
| 64 | 0748329 | 27-51 КЭЮ | 168 | 137 | 98 |
| Числовые характеристики | | | $m^*(L) = 166;$ $D^*(L) = 342$ | $m^*(L) = 141;$ $D^*(L) = 274$ | $m^*(L) = 114;$ $D^*(L) = 199$ |

Таблица 2.1п

Расчет величины коэффициента K_4 , корректирующего пробег до предельного состояния автомобиля КраЗ - 6510

| № пп | Пробег до 1 к.р., тыс.км | Пробег после 1 к.р., тыс.км | Пробег после 2 к.р., тыс.км | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-----|-------|
| 1 | 171 | 145 | 129 | +18 | -8 | -24 |
| 2 | 153 | 157 | 147 | 0 | +4 | -6 |
| 3 | 184 | 165 | 147 | +31 | +12 | -6 |
| 4 | 172 | 155 | 142 | +19 | +2 | -11 |
| 5 | 167 | 160 | 127 | +14 | +7 | -26 |
| 6 | 164 | 135 | 135 | +11 | -18 | -18 |
| 7 | 175 | 157 | 132 | +22 | +4 | -21 |
| 8 | 168 | 144 | 122 | +15 | +9 | -31 |
| $m^*_1(L) = 169$ тыс.км | | $m^*_2(L) = 154$ тыс.км | $m^*_3(L) = 135$ тыс.км | +130 | +10 | -143 |
| Квадраты сумм | | | | 16900 | 100 | 20449 |
| Суммы квадратов | | | | 2672 | 698 | 3171 |

В последних трех столбцах табл. 2 даны значения пробега, уменьшенные на 153 тыс.км.

Оценки групповых дисперсий: $S^2_1 = 80$ (тыс.км)²; $S^2_2 = 103$ (тыс.км)²; $S^2_3 = 88$ (тыс.км)².

Поскольку значение G - статистики меньше критической величины при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f_1 = 2$; $f_2 = 7$:

$$G = 103 / (80 + 103 + 88) = 0,380 < G_{кр} = 0,653(0,05; 2 ; 7),$$

то при среднем значении групповой дисперсии

$$S^2 = (80 + 103 + 88) / 3 = 90 \text{ (тыс.км)}^2,$$

доверительной вероятности $P_0 = 0,9$, величине $t_b = 1,67$; величине ошибки $\epsilon = \pm 7$ тыс.км необходимое число опытов

$$n = t_b^2 S^2 / \epsilon^2; \quad n = 1,67^2 \cdot 90 / 7^2 = 6.$$

Суммарные квадраты:

$$Q = 6541 - (9/24) = 6540,6; \quad Q_1 = (37449 / 8) - (9/24) = 4681,1; \quad Q_2 = 6540,6 - 4681,1 = 1859,5 .$$

Оценка дисперсии, характеризующая вклад возрастной структуры парка (фактора) в изменчивость пробега (признака)

$$S^{2*}_1(L) = 4681,1 / 2 = 2340,6 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Оценка дисперсии, характеризующая ошибку эксперимента и действие неучтенных факторов на величину пробега до предельного состояния

$$s^{2*}_{ош}(L) = 1859,5 / 21 = 88,5 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Значение F – статистики:

$$F = 2340,6 / 88,5 = 26,4 > F_{кр}(0,05; 2; 21) = 3,47.$$

Следовательно, гипотеза о том, что возрастная структура парка существенно влияет на величину пробега автомобиля КрАЗ-6510 до предельного состояния не отвергается.

Значения корректирующих коэффициентов при условии, что для новых автомобилей $K_4 = 1$ равны: для автомобилей, прошедших один капитальный ремонт $K_4 = m^*_2(L) / m^*_1(L) = 154 / 169 = 0,9$; для автомобилей, прошедших два капитальных ремонта $K_4 = m^*_3(L) / m^*_1(L) = 135 / 169 = 0,8$.

Таблица 3.1п

Расчет коэффициента K_5 , учитывающего влияние качества проведения технических обслуживаний на пробег до предельного состояния автомобиля КрАЗ-6510

| № пп | L_1 , тыс.км | L_2 , тыс.км | L_3 , тыс.км | ΔL_1 , тыс.км | ΔL_2 , тыс.км | ΔL_3 , тыс.км |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 185 | 154 | 158 | +29 | -2 | +2 |
| 2 | 165 | 132 | 154 | +9 | -24 | -2 |
| 3 | 188 | 144 | 132 | +32 | -12 | -24 |
| 4 | 179 | 142 | 129 | +23 | -14 | -27 |
| 5 | 169 | 149 | 165 | +13 | -7 | +9 |
| 6 | 154 | 135 | 126 | -2 | -21 | -30 |
| 7 | 170 | 139 | 152 | +14 | -17 | -4 |
| 8 | 174 | 191 | 118 | +18 | +35 | -38 |
| 9 | 206 | 175 | 97 | +50 | +19 | -59 |
| 10 | 157 | 188 | 148 | +1 | +32 | -8 |
| $m^*_1(L) = 175$ тыс.км | $m^*_2(L) =$ 155 тыс.км | $m^*_3(L) =$ 138 тыс.км | 187 | +11 | -181 | |
| Квадраты сумм | | | | 34969 | 121 | 32761 |
| Суммы квадратов | | | | 5669 | 4309 | 7139 |

В табл.3 L_1 - пробег до предельного состояния автомобилей, ТО которых проводится в специализированных зонах по результатам диагностирования, L_2 -то же, при проведении ТО на производственных участках, оснащенных механизированным оборудованием, L_3 – то же при нерегулярном проведении ТО в полевых условиях.

Таблица 4.1п

Оборудование участка диагностирования первой колонны АТО «ЦАТК»

| № | Наименование оборудования | Модель |
|----|--|----------|
| пп | | |
| 1 | Тяговый стенд | КИ- 8935 |
| 2 | Анализатор для проверки топливной аппаратуры | К 261 |
| 3 | Прибор для проверки разности мощности по цилиндрам | Э-216 |
| 4 | Компрессометр | КИ-861 |
| 5 | Стенд для проверки переднего моста | КИ-4872 |
| 6 | Люфтомер | КИ-4813 |
| 7 | Устройство для проверки топливного насоса | КИ-4802 |
| 8 | Устройство для измерения зазоров в КШМ | КИ-11140 |
| 9 | Максиметр | КИ-1336 |
| 10 | Измеритель мощности двигателей | ИМД-2М |
| 11 | Комплект приборов | КИ-13901 |
| 12 | Тормозной стенд | КИ-4998 |
| 13 | Прибор для проверки и регулировки фар | Э-6 |
| 14 | Устройство для проверки КИП | Э-204 |

Таблица 5.1п

Диагностические средства второй колонны АТО «ЦАТК»

| № | Наименование | Модель |
|----|--|----------|
| пп | | |
| 1 | Стетоскоп | КИ-1154 |
| 2 | Компрессометр | КИ-816 |
| 3 | Линейка универсальная | КИ-650 |
| 4 | Прибор для испытания форсунок | КИ-562 |
| 5 | Тахометр | ТЧ-10Р |
| 6 | Манометр шинный | МД-214 |
| 7 | Прибор для проверки рулевого механизма | К-402 |
| 8 | Устройство для определения технического состояния гидросистемы | КИ-5478 |
| 9 | Щупы (комплект № 4) | |
| 10 | Приспособление для проверки уровня электролита | ПИМ-4623 |

Оценки групповых дисперсий по данным табл. 3:

$$S^2_1(L) = 239 \text{ (тыс.км)}^2; S^2_2(L) = 477 \text{ (тыс.км)}^2; S^2_3(L) = 447 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Гипотеза об однородности групповых оценок дисперсий проверяется с по-мощью критерия Кохрана

$G = 477 / (239 + 477 + 447) = 0,41 < G_{кр} (0,05; 2 ; 9) = 0,617$, т.е. гипотеза об од-нородности не отвергается.

Суммарные квадраты:

$$Q = 17117 - (25 / 30) = 17116,2; Q_I = (67851/ 10) - (25 / 30) = 6784,3;$$

$$Q_2 = 17117,2 - 6784,3 = 10331,9.$$

Оценка дисперсии, характеризующая вклад качества проведения ТО на пробег до предельного состояния автомобиля КрАЗ -6510:

$$\tilde{S}_1^2 (L) = 6784,3 / 2 = 3392,2 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Оценка дисперсии, характеризующая ошибку эксперимента и действие неучтенных факторов

$$\tilde{S}_2^2 (L) = 10331,9 / 27 = 382,7 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Гипотеза о существенности влияния качества проведения ТО на пробег до предельного состояния проверяется посредством вычисления F - статистики и сравнением ее с критической величиной

$$F = 3392,2 / 382,7 = 8,86 > F (0,05; 2; 27) = 3,35, \text{ т.е. фактор значим.}$$

Значения коэффициентов при условии, что в случае проведения ТО в спе-циализированных зонах, оснащенных диагностическим оборудованием, $K_5 = 1$:

если ТО проводится на механизированных производственных участках, то $K_5 =$

$= m^*_2(L) / m^*_1(L); K_5 = 155 / 175 = 0,9$; если ТО проводится нерегулярно в полевых условиях, то $K_5 = m^*_3(L) / m^*_1(L); K_5 = 138 / 175 = 0,8$.

Таблица 6.1п

Расчет величин коэффициента K_6 , корректирующего пробег до предельного состояния в зависимости от уровня надежности водителей

| № ПП | L_4 , тыс.км | L_5 , тыс.км | L_6 , тыс.км | ΔL_4 , тыс.км | ΔL_5 , тыс.км | ΔL_6 , тыс.км |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 163 | 114 | 92 | +33 | -16 | -38 |
| 2 | 167 | 108 | 118 | +37 | -22 | -12 |
| 3 | 139 | 139 | 111 | +9 | +9 | -19 |
| 4 | 146 | 156 | 125 | +16 | +26 | -5 |
| 5 | 164 | 130 | 96 | +34 | 0 | -34 |
| 6 | 153 | 142 | 107 | +23 | +12 | -23 |
| 7 | 158 | 127 | 191 | +28 | -3 | -29 |
| 8 | 151 | 141 | 119 | +21 | +11 | -11 |
| 9 | 156 | 118 | 103 | +26 | -12 | -27 |
| 10 | 132 | 124 | 94 | +2 | -6 | -36 |

| | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|------|-------|
| $m^*_4(L) = 153$ тыс.км | $m^*_5(L) =$ 130 тыс.км | $m^*_6(L) =$ 107 тыс.км | +229 | -1 | -234 |
| Квадраты сумм | | | 52441 | 1 | 54756 |
| Суммы квадратов | | | 6385 | 2051 | 6286 |

В табл.4 L_4 – пробег автомобиля КрАЗ-6510 до предельного состояния при вероятности безотказной работы водителей $P(t) > 0,85$; L_5 – то же, при $P(t) = 0,78 \dots 0,85$; L_6 – то же, при $P(t) < 0,78$.

Оценки групповых дисперсий:

$$S^2_4(L) = 127 \text{ (тыс.км)}^2; \quad S^2_5(L) = 217 \text{ (тыс.км)}^2; \quad S^2_6(L) = 130 \text{ (тыс.км)}^2.$$

Гипотеза об однородности оценок дисперсий проверяется с помощью критерия Кохрана

$G = 217 / (127 + 217 + 130) = 0,458 < G_{кр}(0,05; 2; 9) = 0,617$, т.е. гипотеза не отвергается, дисперсионный анализ можно проводить.

Суммарные квадраты:

$$Q = 14722 - (36 / 30) = 14720,8; \quad Q_1 = (107198 / 10) - (36 / 30) = 10718,6;$$

$$Q_2 = 14720,8 - 10718,6 = 4002,2.$$

Оценка дисперсии, характеризующая вклад надежности водителей в изменчивость пробега автомобиля КрАЗ-6510 до предельного состояния

$S^2_{*1}(L) = 10718,6 / 2 = 5359,3 \text{ (тыс.км)}^2$; оценка дисперсии, характеризующая ошибку эксперимента и действие неучтенных факторов $S^2_{*ом}(L) = 4002,2 / 27 = 148,2 \text{ (тыс.км)}^2$.

Значимость квалификации водителей при оценке пробега автомобиля КрАЗ-6510 до предельного состояния проверяется с помощью F - критерия: $F = 5359,3 / 148,2 = 36,2 > F_{кр}(0,05; 2; 27) = 3,35$, т.е. фактор значим.

Оценки коэффициентов при условии, что для автомобилей, водители которых имеют $P(t) > 0,85$, $K_6 = 1$: для автомобилей, водители которых имеют $P(t) = (0,78 \dots 0,85)$, $K_6 = m^*_5(L) / m^*_4(L)$, $K_6 = 130 / 153 = 0,85$; для автомобилей, водители которых имеют $P(t) < 0,78$, $K_6 = m^*_6(L) / m^*_4(L)$, $K_6 = 107 / 153 = 0,7$.

Приложение 2

Таблица 1.2п

Пробег автомобилей БелАЗ-75485, осуществляющих перевозку руды, до предельного состояния двигателя ЯМЗ-240Н (новых и проходивших ремонт)

| № № п.п. | №№ двигателей | Пробег с начала эксплуатации, тыс.км | Пробег после 1- го ремонта, тыс.км | Пробег после 2- го ремонта, тыс.км |
|----------------|------------------|--|--|--|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| 1 | 00331 | 92 | 64 | 61 |
| 2 | 00143 | 110 | 98 | 75 |
| 3 | 00179 | 96 | 83 | 105 |
| 4 | 00272 | 106 | 87 | 60 |
| 5 | 00365 | 78 | 61 | 58 |
| 6 | 00352 | 95 | 89 | 86 |
| 7 | 00318 | 88 | 76 | 79 |
| 8 | 00322 | 100 | 96 | 83 |
| 9 | 00712 | 120 | 96 | 90 |
| 10 | 00329 | 106 | 86 | 81 |
| 11 | 00285 | 92 | 88 | 48 |
| 12 | 00264 | 94 | 82 | 80 |
| 13 | 00801 | 89 | 74 | 69 |
| 14 | 00642 | 75 | 68 | 67 |
| 15 | 05852 | 115 | 89 | 96 |
| 16 | 06247 | 88 | 80 | 65 |
| 17 | 06271 | 75 | 98 | 89 |
| 18 | 00560 | 117 | 100 | 118 |
| 19 | 06298 | 67 | 60 | 51 |
| 20 | 06148 | 111 | 90 | 95 |
| 21 | 00638 | 86 | 81 | 84 |
| 22 | 04835 | 76 | 74 | 61 |
| 23 | 00641 | 123 | 100 | 129 |
| 24 | 05920 | 94 | 85 | 69 |
| 25 | 06276 | 77 | 80 | 64 |
| 26 | 07628 | 100 | 96 | 89 |
| 27 | 05771 | 116 | 101 | 86 |
| 28 | 00826 | 95 | 78 | 76 |
| 29 | 06380 | 78 | 71 | 59 |
| 30 | 00491 | 120 | 89 | 84 |

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| 31 | 01318 | 57 | 65 | 58 |
| 32 | 19232 | 100 | 85 | 86 |
| 33 | 00571 | 94 | 76 | 90 |
| 34 | 08194 | 80 | 79 | 92 |
| 35 | 01250 | 119 | 76 | 76 |
| 36 | 06094 | 91 | 73 | 64 |
| 37 | 06061 | 130 | 98 | 88 |
| 38 | 06239 | 80 | 70 | 69 |
| 39 | 00361 | 79 | 79 | 70 |
| 40 | 00722 | 65 | 64 | 58 |
| 41 | 01365 | 105 | 99 | 85 |
| 42 | 00455 | 51 | 69 | 66 |
| 43 | 07840 | 102 | 101 | 89 |
| 44 | 00279 | 115 | 87 | 85 |
| 45 | 07735 | 102 | 98 | 89 |
| 46 | 08868 | 70 | 68 | 69 |
| 47 | 02381 | 86 | 56 | 65 |
| 48 | 06038 | 71 | 69 | 68 |
| 49 | 05805 | 108 | 83 | 98 |
| 50 | 06221 | 85 | 84 | 73 |
| 51 | 05800 | 71 | 69 | 74 |
| 52 | 05861 | 103 | 89 | 58 |
| 53 | 06021 | 65 | 69 | - |
| 54 | 06284 | 74 | 74 | - |
| 55 | 05758 | 78 | 68 | - |
| 56 | 06269 | 85 | 74 | - |
| 57 | 05837 | 121 | 68 | - |
| 58 | 06158 | 125 | 72 | - |
| 59 | 00484 | 120 | 89 | - |
| 60 | 00490 | 110 | 72 | - |
| 61 | 00359 | 114 | 76 | - |
| 62 | 00458 | 108 | 88 | - |
| 63 | 00658 | 72 | 60 | - |
| 64 | 06208 | 78 | 76 | - |
| 65 | 08883 | 126 | 94 | - |
| 66 | 00139 | 96 | 92 | - |
| 67 | 00156 | 90 | 79 | - |
| 68 | 00128 | 109 | 71 | - |
| 69 | 00157 | 111 | 63 | - |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |

| | | | | |
|----|-------|-----|----|---|
| 70 | 00716 | 98 | 64 | - |
| 71 | 07001 | 81 | 76 | - |
| 72 | 00293 | 92 | 56 | - |
| 73 | 00291 | 116 | 79 | - |
| 74 | 00354 | 90 | 43 | - |
| 75 | 00717 | 100 | 58 | - |
| 76 | 07049 | 80 | 55 | - |
| 77 | 10699 | 109 | 78 | - |
| 78 | 05455 | 81 | 74 | - |
| 79 | 00158 | 118 | 78 | - |
| 80 | 00161 | 96 | 76 | - |
| 81 | 00337 | 93 | 58 | - |
| 82 | 00329 | 105 | 79 | - |
| 83 | 00170 | 99 | 85 | - |
| 84 | 06080 | 94 | 76 | - |

Оценки числовых характеристик пробега автомобиля БелАЗ-75485 до предельного состояния новых двигателей: $m^*_1(L) = 95$ тыс.км; $D^*_1(L) = 310$ (тыс.км)²;

двигателей, прошедших капитальный ремонт: $m^*_2(L) = 78$ тыс.км; $D^*_2(L) = 199$ (тыс.км)².

Гипотеза об однородности оценок дисперсий $D^*_1(L)$ и $D^*_2(L)$ не подтверждается, в данном случае дисперсионный анализ проводить не следует, так как и оценки $m^*_1(L)$ и $m^*_2(L)$ также неоднородны.

Поэтому отношение $m^*_2(L) / m^*_1(L)$ может быть принято для двигателя ЯМЗ-240Н в качестве коэффициента K_4 .

$K_{40} = 78 / 95 = 0,82$. В соответствии с формулой (3.2) абсолютная ошибка числителя при доверительной вероятности $P_0 = 0,8$

$e(\tilde{m}_2) \leq \sqrt{199 / 136(1 - 0,8)}$; $e(\tilde{m}_2) \leq 2,9$ тыс.км, а относительная ошибка составляет $\Delta = (2,9 / 78)100 = 3,7\%$. Для знаменателя

$e(\tilde{m}_1) = 4,3$ тыс.км, а

$\Delta = 4,5\%$. Поскольку предельная погрешность частного приближенно равна сумме предельных относительных погрешностей делимого и делителя, то относительная погрешность K_{40} не превышает 8,2%, поэтому $0,75 < K_{40} < 0,89$.

Таблица 2.2п

Пробег автомобилей БелАЗ-75485 до предельного состояния ГМП,
переднего и заднего моста

| № пп | № шасси | Пробег ГМП с начала экспл., тыс.км | Пробег ГМП после 1-го и 2-го ремонтов, тыс.км | Пробег ПМ с начала экспл., тыс.км | Пробег ПМ после 1-го и 2-го ремонтов, тыс.км | Пробег ЗМ с начала экспл., тыс.км | Пробег ЗМ после 1-го и 2-го ремонтов, тыс.км |
|---------|------------|--|---|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 17112 | 64 | 48 / 48 | 88 | 69 / 48 | 68 | 80 / 96 |
| 2 | 16429 | 69 | 36 / 64 | 60 | 65 / 65 | 104 | 78 / 98 |
| 3 | 16500 | 79 | 91 / 39 | 90 | 64 / 81 | 69 | 62 / 76 |
| 4 | 17111 | 86 | 81 / 71 | 92 | 69 / 70 | 73 | 78 / 83 |
| 5 | 16593 | 60 | 42 / 111 | 93 | 74 / 44 | 80 | 97 / 65 |
| 6 | 17125 | 76 | 32 / 59 | 71 | 73 / 49 | 98 | 80 / 69 |
| 7 | 17101 | 82 | 44 / 61 | 80 | 68 / 51 | 101 | 93 / 74 |
| 8 | 17102 | 67 | 69 / 49 | 62 | 78 / 54 | 70 | 79 / 80 |
| 9 | 13514 | 55 | 49 / 61 | 70 | 59 / 58 | 74 | 63 / 89 |
| 10 | 13505 | 77 | 44 / 45 | 77 | 56 / 64 | 81 | 59 / 85 |
| 11 | 17109 | 69 | 90 / 48 | 90 | 87 / 47 | 97 | 86 / 70 |
| 12 | 17095 | 96 | 31 / 46 | 65 | 68 / 63 | 68 | 90 / 93 |
| 13 | 14472 | 61 | 38 / 39 | 72 | 68 / 65 | 70 | 69 / 74 |
| 14 | 15699 | 62 | 45 / 75 | 78 | 63 / 69 | 86 | 72 / 84 |
| 15 | 15596 | 60 | 48 / 60 | 79 | 60 / 75 | 90 | 59 / 86 |
| 16 | 15621 | 48 | 39 / 46 | 71 | 63 / 81 | 77 | 62 / 73 |
| 17 | 15624 | 50 | 42 / 58 | 110 | 79 / 70 | 71 | 68 / 94 |
| 18 | 15702 | 88 | 71 / 50 | 74 | 64 / 55 | 80 | 57 / 98 |
| 19 | 15619 | 71 | 68 / 36 | 70 | 60 / 59 | 76 | 62 / 86 |
| 20 | 15481 | 65 | 57 / 71 | 55 | 63 / 71 | 78 | 69 / 78 |
| 21 | 15695 | 48 | 40 / 66 | 71 | 70 / 79 | 88 | 59 / 68 |
| 22 | 14942 | 56 | 68 / 42 | 68 | 61 / 56 | 77 | 60 / 77 |
| 23 | 15687 | 62 | 33 / 48 | 73 | 60 / 49 | 88 | 65 / 88 |
| 24 | 15489 | 68 | 41 / 52 | 80 | 69 / 41 | 73 | 62 / 95 |
| 25 | 15650 | 46 | 40 / 38 | 79 | 58 / 83 | 77 | 63 / 91 |
| 26 | 16369 | 61 | 44 / 54 | 71 | 61 / 86 | 88 | 70 / 69 |
| 27 | 15476 | 58 | 43 / 37 | 78 | 60 / 76 | 80 | 61 / 74 |
| 28 | 15880 | 54 | 47 / 49 | 71 | 56 / 65 | 79 | 69 / 78 |
| 29 | 15320 | 80 | 42 / 32 | 89 | 61 / 65 | 85 | 70 / 81 |
| 30 | 15658 | 51 | 47 / 33 | 71 | 59 / 79 | 74 | 69 / 87 |
| 31 | 16227 | 48 | 46 / 55 | 78 | 55 / 71 | 88 | 60 / 93 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|------|-----|----|------|----|-----|------|----|
| 32 | 15102 | 80 | 41 / | 62 | 96 | 54 / | 69 | 67 | 79 / | 69 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 33 | 17228 | 67 | 48 / | 38 | 85 | 46 / | 48 | 103 | 97 / | 78 |
| 34 | 74136 | 54 | 39 / | 48 | 79 | 69 / | 69 | 88 | 71 / | 75 |
| 35 | 14133 | 43 | 41 / | 78 | 73 | 60 / | 71 | 79 | 68 / | 69 |
| 36 | 15551 | 65 | 50 / | 86 | 80 | 64 / | 62 | 72 | 56 / | 67 |
| 37 | 15542 | 61 | 52 / | 29 | 89 | 60 / | 81 | 73 | 59 / | 61 |
| 38 | 15579 | 55 | 51 / | 42 | 79 | 67 / | 57 | 69 | 62 / | 58 |
| 39 | 15583 | 58 | 69 / | 71 | 74 | 69 / | 76 | 73 | 70 / | 96 |
| 40 | 15787 | 46 | 39 / | 54 | 77 | 62 / | 84 | 78 | 63 / | 81 |
| 41 | 16230 | 54 | 47 / | 37 | 77 | 70 / | 53 | 81 | 68 / | 82 |
| 42 | 15669 | 52 | 40 / | 54 | 71 | 58 / | 49 | 75 | 60 / | 74 |
| 43 | 13504 | 47 | 42 / | 30 | 54 | 71 / | 72 | 89 | 60 / | 75 |
| 44 | 17103 | 51 | 49 / | 71 | 88 | 60 / | 75 | 77 | 69 / | 83 |
| 45 | 16660 | 67 | 50 / | 59 | 80 | 60 / | 48 | 90 | 77 / | 69 |
| 46 | 16954 | 51 | 42 / | 53 | 78 | 60 / | 73 | 71 | 70 / | 65 |
| 47 | 15008 | 65 | 68 / | 110 | 70 | 59 / | 65 | 87 | 60 / | 76 |
| 48 | 15558 | 51 | 66 / | 56 | 81 | 93 / | 47 | 85 | 59 / | 89 |
| 49 | 15613 | 54 | 58 / | 51 | 70 | 70 / | 81 | 74 | 64 / | 84 |
| 50 | 15563 | 61 | 41 / | 30 | 90 | 60 / | 73 | 95 | 70 / | 74 |
| 51 | 15689 | 62 | 37 / | 45 | 80 | 64 / | 75 | 102 | 58 / | 76 |
| 52 | 01606 | 49 | 85 / | 68 | 60 | 86 / | 67 | 89 | 68 / | 78 |
| 53 | 15696 | 45 | 55 / | - | 77 | 66 / | - | 79 | 59 / | - |
| 54 | 01631 | 45 | 93 / | - | 73 | 74 / | - | 74 | 70 / | - |
| 55 | 15325 | 42 | 44 / | - | 70 | 65 / | - | 79 | 57 / | - |
| 56 | 15404 | 50 | 57 / | - | 89 | 63 / | - | 72 | 63 / | - |
| 57 | 15484 | 60 | 68 / | - | 78 | 64 / | - | 88 | 72 / | - |
| 58 | 15502 | 58 | 45 / | - | 81 | 70 / | - | 82 | 60 / | - |
| 59 | 15654 | 52 | 49 / | - | 90 | 64 / | - | 80 | 58 / | - |
| 60 | 15659 | 57 | 66 / | - | 77 | 61 / | - | 77 | 62 / | - |
| 61 | 15672 | 74 | 45 / | - | 89 | 77 / | - | 89 | 68 / | - |
| 62 | 15677 | 82 | 46 / | - | 75 | 68 / | - | 100 | 71 / | - |
| 63 | 15875 | 56 | 67 / | - | 71 | 59 / | - | 86 | 68 / | - |
| 64 | 15622 | 51 | 65 / | - | 84 | 71 / | - | 78 | 59 / | - |
| 65 | 16367 | 56 | 45 / | - | 73 | 72 / | - | 90 | 63 / | - |
| 66 | 16413 | 88 | 42 / | - | 59 | 43 / | - | 112 | 98 / | - |
| 67 | 16415 | 76 | 38 / | - | 96 | 89 / | - | 109 | 93 / | - |
| 68 | 16419 | 71 | 65 / | - | 56 | 79 / | - | 67 | 97 / | - |
| 69 | 16546 | 75 | 92 / | - | 91 | 87 / | - | 65 | 89 / | - |
| 70 | 16592 | 76 | 89 / | - | 77 | 56 / | - | 107 | 88 / | - |
| 71 | 14447 | 64 | 53 / | - | 76 | 58 / | - | 84 | 64 / | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|----|-------|----|-------|---|----|--------|-----|---------|
| 72 | 17133 | 74 | 61 / | - | 54 | 54 / - | 109 | 89 / - |
| 73 | 17098 | 83 | 53 / | - | 80 | 78 / - | 67 | 81 / - |
| 74 | 17137 | 63 | 46 / | - | 74 | 46 / - | 69 | 72 / - |
| 75 | 17233 | 63 | 38 / | - | 75 | 89 / - | 110 | 95 / - |
| 76 | 13521 | 66 | 42 / | - | 75 | 66 / - | 82 | 67 / - |
| 77 | 13490 | 71 | 43 / | - | 81 | 62 / - | 71 | 58 / - |
| 78 | 13491 | 56 | 115 / | - | 77 | 59 / - | 77 | 69 / - |
| 79 | 16451 | 59 | 93 / | - | 91 | 46 / - | 68 | 108 / - |
| 80 | 16464 | 69 | 85 / | - | 73 | 54 / - | 73 | 107 / - |
| 81 | 17119 | 76 | 68 / | - | 62 | 90 / - | 106 | 78 / - |
| 82 | 17122 | 58 | 39 / | - | 56 | 83 / - | 104 | 87 / - |
| 83 | 16438 | 57 | 41 / | - | 99 | 81 / - | 72 | 89 / - |
| 84 | 16400 | 90 | 76 / | - | 88 | 58 / - | 100 | 87 / - |

Оценки числовых характеристик пробега автомобиля БелАЗ-75485 до предельного состояния новых ГМП: $m^*_3(L) = 63$ тыс.км, $D^*_3(L) = 154$ (тыс.км)²; ГМП, проходивших капитальный ремонт: $m^*_4(L) = 54$ тыс. км, $D^*_4(L) = 306$ (тыс.км)²; новых передних мостов: $m^*_5(L) = 77$ тыс.км, $D^*_5(L) = 117$ (тыс.км)²; передних мостов, проходивших капитальный ремонт: $m^*_6(L) = 65$ тыс.км, $D^*_6(L) = 122$ (тыс.км)²; новых задних мостов: $m^*_7(L) = 83$ тыс.км, $D^*_7(L) = 147$ (тыс.км)²; задних мостов, проходивших капитальный ремонт: $m^*_8(L) = 74$ тыс. км, $D^*_8(L) = 155$ (тыс.км)².

Приложение 3

Таблица 1.3п

Данные о пробеге автомобилей КамАЗ до неремонтнопригодного предельного состояния основных агрегатов и узлов с начала эксплуатации в ТМиБе ПО Норильскбыт

| № пп | №№ гос. регистр. | №№ шасси | Про- бег двигателя, тыс.км | Про- бег КП, тыс.км | Про- бег задн. моста, тыс.км | Про- бег средн. Моста , тыс.км | Про- бег перед- него моста, тыс.км | Про- бег руле- вого мех., тыс.км |
|---------|------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------------|--|---|---|---|
| 1 | 41-11 КЭТ | 264130 | 200 | 130 | 254 | 235 | 300 | 160 |
| 2 | 21-78 КЭЦ | 2025068 | 254 | 218 | 283 | 245 | 350 | 185 |
| 3 | 20-25 КЭЦ | 1030964 | 126 | 275 | 221 | 148 | 238 | 240 |
| 4 | 24-13 КЭЦ | 2022163 | 298 | 192 | 215 | 201 | 252 | 246 |
| 5 | 17-94 КЭЦ | 2024475 | 192 | 175 | 213 | 215 | 254 | 290 |
| 6 | 21-34 КЭЦ | 2018149 | 175 | 183 | 238 | 217 | 175 | 120 |
| 7 | 20-24 КЭЦ | 2030588 | 138 | 215 | 183 | 208 | 223 | 165 |
| 8 | 28-51 КЭЦ | 2020832 | 194 | 228 | 211 | 193 | 168 | 122 |
| 9 | 28-48 КЭЦ | 1025798 | 172 | 235 | 291 | 154 | 195 | 280 |
| 10 | 28-50 КЭЦ | 1029202 | 235 | 152 | 185 | 223 | 201 | 269 |
| 11 | 28-81 КЭЦ | 1026734 | 273 | 153 | 212 | 302 | 278 | 163 |
| 12 | 28-49 КЭЦ | 2026633 | 183 | 186 | 178 | 284 | 223 | 186 |
| 13 | 19-32 КЭЦ | 1025737 | 158 | 192 | 217 | 212 | 375 | 230 |
| 14 | 17-38 КЭЦ | 2020373 | 235 | 227 | 225 | 173 | 125 | 268 |
| 15 | 17-39 КЭЦ | 1020548 | 184 | 215 | 261 | 218 | 52 | 112 |
| 16 | 21-82 КЭЦ | 2024948 | 173 | 235 | 231 | 195 | 148 | 289 |
| 17 | 28-53 КЭЦ | 2028597 | 196 | 173 | 242 | 173 | 234 | 209 |
| 18 | 59-98 КЭЦ | 2059496 | 208 | 185 | 218 | 248 | 315 | 245 |
| 19 | 60-03 КЭЮ | 2059945 | 211 | 142 | 213 | 275 | 252 | 164 |
| 20 | 81-62 КЭЯ | 2007178 | 198 | 103 | 195 | 221 | 183 | 180 |
| 21 | 15-51 КЭЦ | 2017735 | 295 | 97 | 174 | 232 | 95 | 193 |
| 22 | 81-61 КЭЯ | 1008178 | 146 | 251 | 281 | 173 | 202 | 191 |
| 23 | 24-09 КЭЦ | 1025695 | 153 | 53 | 215 | 152 | 215 | 280 |
| 24 | 24-08 КЭЦ | 2029455 | 258 | 155 | 213 | 184 | 184 | 164 |
| 25 | 44-02 КЭЦ | 1021550 | 213 | 213 | 185 | 191 | 201 | 191 |
| 26 | 20-24 КЭЦ | 2028690 | 245 | 228 | 254 | 235 | 135 | 193 |
| 27 | 22-58 КЭЦ | 2016374 | 173 | 215 | 193 | 248 | 212 | 256 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 28 | 24-19 КЭЦ | 1032299 | 208 | 192 | 185 | 232 | 302 | 288 |
| 29 | 22-59 КЭЦ | 2020099 | 234 | 231 | 164 | 243 | 243 | 205 |
| 30 | 60-69 КЭЮ | 2075538 | 210 | 185 | 165 | 199 | 154 | 174 |
| 31 | 18-32 КЭЦ | 1028494 | 232 | 193 | 189 | 246 | 186 | 146 |
| 32 | 18-33 КЭЦ | 2029780 | 196 | 211 | 191 | 251 | 208 | 158 |
| 33 | 18-31 КЭЦ | 2027424 | 105 | 202 | 198 | 149 | 209 | 169 |
| 34 | 18-35 КЭЦ | 2027894 | 148 | 156 | 216 | 165 | 189 | 236 |
| 35 | 18-44 КЭЦ | 2028235 | 215 | 139 | 236 | 188 | 167 | 275 |
| 36 | 23-72 КЭЦ | 2029435 | 185 | 191 | 199 | 193 | 198 | 248 |
| 37 | 24-24 КЭЦ | 2016333 | 196 | 151 | 165 | 265 | 235 | 164 |
| 38 | 24-30 КЭЦ | 2016335 | 292 | 159 | 241 | 137 | 175 | 286 |
| 39 | 24-64 КЭЦ | 2042933 | 208 | 204 | 285 | 205 | 201 | 259 |
| 40 | 24-63 КЭЦ | 2035651 | 169 | 222 | 142 | 211 | 228 | 149 |
| 41 | 16-10 КЭЮ | 2046457 | 185 | 330 | 226 | 181 | 212 | 132 |
| 42 | 16-11 КЭЮ | 1060697 | 196 | 196 | 249 | 186 | 206 | 191 |
| 43 | 16-12 КЭЮ | 2062130 | 210 | 185 | 252 | 212 | 211 | 298 |
| 44 | 16-13 КЭЮ | 2047563 | 216 | 213 | 218 | 180 | 200 | 186 |
| 45 | 16-14 КЭЮ | 1057954 | 195 | 185 | 235 | 195 | 221 | 195 |
| 46 | 16-32 КЭЮ | 2050320 | 168 | 278 | 209 | 226 | 192 | 164 |
| 47 | 25-28 КЭЮ | 2062126 | 247 | 221 | 218 | 210 | 216 | 191 |
| 48 | 53-36 КЭЭ | 2017699 | 195 | 217 | 228 | 214 | 189 | 189 |
| 49 | 59-79 КЭЮ | 1078292 | 193 | 76 | 231 | 242 | 186 | 256 |
| 50 | 59-80 КЭЮ | 1078297 | 214 | 207 | 195 | 265 | 191 | 232 |
| 51 | 59-81 КЭЮ | 1079699 | 198 | 188 | 284 | 229 | 225 | 155 |
| 52 | 59-82 КЭЮ | 1078406 | 231 | 185 | 266 | 168 | 209 | 148 |
| 53 | 58-95 КЭЭ | 2022472 | 189 | 167 | 238 | 192 | 186 | 236 |
| 54 | 70-30 КЭЯ | 2025898 | 277 | 181 | 228 | 188 | 218 | 220 |
| 55 | 74-05 КЭЯ | 2029187 | 216 | 192 | 196 | 254 | 201 | 191 |
| 56 | 44-20 КЭТ | 2020181 | 199 | 174 | 209 | 243 | 201 | 169 |
| 57 | 16-65 КЭЦ | 1018926 | 125 | 211 | 214 | 212 | 197 | 238 |
| 58 | 24-30 КЭЦ | 1042888 | 241 | 173 | 195 | 224 | 185 | 201 |
| 59 | 23-40 КЭЦ | 1040243 | 196 | 169 | 211 | 231 | 213 | 255 |
| 60 | 92-81 КЭШ | 1037093 | 299 | 171 | 185 | 228 | 210 | 164 |
| 61 | 23-24 КЭЦ | 491010 | 197 | 226 | 251 | 199 | 186 | 188 |
| 62 | 24-60 КЭЦ | 392893 | 224 | 311 | 244 | 250 | 212 | 191 |
| 63 | 24-61 КЭЦ | 270965 | 230 | 238 | 178 | 229 | 206 | 269 |
| 64 | 24-26 КЭЦ | 288203 | 185 | 216 | 199 | 238 | 192 | 165 |
| 65 | 24-65 КЭЦ | 205194 | 194 | 195 | 197 | 265 | 197 | 191 |
| 66 | 24-29 КЭЦ | 245585 | 217 | 179 | 201 | 232 | 216 | 208 |
| 67 | 24-28 КЭЦ | 296648 | 198 | 186 | 209 | 186 | 221 | 296 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 68 | 91-13 КЭШ | 235591 | 130 | 220 | 214 | 159 | 236 | 285 |
| 69 | 91-14 КЭШ | 292952 | 274 | 211 | 288 | 246 | 248 | 191 |
| 70 | 91-16 КЭШ | 175414 | 159 | 198 | 226 | 218 | 202 | 204 |
| 71 | 70-31 КЭЯ | 2059829 | 208 | 165 | 238 | 214 | 206 | 208 |
| 72 | 70-32 КЭЯ | 2059830 | 192 | 189 | 240 | 231 | 194 | 144 |
| 73 | 70-33 КЭЯ | 2059832 | 223 | 174 | 211 | 179 | 193 | 253 |
| 74 | 70-34 КЭЯ | 2059835 | 189 | 52 | 215 | 290 | 218 | 143 |
| 75 | 70-35 КЭЯ | 2059831 | 186 | 175 | 241 | 228 | 235 | 121 |
| 76 | 70-39 КЭЯ | 2059833 | 203 | 306 | 248 | 232 | 59 | 109 |
| 77 | 70-38 КЭЯ | 2059822 | 265 | 186 | 221 | 177 | 204 | 248 |
| 78 | 70-36 КЭЯ | 2059823 | 154 | 157 | 143 | 168 | 209 | 299 |
| 79 | 70-37 КЭЯ | 2059821 | 190 | 228 | 196 | 265 | 66 | 122 |
| 80 | 46-95 КЭР | 2061112 | 218 | 236 | 211 | 271 | 216 | 165 |
| 81 | 46-81 КЭР | 2061115 | 290 | 213 | 215 | 252 | 218 | 191 |
| 82 | 46-83 КЭР | 2061113 | 216 | 229 | 236 | 236 | 178 | 248 |
| 83 | 46-84 КЭР | 2061114 | 205 | 75 | 158 | 175 | 199 | 206 |
| 84 | 46-82 КЭР | 2061118 | 166 | 191 | 287 | 189 | 206 | 134 |
| 85 | 46-88 КЭР | 2061115 | 138 | 216 | 169 | 194 | 218 | 191 |
| 86 | 46-85 КЭР | 2061116 | 250 | 198 | 194 | 221 | 225 | 199 |
| 87 | 46-86 КЭР | 2061117 | 153 | 186 | 212 | 196 | 248 | 165 |
| 88 | 46-87 КЭР | 2061119 | 170 | 201 | 215 | 188 | 184 | 254 |
| 89 | 46-90 КЭР | 2061121 | 245 | 209 | 234 | 203 | 186 | 236 |
| 90 | 46-91 КЭР | 2061120 | 212 | 231 | 271 | 241 | 195 | 212 |
| 91 | 53-37 КЭЭ | 2062310 | 236 | 209 | 165 | 124 | 361 | 198 |
| 92 | 53-39 КЭЭ | 2062314 | 169 | 186 | 154 | 185 | 209 | 192 |
| 93 | 53-41 КЭЭ | 2062312 | 267 | 168 | 158 | 222 | 354 | 201 |
| 94 | 53-40 КЭЭ | 2062313 | 203 | 307 | 215 | 304 | 191 | 269 |
| 95 | 53-46 КЭЭ | 2062311 | 204 | 235 | 143 | 125 | 150 | 275 |
| 96 | 53-45 КЭЭ | 2062317 | 140 | 71 | 288 | 303 | 162 | 124 |

Числовые характеристики и расчет числа и номенклатуры ремонтных комплектов представлены в § 3.3.

Приложение 4

Формирование потока агрегатов, поступающих в ремонт из-за постепенных от-казов. Рассматривается последовательность формирования потока новых гид-ромеханических передач, установленных на автомобилях БелАЗ-75485 (число автомобилей в парке $N = 84$ ед.), имеющих средний пробег до предельного состояния $m^*(L) = 63$ тыс.км, $D^*(L) = 154$ (тыс.км)², годовой пробег $L_{нз} = 60$ тыс.км (табл.3.7).

Средняя календарная наработка ГМП до предельного состояния при равномерном распределении по месяцам, обусловленная ритмичностью технологического процесса комбината составит:

$m^*(t) = S m^*(L) / L_{нз}$, $m^*(t) = 12 \cdot 63 / 60 = 12,6$ мес., где $S = 12$ месяцев в году.

Оценка дисперсии: $D^*(t) = S^2 D^*(L) / L_{нз}^2$, $D^*(t) = 12^2 \cdot 154 / 60^2 = 6,2$ мес².

Оценка среднего квадратического отклонения среднего значения кален-дарной наработки до предельного состояния ГМП в соответствии с формулой (3.7)

$$s_m = (D^*(t) / N)^{0,5} = (6,2 / 84)^{0,5} = 0,27 \text{ мес.}$$

Вероятность, с которой среднее значение наработки входит в интервал $2e$ при $e = 0,28$ мес. в соответствии с формулой (3.6):

$$p = \Phi (0,28 / 0,27 \cdot 2^{0,5}) = 0,7.$$

Среднее число поступлений ГМП в ремонт:

$$I = N / m^*(t) = 84 / 12,6 = 6,7 \text{ ед. / мес.}$$

Возможное число поступлений в течение месяца:

$$n = I / p = 6,7 / 0,7 \cong 10 \text{ ед.}$$

Таблица 4.1п

Ряд распределения входящего потока ГМП, соответствующий биномиальному

распределению

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Число агрегатов, ед. / месяц | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вероятности | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,20 | 0,27 | 0,23 | 0,12 | 0,03 |

Годовая программа: $N_2 = S I$; $N_2 = 12 \cdot 6,7 = 80$ ед.

Дисперсия числа поступлений агрегатов в течение года в соответствии с формулой (3.11) при доверительной вероятности $P_0 = 0,8$:

$$D_n = 122 \cdot 6,7 (1 - 0,2) = 193 \text{ кв.ед.}$$

Ошибка определения годовой программы:

$$e_2 = [193 / 80 (1 - 0,8)]^{0,5} = 3 \text{ ед.}$$

Приложение 5

Прогнозирование внезапных отказов, наступающих из-за отклонений от техни-ческих условий проведения технологических процессов ремонта автомобилей

Одной из причин внезапных отказов коробок передач (КП) ЗИЛ-130 является самовыключение пятой передачи из-за дефектов геометрии зубьев полумуфта первичного вала и синхронизатора, а также отклонений геометрии поверхностей других деталей: корпуса, вторичного вала, подшипников, колец.

Отыскивается оценка среднего числа отказов $I_{14} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ и вероятное количество рекламаций из-за самовыключения пятой передачи в течение одного месяца (в правой части равенства значения средних чисел отказов для потоков, образующихся из-за пропуска на сборку дефектных повторно ис-пользуемых деталей, отклонений от технологии при восстановлении деталей, малого запаса точности деталей грубых просчетов при сборке). Наблюдениями установлено, что повторно используемые первичные валы составляют 20% при годовой программе ремонта $N = 200$; восстановленные - 30%; 50% КП комплектуется первичными валами, поставляемыми заводами-изготовителями запас-ных частей; коэффициент сменности синхронизаторов равен единице. Средние значения оценок вероятностей пропуска валов с дефектами зубьев полумуфта при входном контроле ремфонда $P_1 = 0,03$; при операционном контроле вос-становленных деталей $P_2 = 0,02$; оценка вероятности пропуска дефектных деталей при входном контроле запасных частей $P_3 = 0,005$. Оценки вероятно-стей брака, вызванного расширением полей допусков деталей механизма пе-рерключения P_4 и собственно механизма пятой передачи P_5 , а также грубыми ошибками при сборке P_6 равны: $P_4 = 0,015$; $P_5 = 0,018$; $P_6 = 0,01$.

Решение задачи. Вероятности поступления на комплектование повторно используемых, восстановленных и новых первичных валов, имеющих дефекты, соответственно равны:

$$\begin{aligned} P_n &= P_1 \cdot 20 / 100; & P_n &= 0,03 \cdot 0,2 = 0,006; \\ P_6 &= P_2 \cdot 30 / 100; & P_6 &= 0,02 \cdot 0,3 = 0,006; \\ P_n &= P_3 \cdot 50 / 100; & P_n &= 0,006 \cdot 0,5 = 0,003. \end{aligned}$$

Согласно теореме сложения вероятностей несовместных событий вероят-ность поступления на комплектование дефектных первичных валов

$$P_7 = P_n + P_6 + P_n; \quad P_7 = 0,006 + 0,006 + 0,003 = 0,015.$$

Вероятность комплектования механизма пятой передачи, имеющего дефект, приводящий к внезапному отказу P_8 , зависит от вероятности поступления дефектных первичных валов P_7 и синхронизаторов P_3 , вероятности появления замыкающего звена, выходящего за пределы поля допуска из-за расширения полей допусков составляющих звеньев P_5 . В соответствии с теоремой сложения совместных событий

$$P_8 = P_7 + P_3 + P_5 - P_7P_3 - P_7P_5 - P_3P_5 + P_7P_3P_5;$$

$$P_8 = 0,015 + 0,005 + 0,018 - 0,015 \cdot 0,005 - 0,015 \cdot 0,018 - 0,005 \cdot 0,018 + 0,015 \cdot 0,005 \cdot 0,018 = 0,0375.$$

Вероятность P_9 сборки КП с дефектами, вызывающими самовыключение пятой передачи, определяется вероятностью P_8 комплектования механизма, имеющего дефект, вероятностью сборки механизма переключения пятой передачи с выходящим за пределы поля допуска замыкающим звеном P_4 и вероятностью грубой ошибки при сборке P_6 . Применяя теорему сложения вероятностей совместных событий, получим:

$$P_9 = P_7 + P_4 + P_6 - P_8P_4 - P_8P_6 - P_4P_6 + P_8P_4P_6;$$

$$P_9 = 0,0375 + 0,015 + 0,01 - 0,0375 \cdot 0,015 - 0,0375 \cdot 0,01 - 0,015 \cdot 0,01 + 0,0375 \cdot 0,015 \cdot 0,01 = 0,061.$$

Возможное среднее число внезапных отказов КП в течение месяца по причине самовыключения пятой передачи:

$$I_{14} = P_9 N / 12; \quad I_{14} = 0,061 \cdot 200 / 12 = 1.$$

В соответствии с законом Пуассона

$$P(m) = (1 \cdot t)^m \exp(-1 \cdot t) / m!$$

Вероятность отсутствия отказов $P(0)$ в течение месяца ($m = 0; t = 1$)

$$P(0) = (1 \cdot 1)^0 \exp(-1 \cdot 1) / 0!$$

Вероятность одного отказа и, следовательно, одной рекламации $P(1) = 0,368$, двух отказов $P(2) = 0,184$; вероятность трех и более отказов $P(\geq 3) = 0,08$.

Вышеизложенное позволяет заключить, что знание показателей качества функционирования подразделений службы ремонта дает возможность прогнозировать появление внезапных отказов у агрегатов после ремонта на основе свойств устойчивости относительных частот и предельных законов распределения.

Прогнозирование наработок до первого отказа коробок передач автомобиля ЗИЛ-130 после ремонта

Аттестация качества ремонта коробок передач ЗИЛ-130, внедренная на АРЕМЗ-1, предусматривает оценку будущей наработки по технологическим параметрам q_1, q_2, q_3, q_4 . Оценивание осуществляется по величине параметра q_1

при условии, что q_2, q_3, q_4 находятся в пределах полей допусков. Пусть измерением установлено, что начальная ошибка механизма четвертой передачи $q_{10} = 200$ мин. Подставляя в уравнение (4.27) априорные значения дисперсии начальной ошибки механизма $D^*_0 = 752$ мин²; оценки математического ожидания наработки $m^*_t = 47,4$ тыс.км; оценки математического ожидания начальной ошибки механизма $m_0 = 168$ мин; корреляционный момент $K(q_1, t) = -83$ мин · тыс.км, и апостериорную величину измеренного параметра q_1 , получают апостериорное значение оценки математического ожидания прогнозируемой наработки

$$t^{ps} = (-83) / 752 (200 - 168) + 47,4 + V_t; \quad t^{ps} = 43,9 + V_t.$$

Дисперсия случайной величины V_t в соответствии с формулой (4.28) при величине априорной оценки дисперсии наработки $D_t = 106,3$ (тыс.км)²:

$$D_v = 106,3 - (-83)^2 / 752 = 97,1 (\text{тыс.км})^2.$$

90% наработка до отказа вычисляется по формуле $t^{ps} = m^{ps}_t - x_p \cdot D_v^{0,5}$, где x_p – квантиль нормального распределения.

$$t^{ps} = 43,9 - 1,29 \cdot 97,1^{0,5} = 31,2 \text{ тыс.км.}$$

При наличии дополнительной информации можно получить более точный результат, используя каноническое разложение.

Пусть будет известно, что прошедшие ремонт КП используются в различных эксплуатационных условиях, для которых найдены уравнения, описывающие изменения наработок в зависимости от начальных ошибок механизмов:

$$t_1 = 0,066q_1 - 11; \quad t_2 = 0,098q_1 - 16,5; \quad t_3 = 0,13q_1 - 21,9.$$

В соответствии с формулой (4.31) и теоремой о дисперсии линейной функции $D_1 = 0,066^2 D_t$; $D_2 = 0,098^2 D_t$; $D_3 = 0,13^2 D_t$. Рассматривая коэффициенты в этих равенствах как весовые коэффициенты, определяющие значения дисперсий в сечениях функции, находят сумму весов: $0,066^2 + 0,098^2 + 0,13^2 = 0,03086$. Нормируя коэффициенты для выполнения условий равенства:

$$D_1 + D_2 + D_3 = D_t,$$

получают: $D_1 = 0,066^2 \cdot 106,3 / 0,03086 = 15$ (тыс.км)²; $D_2 = 0,098^2 \cdot 106,3 / 0,03086 = 33,1$ (тыс.км)²; $D_3 = 0,13^2 \cdot 106,3 / 0,03086 = 58,2$ (тыс.км)².

В формуле (4.30) сомножитель $j(q_1)$ является общим для всех координат-ных функций, поэтому в соответствии с теоремой о сложении некоррелирован-ных случайных функций корреляционный момент $K(q_1, t) = - 0,83$ мин.·тыс.км

Разлагается в соответствии с суммой весовых коэффициентов, в качестве которых принимаются произведения дисперсий D_i на $j_i(t)$, равные 32; 47,4; 62,8 при величине ошибки механизма 650 мин, соответствующей предельному состоянию КП. Сумма весовых коэффициентов равна: $32 \cdot 15 + 47,4 \cdot 33,1 + 62,8 \cdot 58,2 = 5704$. Значения корреляционных моментов:

$$K_1(q_1, t) = - 83 \cdot 480 / 5704 = - 7 \text{ мин.} \cdot \text{тыс.км,}$$

$$K_2(q_1, t) = - 83 \cdot 1569 / 5704 = - 23 \text{ мин.} \cdot \text{тыс.км,}$$

$$K_3(q_1, t) = - 83 \cdot 3655 / 5704 = - 53 \text{ мин.} \cdot \text{тыс.км.}$$

Теперь, зная маршруты, которые обслуживают автобусы, принадлежащие к данной совокупности, можно, используя полученные результаты, сделать прогноз наработки.

Если КП установлена на автобусе, обслуживающем 1 маршрут, то

$$t_1^{ps} = \frac{K_1(q_1, t)}{D_0} (q_{10} - m_0) + m_{t1} + V_{t1}; \quad D_{v1} = D_1 - \frac{[K_1(q_1, t)]^2}{D_0};$$

$$t_1^{ps} = [(-7) / 752] (200 - 168) + 32 + V_{t1}; \quad t_1^{ps} = 31,7 + V_{t1};$$

$$D_{v1} = 15 - (-7)^2 / 752 = 14,9 \text{ (тыс.км)}^2; \quad t_1^{ps}(90) = 31,7 - 1,29 \cdot (14,9)^{0,5} = 26,7 \text{ тыс.км.}$$

Если КП установлена на автобусе, обслуживающем 2 маршрут, то

$$t_2^{ps} = [(-23) / 752] (200 - 168) + 47,4 + V_{t2}; \quad t_2^{ps} = 46,4 + V_{t2};$$

$$D_{v2} = 33,1 - [(-23)^2 / 752] = 32,4 \text{ (тыс.км)}^2;$$

$$t_2^{ps}(90) = 46,4 - 1,29 \cdot (32,4)^{0,5} = 39 \text{ тыс. км}$$

Если КП установлена на автобусе, обслуживающем 3 маршрут, то

$$t_3^{ps} = [(-53) / 752] (200 - 168) + 62,8 + V_{t3} = 60,5 + V_{t3};$$

$$D_{v3} = 58,2 - [(-53)^2 / 752] = 54,4 \text{ (тыс.км)}^2; \quad t_3^{ps} = 60,5 - 1,29 \cdot (54,4)^{0,5} = 51 \text{ тыс.км.}$$

Приложение 7
Таблица 1.7п

Пробег автомобилей КраЗ-6510 до предельного состояния и капитального ремонта в 1998 году (АТО "ЦАТК", 2 колонна)

| № пп | № гаражн. | № гос. регистр. | Год ввода в эксплуатацию | Пробег до КР, Тыс.км | Годовой Пробег, Тыс.км | Пробег с Начала эксплуат., тыс.км |
|------|-----------|-----------------|--------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 83 | 24-80 КЭЦ | 1993 | 155 | 26 | 155 |
| 2 | 89 | 28-31 КЭЦ | 1993 | 188 | 31 | 188 |
| 3 | 86 | 24-95 КЭЦ | 1993 | 108 | 18 | 108 |
| 4 | 155 | 23-90 КЭЦ | 1993 | 142 | 57 | 342 |
| 5 | 163 | 19-40 КЭЦ | 1993 | 150 | 30 | 177 |
| 6 | 165 | 72-37 КЭЯ | 1993 | 123 | 21 | 125 |
| 7 | 169 | 72-93 КЭЯ | 1993 | 132 | 32 | 186 |
| 8 | 176 | Н 633 АС | 1993 | 183 | 36 | 183 |
| 9 | 173 | 18-93 КЭЯ | 1993 | 158 | 26 | 158 |
| 10 | 199 | 29-19 КЭЦ | 1993 | 191 | 65 | 391 |
| 11 | 186 | М 568 АУ | 1993 | 144 | 47 | 282 |
| 12 | 175 | 25-32 КЭЮ | 1994 | 87 | 47 | 234 |
| 13 | 158 | 17-09 КЭЮ | 1994 | 180 | 36 | 162 |
| 14 | 170 | 17-10 КЭЮ | 1994 | 94 | 29 | 146 |
| 15 | 164 | 16-39 КЭЮ | 1994 | 155 | 29 | 155 |
| 16 | 152 | 16-37 КЭЮ | 1994 | 136 | 48 | 241 |
| 17 | 181 | 16-36 КЭЮ | 1994 | 143 | 42 | 219 |
| 18 | 159 | 16-38 КЭЮ | 1994 | 142 | 40 | 142 |
| 19 | 185 | 16-89 КЭЮ | 1994 | 165 | 57 | 165 |
| 20 | 168 | 17-03 КЭЮ | 1994 | 121 | 57 | 121 |
| 21 | 151 | О 104 ВР | 1994 | 132 | 36 | 132 |
| 22 | 189 | 17-36 КЭЮ | 1994 | 124 | 44 | 124 |
| 23 | 191 | 25-54 КЭЮ | 1994 | 154 | 63 | 154 |
| 24 | 202 | Н 962 АУ | 1996 | 127 | 32 | 127 |
| 25 | 215 | Н 968 АУ | 1996 | 92 | 23 | 92 |
| 26 | 218 | Н 967 АУ | 1996 | 83 | 53 | 83 |
| 27 | 194 | Н 969 АУ | 1996 | 155 | 53 | 155 |
| 28 | 209 | Н 971 АУ | 1996 | 150 | 50 | 150 |
| 29 | 212 | Н 973 АУ | 1996 | 156 | 52 | 156 |
| 30 | 197 | Н 963 АУ | 1996 | 146 | 68 | 146 |

| | | | | | | |
|----|-----|-----------|------|-----|----|-----|
| 31 | 206 | Н 964 АУ | 1996 | 155 | 51 | 155 |
| 32 | 219 | Н 965 АУ | 1996 | 126 | 42 | 126 |
| 33 | 252 | Н 966 АУ | 1996 | 132 | 44 | 132 |
| 34 | 254 | 74-06 КЭЯ | 1994 | 156 | 39 | 197 |
| 35 | 248 | 74-07 КЭЯ | 1994 | 165 | 48 | 233 |
| 36 | 258 | 18-40 КЭЦ | 1993 | 143 | 44 | 263 |
| 37 | 246 | 57-89 КЭО | 1993 | 165 | 64 | 384 |
| 38 | 234 | 91-79 КЭШ | 1993 | 160 | 30 | 160 |
| 39 | 261 | 91-80 КЭШ | 1993 | 155 | 65 | 332 |
| 40 | 266 | 91-77 КЭШ | 1993 | 144 | 38 | 228 |
| 41 | 237 | 91-78 КЭШ | 1993 | 163 | 45 | 271 |
| 42 | 268 | 29-57 КЭЦ | 1993 | 146 | 49 | 294 |
| 43 | 259 | 29-55 КЭЦ | 1993 | 166 | 48 | 288 |
| 44 | 241 | 29-56 КЭЦ | 1993 | 165 | 55 | 236 |
| 45 | 324 | 22-91 КЭЦ | 1993 | 163 | 27 | 163 |
| 46 | 321 | 17-25 КЭЦ | 1993 | 167 | 38 | 266 |
| 47 | 267 | 16-26 КЭЮ | 1994 | 165 | 53 | 165 |
| 48 | 272 | 17-21 КЭЮ | 1994 | 112 | 42 | 210 |
| 49 | 311 | 91-76 КЭШ | 1993 | 143 | 62 | 432 |
| 50 | 309 | 24-71 КЭЦ | 1993 | 191 | 53 | 490 |
| 51 | 274 | 19-41 КЭЦ | 1993 | 164 | 46 | 164 |
| 52 | 307 | 21-93 КЭЦ | 1993 | 141 | 48 | 141 |
| 53 | 276 | 17-57 КЭЮ | 1994 | 157 | 35 | 157 |
| 54 | 281 | 91-72 КЭШ | 1994 | 175 | 58 | 175 |
| 55 | 283 | 24-35 КЭЦ | 1993 | 135 | 55 | 289 |
| 56 | 279 | 92-67 КЭШ | 1994 | 103 | 48 | 348 |
| 57 | 298 | 92-69 КЭШ | 1994 | 128 | 45 | 128 |
| 58 | 290 | 91-73 КЭШ | 1994 | 168 | 49 | 168 |
| 59 | 327 | 91-85 КЭШ | 1993 | 136 | 49 | 246 |
| 60 | 300 | 92-71 КЭШ | 1994 | 188 | 46 | 188 |
| 61 | 332 | 17-20 КЭЮ | 1994 | 164 | 47 | 164 |
| 62 | 337 | 53-60 КЭА | 1993 | 122 | 53 | 361 |

Оценка математического ожидания пробега автомобиля КраЗ – 6510 до предельного состояния $m^*(L_1) = 141$ тыс.км ; оценка дисперсии $D^*(L_1) = 637$ (тыс.км)².

Соответствующие оценки, найденные по прогнозной модели (§ 3.1), составляют: $m^*(L) = 129$ тыс.км; $D^*(L) = 458$ (тыс.км)².

Гипотеза об однородности дисперсий (их отношение характеризует полноту учета прогнозной моделью значимых факторов) проверяется с помощью F – критерия:

$$F = 637 / 458 = 1,39 < F_{кр} (0,05; 61; 63) = 1,53 .$$

Гипотеза об однородности оценок дисперсий не отвергается. Гипотеза об однородности средних значений пробегов, проверенная путем вычисления t – статистики, не подтверждается, расхождение между прогнозом и реальным значением среднего пробега до предельного состояния существенно. Относительная ошибка прогноза составляет $[(141 - 129) / 141] 100 = 9 \%$.

Способ построения прогнозных моделей численными методами позволя-ет находить условные законы распределения прогнозируемых величин. Это дает возможность оценивать вклад воздействия факторов на изменение иссле-дуемого параметра. Ниже приведены прогнозные оценки пробега до предель-ного состояния автомобилей КраЗ – 6510 и потребности в капитальных ремон-тах при условии реконструкции 10% дорог пятой категории и доведения их до четвертой, а также повышения квалификации водителей до уровня безотказной работы $P(t) > 0,85$.

Таблица 2.7 п

Условный ряд распределения пробега $P(L / P(K_1 = 0,6) = 0; P(K_6 = 1) = 1)$ до предельного состояния автомобилей КраЗ-6510

| | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| L, тыс.км | 121 | 132 | 134 | 146 | 150 | 167 |
| P | 0,15 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,15 |

Параметры распределения: $m^*(L / P(K_1 = 0,6) = 0; P(K_6 = 1) = 1) = 142$ тыс.км; $D^*(L / P(K_1 = 0,6) = 0; P(K_6 = 1) = 1) = 205$ (тыс.км)².

Таблица 3.7 п

Условный ряд распределения $P(Q / P(K_1 = 0,6) = 0; P(K_6 = 1) = 1)$ потребнос-ти в капитальных ремонтах автомобилей Краз-6510

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q, ед. | 125 | 139 | 144 | 157 | 159 | 179 |
| P | 0,135 | 0,180 | 0,135 | 0,135 | 0,180 | 0,135 |
| Q, ед. | 209 | 232 | 239 | 261 | 266 | 299 |
| P | 0,015 | 0,020 | 0,015 | 0,015 | 0,020 | 0,015 |

Параметры распределения: $m^*(Q / P(K_1 = 0,6) = 0; P(K_6 = 1) = 1) = 160$ ед.; $D^*(Q / P(K_1 = 0,6; P(K_6 = 1) = 1) = 1213$ кв.ед.

Приложение 8
Таблица 1.8п

Календарная наработка двигателей ЗИЛ-130 после второго и третьего капитального ремонтов

| № пп | № гос. регистр. | № двигателя | Наработка, месяц | № пп | № гос. регистр. | № двигателя | Наработка, месяц |
|------|-----------------|-------------|------------------|------|-----------------|-------------|------------------|
| 1 | 91-52 КЭЗ | 170939 | 7,5 | 31 | 25-18 КЭА | 510005 | 7 |
| 2 | 25-19 КЭЦ | 497003 | 11 | 32 | 82-32 КЭЯ | 498654 | 9 |
| 3 | 74-77 КЭЦ | 352705 | 8 | 33 | 82-31 КЭЯ | 505391 | 11 |
| 4 | 16-24 КЭЦ | 379407 | 10,5 | 34 | 17-47 КЭЦ | 239518 | 6,5 |
| 5 | 16-27 КЭЦ | 260053 | 10 | 35 | 27-27 КЭЦ | 476307 | 8,5 |
| 6 | 16-28 КЭЯ | 248901 | 6,5 | 36 | 27-28 КЭЦ | 508974 | 9,5 |
| 7 | 16-36 КЭЦ | 300614 | 11 | 37 | 27-32КЭЦ | 476907 | 9 |
| 8 | 16-37 КЭЦ | 505623 | 7 | 38 | 82-34 КЭЯ | 399752 | 9 |
| 9 | 24-12 КЭЦ | 481957 | 9,5 | 39 | 82-35 КЭЯ | 481753 | 12,5 |
| 10 | 24-13 КЭЦ | 504117 | 10 | 40 | 82-45 КЭЯ | 439782 | 11,5 |
| 11 | 24-15 КЭЦ | 471228 | 11,5 | 41 | 82-46 КЭЯ | 201857 | 8,5 |
| 12 | 24-20 КЭА | 438501 | 8 | 42 | 75-00 КЭЯ | 188953 | 7 |
| 13 | 24-22 КЭА | 260005 | 6,5 | 43 | 25-12 КЭЮ | 315762 | 8 |
| 14 | 72-78 КЭА | 211746 | 7 | 44 | 82-50 КЭЯ | 327531 | 9 |
| 15 | 23-00 КЭЦ | 288602 | 8,5 | 45 | 25-07 КЭЮ | 491327 | 10 |
| 16 | 82-22 КЭЯ | 307410 | 8,5 | 46 | 25-09 КЭЮ | 497177 | 12,5 |
| 17 | 21-28 КЭЦ | 377662 | 8 | 47 | 43-43 КЭР | 190042 | 11 |
| 18 | 22-13 КЭЦ | 302541 | 8,5 | 48 | 13-14 КЭЖ | 198443 | 9 |
| 19 | 22-73 КЭЦ | 320995 | 7 | 49 | Н 438 АС | 341902 | 8 |
| 20 | 28-11 КЭЦ | 357709 | 10 | 50 | Н 721 АС | 475877 | 9,5 |
| 21 | 82-47 КЭЯ | 299895 | 9 | 51 | 46-88 КЭР | 349004 | 10 |
| 22 | 82-49 КЭЯ | 299856 | 8,5 | 52 | 91-70 КЭШ | 300681 | 8 |
| 23 | 21-97 КЭЦ | 455712 | 11 | 53 | 13-14 КЭЖ | 440136 | 7 |
| 24 | 21-98 КЭЦ | 460091 | 8 | 54 | 91-52 КЭЗ | 292550 | 6,5 |
| 25 | 24-17 КЭЦ | 365092 | 11 | 55 | 51-59 КЭЭ | 354091 | 7,5 |
| 26 | 21-29 КЭЦ | 422006 | 8,5 | 56 | 28-18 КЭЦ | 373008 | 8 |
| 27 | 29-71 КЭЦ | 508033 | 7,5 | 57 | 22-13 КЭЦ | 372900 | 11 |
| 28 | 26-60 КЭЦ | 508046 | 9,5 | 58 | 21-28 КЭЦ | 455094 | 9 |
| 29 | 26-62 КЭЦ | 491374 | 11 | 59 | 72-78 КЭА | 230145 | 10,5 |
| 30 | 29-92 КЭЦ | 495271 | 10,5 | 60 | 28-69 КЭЦ | 500611 | 8,5 |

Оценки числовых характеристик распределения: $m^*(t) = 9$ мес.; $D^*(t) = 2,5$ (мес.)². Для оценки однородности их с оценками числовых характеристик распределения, полученного по результатам опроса экспертов (§ 5.6), равных соответственно 8,6 мес. и 2,04 (мес.)², вычисляется значение F - статистики:

$F = 2,5 / 2,04 = 1,23 < F_{кр} (0,1; 59; 39) = 1,47$. Следовательно, гипотеза о равенстве оценок дисперсий не отвергается. Для проверки однородности оценок математических ожиданий вычисляется значение t_a - статистики:

$$t_a = | [m^*(t) - m^*(t_1)] | [nm(n + m - 2) / (n + m)]^{0,5} / (n D^*(t) + m D^*(t_1))^{-0,5}; \quad (1.7\Pi)$$

$$t_a = |[2,04 - 2,5] | [40 \times 60 (40 + 60 - 2) / (40 + 60)]^{0,5} / (40 \times 2,04 + 60 \cdot 2,5)^{-0,5}$$

=

$$1,47 < t_{\text{выст.кр.}}(0,05; 98) = 1,98.$$

Следовательно, гипотеза о равенстве оценок математического ожидания при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $k = n + m - 2 = 98$

не отвергается, результаты опытно-производственной проверки соответствуют прогнозу, сформулированному на основе оценок экспертов.

Таблица 2.8п

Данные о пробеге автомобилей БелАЗ – 75485 до предельного состояния двигателей ЯМЗ-240 после второго и третьего ремонтов

| № пп | № шасси | № двигателя | Пробег, тыс.км | № пп | № шасси | № двигателя | Пробег, тыс.км |
|---------|------------|----------------|-------------------|---------|------------|----------------|-------------------|
| 1 | 0016230 | 00322 | 83 | 32 | 0015484 | 05837 | 48 |
| 2 | 0015787 | 00143 | 42 | 33 | 0015502 | 01318 | 85 |
| 3 | 0015583 | 00272 | 54 | 34 | 0015654 | 00491 | 32 |
| 4 | 0015579 | 00319 | 68 | 35 | 0015659 | 06380 | 89 |
| 5 | 0015542 | 00352 | 65 | 36 | 0015672 | 00826 | 70 |
| 6 | 0015551 | 07120 | 49 | 37 | 0015677 | 05771 | 53 |
| 7 | 0014133 | 00329 | 58 | 38 | 0015875 | 07628 | 49 |
| 8 | 0017228 | 00285 | 64 | 39 | 0015622 | 06276 | 66 |
| 9 | 0016438 | 00264 | 83 | 40 | 0016367 | 05920 | 54 |
| 10 | 0017122 | 00801 | 87 | 41 | 0016413 | 00641 | 72 |
| 11 | 0017119 | 00642 | 54 | 42 | 0018415 | 04835 | 77 |
| 12 | 0016464 | 00157 | 59 | 43 | 0016419 | 00638 | 54 |

| | | | | | | | |
|----|---------|-------|----|----|---------|-------|-----|
| 13 | 0016451 | 00716 | 48 | 44 | 0015596 | 06148 | 59 |
| 14 | 0013491 | 00293 | 75 | 45 | 0015621 | 06298 | 63 |
| 15 | 0013490 | 00291 | 78 | 46 | 0015624 | 00560 | 58 |
| 16 | 0017233 | 00354 | 91 | 47 | 0015702 | 06271 | 82 |
| 17 | 0017137 | 00717 | 71 | 48 | 0015619 | 06247 | 69 |
| 18 | 0017198 | 07049 | 66 | 49 | 0015481 | 05852 | 102 |
| 19 | 0017133 | 10699 | 73 | 50 | 0015695 | 06221 | 80 |
| 20 | 0014447 | 05455 | 68 | 51 | 0014942 | 05805 | 61 |
| 21 | 0016592 | 00158 | 56 | 52 | 0015687 | 06038 | 72 |
| 22 | 0016546 | 00161 | 61 | 53 | 0015489 | 02371 | 74 |
| 23 | 0015699 | 00337 | 66 | 54 | 0015650 | 08868 | 65 |
| 24 | 0014472 | 00329 | 97 | 55 | 0016369 | 00279 | 85 |
| 25 | 0017095 | 00170 | 54 | 56 | 0015476 | 07840 | 58 |
| 26 | 0017109 | 06080 | 74 | 57 | 0015880 | 00455 | 61 |
| 27 | 0017102 | 00571 | 37 | 58 | 0015320 | 01365 | 88 |
| 28 | 0017101 | 08194 | 61 | 59 | 0015658 | 00722 | 59 |
| 29 | 0017125 | 01250 | 59 | 60 | 0016227 | 00361 | 98 |
| 30 | 0016593 | 06094 | 88 | 61 | 0017112 | 06239 | 79 |
| 31 | 0017111 | 06061 | 37 | - | - | - | - |

Оценки числовых характеристик выборочной совокупности двигателей ЯМЗ-240Н : математического ожидания $m^*(L_1) = 67$ тыс.км; дисперсии $D^*(L_1) = 249$ (тыс. км)².

С помощью F -критерия Фишера проверяется гипотеза о равенстве оценок дисперсий, характеризующем однородность прогнозного фона, формируемого варьированием факторов, действующих в эксплуатации и ремонте. Вычисляется отношение $D^*(L) = 199$ (тыс.км)²(табл.3.7) и $D^*(L_1) = 249$ (тыс.км)²

$$F = 249 / 199 = 1,25 < F(0,05; 60; 135) = 1,32.$$

Гипотеза об однородности прогнозного фона не отвергается. Однородность оценок математических ожиданий проверяется с помощью t -критерия Стьюдента по формуле (1.7п).

$$t = |67 - 78| [136 \cdot 61 (136 + 61 - 2)]^{0,5} [136 \cdot 199 + 61 \cdot 249]^{-0,5} = 4,85.$$

Поскольку гипотеза об однородности средних значений отвергается.

Относительная ошибка прогноза составляет

$$(|67 - 78| / 78) 100\% = 14,1\%.$$

Оценка точности и достоверности прогнозов. Показатель эффективности прогноза. Оценка параметров прогноза при постепенных отказах

В соответствии с данными приложения 6 и расчетными формулами § 6.2

Рассчитываются показатели точности и достоверности прогноза, полученного при наличии информации об эксплуатационных условиях, благодаря которой осуществлено каноническое разложение случайной функции наработки до от-каза КП ЗИЛ-130 после ремонта.

Пусть априори наработка распределена нормально с параметрами $m^{*pr}(L) = 47,4$ тыс.км, $D^{*pr}(L) = (\text{тыс.км})^2$, $S^{*pr}(L) = 10,3$ тыс.км. Апостериорные характеристики равны: $m^{*ps}(L) = 47,4$ тыс.км, $D^{*ps}(L) = 32,4 (\text{тыс.км})^2$, $\tilde{S}^{ps}(L) = 5,7$ тыс.км.

Требуется оценить повышение качества прогноза при доверительной вероятности $P_\delta = 0,8$ и достаточной точности измерений величины пробега, равной 1 тыс.км.

Решение. Априорная энтропия наработки КП

$$H^{pr}(L) = \log_2[10,3 (2pe)^{0,5} / 1] = 5,41 \text{ дв.ед.}$$

$$\text{Апостериорная энтропия } H^{ps}(L) = \log_2[5,7 (2pe)^{0,5}] = 4,56 \text{ дв.ед.}$$

Количественная оценка повышения точности и достоверности прогнозирования: $I = 5,41 - 4,56 = 0,85$ дв.ед. Значит, точность и достоверность

прогноза увеличится в $D = 2^I$ раз, $D = 2^{0,85} = 1,8$.

С другой стороны, разность энтропий в соответствии с формулой (6. 9), равная I ,

$$\log_2(S^{pr} / S^{ps}) = \log_2(10,3 / 5,7) = 0,85 \text{ дв.ед.}$$

Следовательно, точность и достоверность прогноза увеличится в D раз :

$$D = 10,3 / 5,7 = 1,8.$$

И, наконец, интервал возможных значений наработок по априорным данным, тыс.км:

$$R^{pr} = [m^*(L) - t_p S^{pr}(L); m^*(L) + t_p S^{pr}(L)], \\ R^{pr} = (47,4 - 1,282 \cdot 10,3; 47,4 + 1,282 \cdot 10,3) = (34,2; 60,0$$

).

Интервал по результатам прогноза, тыс.км:

$$R^{ps} = (47,4 - 1,282 \cdot 5,7; 47,4 + 1,282 \cdot 5,7) = (40,1; 54,7).$$

Разность энтропий как логарифм отношения длин интервалов:

$$I = \log_2 [(60,6 - 34,2) / (54,7 - 40,1)] = 0,85$$

Показатель эффективности прогноза: $D = (60,6 - 34,2) / (54,7 - 40,1) = 1,8$.

Для рассматриваемого примера $t_p = 1,282$; $P^{pr} = 0,8$; $e = 1,282 \cdot 10,3 = 13,2$.

После получения информации и построения модели канонического разложения

$$t_{p1} = 13,2 / 5,7 = 2,32.$$

Вероятность, оценивающая достоверность прогноза:

$$P^{ps} = \Phi(2,32 \cdot 2^{0,5}) = 0,979.$$

Показатель эффективности прогноза:

$$D = \Phi^{-1}(0,979) / \Phi^{-1}(0,8) = 1,8.$$

Разность априорной и апостериорной энтропий, равная количеству использованной при прогнозировании информации:

$$I = \log_2 [\Phi^{-1}(0,979) / \Phi^{-1}(0,8)] = 1,8 \text{ дв.ед.}$$

Оценки параметров прогноза при внезапных отказах

В соответствии с расчетными формулами § 6.3 и данными § 4.4 отклонения от технологии при ремонте КП ЗИЛ-130 приводят к внезапным отказам в эксплуатации, которые характеризуются средним числом отказов в течение месяца

($I^{pr} = 1$). Среднее квадратическое отклонение промежутков времени между отказами $S^{pr} = 1 / I = 1$ мес. Совершенствование технологии восстановления деталей по прогнозу позволит снизить среднее число отказов в течение месяца до $I^{ps} = 0,8$; $S^{ps} = 1 / 0,8 = 1,25$ мес. Требуется оценить уровень повышения качества ремонта агрегатов на основе увеличения показателей эффективности прогнозирования при $\Delta t = 1$.

Решение. Априорная энтропия системы: $H^{pr}(t) = \log_2(e / 1 \cdot 1) = 1,44$ дв.ед.

Апостериорная энтропия: $H^{ps}(t) = \log_2(e / 0,8 \cdot 1) = 1,76$ дв.ед.

Абсолютная разность энтропий: $I = |1,44 - 1,76| = 0,32$ дв.ед.

Степень увеличения точности и эффективности прогноза за счет повышения качества ремонта $D = 2^{0,32} = 1,25$.

В соответствии с формулами (6.12) и (6.13)

$I = | \log_2(0,8 / 1) | = 0,32$ дв.ед.; $D = 1 / 0,8 = 1,25$.

Пусть $p = 0,75$, тогда время безотказной работы

$t^{pr} = (- \ln 0,75) / 1 = 0,288$ мес., $t^{ps} = (- \ln 0,75) / 0,8 = 0,36$ мес.

Подставляя эти значения в формулы (6.14) и (6.17), получают:

$I = | \log_2(0,288 / 0,36) | = 0,32$ дв.ед., $D = 0,36 / 0,288 = 1,25$.

Пусть вероятность, характеризующая достоверность прогноза при неизменном интервале $t^{pr} = 0,288$ мес., $p^{pr} = 0,75$; тогда апостериорная вероятность для среднего числа отказов в течение месяца $I^{ps} = 0,8$ при $t^{pr} = t^{ps} = 0,288$ мес.:

$$p^{ps} = e^{-0,8 \cdot 0,288} = 0,795.$$

В соответствии с формулами (6.15) и (6.18)

$I = | \log_2(\ln 0,795 / \ln 0,75) | = 0,32$; $D = \ln 0,75 / \ln 0,795 = 1,25$.

Приложение 11

Результаты измерений диаметров юбок поршней и гильз цилиндров двигателей ЯМЗ-240Н. Расчет вероятных величин зазора в сопряжении при сборке без предварительного подбора.

Таблица 1.11п
Результаты измерений диаметров юбок поршней

| Диаметры юбок поршней X_n , мм | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| № пп | X_n | № пп | X_n | № пп | X_n | № пп | X_n | № пп | X_n |
| 1 | 129,808 | 14 | 129,814 | 27 | 129,812 | 40 | 129,812 | 53 | 129,803 |
| 2 | 129,801 | 15 | 129,809 | 28 | 129,812 | 41 | 129,804 | 54 | 129,815 |
| 3 | 129,801 | 16 | 129,806 | 29 | 129,811 | 42 | 129,807 | 55 | 129,804 |
| 4 | 129,803 | 17 | 129,809 | 30 | 129,810 | 43 | 129,812 | 56 | 129,802 |
| 5 | 129,810 | 18 | 129,814 | 31 | 129,806 | 44 | 129,815 | 57 | 129,815 |
| 6 | 129,810 | 19 | 129,814 | 32 | 129,806 | 45 | 129,815 | 58 | 129,814 |
| 7 | 129,807 | 20 | 129,812 | 33 | 129,803 | 46 | 129,813 | 59 | 129,813 |
| 8 | 129,808 | 21 | 129,804 | 34 | 129,804 | 47 | 129,805 | 60 | 129,814 |
| 9 | 129,815 | 22 | 129,814 | 35 | 129,803 | 48 | 129,812 | 61 | 129,803 |
| 10 | 129,814 | 23 | 129,802 | 36 | 129,815 | 49 | 129,807 | 62 | 129,803 |
| 11 | 129,808 | 24 | 129,805 | 37 | 129,815 | 50 | 129,809 | 63 | 129,815 |
| 12 | 129,814 | 25 | 129,812 | 38 | 129,802 | 51 | 129,811 | 64 | 129,814 |
| 13 | 129,807 | 26 | 129,812 | 39 | 129,807 | 52 | 129,815 | - | - |

Таблица 2.11п
Результаты измерений гильз цилиндров

| Диаметры гильз цилиндров X_2 , мм | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| № пп | X_2 | № пп | X_2 | № пп | X_2 | № пп | X_2 | № пп | X_2 |
| 1 | 130,001 | 14 | 130,012 | 27 | 130,017 | 40 | 130,012 | 53 | 130,012 |
| 2 | 130,016 | 15 | 130,018 | 28 | 130,010 | 41 | 130,014 | 54 | 130,006 |
| 3 | 130,007 | 16 | 130,013 | 29 | 130,010 | 42 | 130,003 | 55 | 130,007 |
| 4 | 130,007 | 17 | 130,012 | 30 | 130,008 | 43 | 130,020 | 56 | 130,004 |
| 5 | 130,011 | 18 | 130,016 | 31 | 130,015 | 44 | 130,004 | 57 | 130,012 |
| 6 | 130,019 | 19 | 130,008 | 32 | 130,015 | 45 | 130,020 | 58 | 130,009 |
| 7 | 130,006 | 20 | 130,019 | 33 | 130,009 | 46 | 130,012 | 59 | 130,020 |
| 8 | 130,011 | 21 | 130,012 | 34 | 130,018 | 47 | 130,012 | 60 | 130,012 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|
| 9 | 130,011 | 22 | 130,017 | 35 | 130,012 | 48 | 130,014 | 61 | 130,008 |
| 10 | 130,018 | 23 | 130,014 | 36 | 130,011 | 49 | 130,011 | 62 | 130,012 |
| 11 | 130,009 | 24 | 130,014 | 37 | 130,010 | 50 | 130,013 | 63 | 130,011 |
| 12 | 130,009 | 25 | 130,013 | 38 | 130,018 | 51 | 130,007 | 64 | 130,003 |
| 13 | 130,008 | 26 | 130,005 | 39 | 130,011 | 52 | 130,006 | - | - |

Таблица 3.11п

Распределение системы независимых величин $P(X_n, X_2)$

| $X_2, \text{ мм}$ | | 130,001... 130,005 | 130,006... 130,010 | 130,011... 130,015 | 130,016... 130,020 |
|-------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $X_n, \text{ мм}$ | P | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| 129,801...129,805 | 0,3 | 0,03 | 0,09 | 0,12 | 0,06 |
| 129,806...129,810 | 0,5 | 0,05 | 0,15 | 0,20 | 0,10 |
| 129,811...129,815 | 0,2 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 0,04 |

Программа для вычисления организационных показателей ремонтного
предприятия как системы
массового обслуживания

```

real*8rpt(150),rpp(150),rp7(150)
real*8pt(100),pp(100),pd(150),ps(150),p5(100),p6(100),p7(100),
*   p8(100)
real*8mu,sr5,sr7,sr8
integer xt(100),xp(100),dx(150),sx(150),x5(100),x6(100),x7(100),
*   x8(100)
integer i,j,k,l,m,n,ntmp,l5,l6,l7,l8
integer nt,mp
open (unit=1,status='unknown',file='vekalif')

```

C Исходные данные

```

xt(1)=1
xt(2)=2
xt(3)=3
xt(4)=4
pt(1)=0.09
pt(2)=0.26
pt(3)=0.41
pt(4)=0.24
xp(1)=2
xp(2)=3
xp(3)=4
pp(1)=0.2
pp(2)=0.3
pp(3)=0.5
nt=4
mp=3
mu=3.3

```

C

C

Вычисление Табл. 4

C

Возможные значения с.в. DX=XT-XP

C

```

j=mp
k=1
do 50 i=1,nt
dx(k)=xt(i)-xp(j)
50 k=k+1
m=mp-1
i=nt
do 60 l=1,m
j=j-1
dx(k)=xt(i)-xp(j)
60 k=k+1
ntmp=k-1

```

C

C

Поиск вероятностей PD с.в. DX=XT-XP

```

C
do 65 i=1,ntmp
65 pd(i)=0.0
j=1
70 l=j
i=j
k=mp
80 pd(i)=pd(i)+pt(l)*pp(k)
i=i+1
k=k-1
if(k.ne.(j-1)) goto 80
if(l.eq.nt) goto 100
k=j
l=l+1
90 pd(i)=pd(i)+pt(l)*pp(k)
i=i+1
l=l+1
if(l.le.nt) goto 90
j=j+1
if(j.le.mp) goto 70
100 continue
C print 1000,(dx(i),pd(i),i=1,ntmp)
write(1,1010)
write(1,1000)(dx(i),pd(i),i=1,ntmp)
1000 format(1x,6(1x,i2,1x,f6.3))
1010 format(/15x,'Таблица 4')
C
C Таблица 5
C Ряд распределения машин, остающихся необслуженными
C на конец планового периода.
C
p5(1)=0.0
x5(1)=0
j=2
do 120 i=1,ntmp
if(dx(i).le.0) goto 110
p5(j)=pd(i)
x5(j)=dx(i)
j=j+1
goto 120
110 p5(1)=p5(1)+pd(i)
120 continue
l5=j-1
write(1,1020)
write(1,1000)(x5(i),p5(i),i=1,l5)
1020 format(/15x,'Таблица 5'/
1 11x,'Ряд распределения машин, остающихся необслуженными'/
2 24x,'на конец планового периода.')
C
C Таблица 6
C Распределение недогрузки.
C
p6(1)=0.0
x6(1)=0
j=2
do 150 i=1,ntmp

```

```

        if(dx(i).ge.0) goto 140
        p6(j)=pd(i)
        x6(j)=-dx(i)
        j=j+1
        goto 150
140 p6(1)=p6(1)+pd(i)
150 continue
        l6=j-1
        n=l6/2
        m=l6
        if(n.eq.0)goto 156
        do 155 i=2,n
            j=x6(i)
            sr8=p6(i)
            x6(i)=x6(m)
            p6(i)=p6(m)
            x6(m)=j
            p6(m)=sr8
155 m=m-1
156 write(1,1030)
        write(1,1000)(x6(i),p6(i),i=1,l6)
1030format(/15x,'Таблица 6'/
        1      11x,'Распределение недогрузки.')
C
C      Таблица 7
C      Ряд распределения выходящего потока
C
        i=xt(nt)
        j=xp(mp)
        if(i.ge.j) goto 200
        i=j
200 do 210 j=1,i
        rpt(j)=0.0
        rpp(j)=0.0
210  rp7(j)=0.0
        do 220 j=1,nt
            k=xt(j)
220  rpt(k)=pt(j)
        do 230 j=1,mp
            k=xp(j)
230  rpp(k)=pp(j)
        do 260 k=1,i-1
            j=k
            do 240 l=k,i
240  rp7(k)=rp7(k)+ rpt(j)*rpp(l)
            l=k
            do 250 j=k+1,i
250  rp7(k)=rp7(k)+rpt(j)*rpp(l)
260 continue
        rp7(i)=rp7(i)+rpt(i)*rpp(i)
        k=1
        do 270 j=1,i
        if(rp7(j).eq.0.0) goto 270
        x7(k)=j
        p7(k)=rp7(j)
        k=k+1

```

```

270 continue
    l7=k-1
    print 1000,(x7(i),p7(i),i=1,l7)
    write(1,1040)
    write(1,1000)(x7(i),p7(i),i=1,l7)
C 2000format(1x,4(i2,2x,f6.3))
1040format(/15x,'Таблица 7'/
    1      5x,'Ряд распределения выходящего потока.')
C
C      Таблица 8
C      Ряд распределения машин, находящихся в очереди.
C
    do 280 i=1,l5
280 x5(i)=x5(i)-1
    p8(1)=0.0
    x8(1)=0
    j=2
    do 300 i=1,l5
    if(x5(i).le.0)goto 290
    p8(j)=p5(i)
    x8(j)=x5(i)
    j=j+1
    goto 300
290p8(1)=p8(1)+p5(i)
300continue
    l8=j-1
    do 310 i=1,l5
310    x5(i)=x5(i)+1
    write(1,1050)
    write(1,1000)(x8(i),p8(i),i=1,l8)
1050format(/15x,'Таблица 8'/
    1      11x,'Ряд распределения машин, находящихся в очереди.')
    sr5=0.0
    do 320 i=1,l5
320    sr5=sr5+x5(i)*p5(i)
    sr7=0.0
    do 330 i=1,l7
330    sr7=sr7+x7(i)*p7(i)
    sr8=0.0
    do 340 i=1,l8
340    sr8=sr8+x8(i)*p8(i)
    w=sr8/mu
    write(1,1060)sr5,sr8,w,sr7
1060format(/2x,'среднее число необслуженных машин L=',f6.3
    1 /2x,' средняя длина очереди (число машин) L0=',f6.3
    2 /2x,' среднее время ожидания W =',f6.3
    3 /2x,' среднее число ремонтируемых машин Np=',f6.3)
    continue
end

```

АТО «ЦАТК»
Администрация г. Норильска
Норильский индустриальный институт

УДК 62.002.5

**Положение и методические указания к расчету потребности в ремонтах
агрегатов и автомобилей**

Составил

Алифанов А.Л.

Норильск 1998

Исходными данными при разработке прогноза потребности в ремонтах агрегатов и автомобилей конкретной модели, эксплуатирующихся в регионе, является нормативный ресурс L_n , который корректируется с помощью коэффициентов, учитывающих отличие реальных условий эксплуатации от эталонных [1,2]. Однако большое разнообразие и широкая вариация ускоряющих накопление повреждений факторов, имеющих место в отдаленных осваиваемых районах севера, предполагает при прогнозировании пробега автомобилей до предельного состояния, определяющего потребность в капитальных ремонтах, использование для некоторых коэффициентов распределений вероятностей как исчерпывающих характеристик случайных величин. К ним относятся коэффициент k_1 , значения которого могут изменяться от 1,0 до 0,6 в зависимости от типа и качества дорожного покрытия, рельефа местности и условий движения, коэффициент k_4 , характеризующий возрастную структуру парка, коэффициент k_6 , учитывающий влияние квалификации водителей на эксплуатационную надежность автомобилей и коэффициент k_7 , влияющий на вариацию годового пробега по причине неукомплектованности экипажей, простоев в незапланированных аварийных ремонтах. Число автомобилей в парке и группа коэффициентов: k_2 , учитывающий модификацию автомобиля и варианты организации работы подвижного состава, k_3 , вносящий поправку на природно-климатические и сезонные условия, и k_5 , величина которого обусловлена уровнем проведения технических обслуживаний и ремонтов - в зависимости от их стабильности и величин интервалов варьирования могут быть охарактеризованы как распределениями вероятностей, так и средними значениями. Поэтому число автомобилей, достигающих предельного состояния в течение года и формирующих величину потребности в ремонтах, является случайной величиной, ее распределение зависит от значений констант L_{ng} и L_n и законов распределения случайных величин N и k_i , входящих в формулу (1)

$$Q = L_{ng} \times N \times \prod_{i=1}^n k_i / L_n \prod_{i=1}^m k_i, \quad (1)$$

где N -количество автомобилей рассматриваемой модели в региональном парке, шт., L_{ng} -нормативный годовой пробег автомобилей, тыс. км, n , m -соответственно, число поправочных коэффициентов, влияющих на фактическую величину годового пробега и пробега автомобилей до предельного состояния.

Из формулы (1) следует, что программа для вычисления значений Q в разрядах ряда распределения $P(Q)$ и соответствующие вероятности должна включать подпрограммы, позволяющие осуществлять операции умножения

и деления случайных величин на случайные величины и константы, операцию объединения разрядов, а также операции вычисления абсолютной и относительной ошибок способа прогнозирования, являющихся составляющими суммарной ошибки прогноза.

Подпрограмма операции объединения разрядов учитывает равенство математических ожиданий, дисперсий и интервала варьирования исходного ряда распределения и получаемого в результате процедуры объединения, предполагающей выбор в качестве представителей искомого разрядов, величина которых задается заранее, значения крайних разрядов исходного ряда.

Подпрограмма для вычисления абсолютной ошибки способа прогнозирования предусматривает установление соответствия прогнозной модели возможности определения искомого параметра методом, основанным на свойстве устойчивости средних значений. Оно базируется на следствии из теоремы П.Л.Чебышева, в соответствии с формулой (2)

$$e \leq \sqrt{\tilde{D}(Q) / \bar{Q} (1 - P_\delta)}, \quad (2)$$

где e - абсолютная ошибка прогноза потребности в ремонтах автомобилей, шт., $\tilde{D}(Q)$ - оценка дисперсии потребности, кв.ед., \bar{Q} - среднее значение, принятое в качестве годовой потребности, шт., P_δ - доверительная вероятность. При этом относительная погрешность способа прогнозирования в процентах составит

$$d = 100 e / \bar{Q}, \quad (3)$$

В случае, когда погрешности при заданном уровне доверительной вероятности превышают приемлемые значения, прогнозная модель обеспечивает нахождение условных законов распределения при фиксированных величинах коэффициентов k_i , таким образом, существенно уменьшая дисперсию $D(Q)$ и ошибки прогноза.

```

real*8 NG, L1, L2, PD, M3, M5, l1m3m5, mq, dq, eps, de
real*8 K1(3), K3(3), K4(3), K5(3), K6(3), K7(3)
real*8 P1(3), P3(3), P4(3), P5(3), P6(3), P7(3)
real*8 T2P16(10, 10), T4P164(10, 100)
real*8 K16(9), K164(27), K17(9), KQ(27)
real*8 P16(9), P164(27), P17(9), PQ(27)
real*8 KLG(9), KLGn(9), KL(27)
real*8 TR(3, 9)
integer IT1, n2, n3, i, j, k, l, m, n, ii
character*7 tab/'Таблица'/
character*14 ras/'Распределение'/

```

character*18 rrs/'Ряд распределения'/
open(unit=1, status='unknown', file='v2alif')

C
C
C

Исходные данные

IT1=3
NG=500.0
L1=300.0
L2=70.0
PD=0.8
K1(1)=0.6
P1(1)=0.1
K1(2)=0.7
P1(2)=0.4
K1(3)=0.8
P1(3)=0.5
K3(1)=0.7
P3(1)=0.75
K3(2)=1.0
P3(2)=0.25
K3(3)=0.0
P3(3)=0.0
K4(1)=0.8
P4(1)=0.3
K4(2)=0.9
P4(2)=0.4
K4(3)=1.0
P4(3)=0.3
K5(1)=0.8
P5(1)=0.1
K5(2)=0.9
P5(2)=0.8
K5(3)=1.0
P5(3)=0.1
K6(1)=0.7
P6(1)=0.1
K6(2)=0.85
P6(2)=0.3
K6(3)=1.0
P6(3)=0.6
K7(1)=0.6
P7(1)=0.2
K7(2)=1.0
P7(2)=0.5
K7(3)=1.4
P7(3)=0.3

C Вычисление const, зависящих от количества звеньев IT1


```

n2=it1*it1
n3=it1*n2
C
C   Математическое ожидание
C
M3=0.0
M5=0.0
do 10 i=1, it1
    M3=M3+K3(i)*P3(i)
10    M5=M5+K5(i)*P5(i)
C
C   Табл 2 распределение    P(K1, K6)
C
do 20 i=1, it1
    do 20 l=1, it1
20        T2P16(i, l)=P6(i)*P1(l)
C
C   Табл 3 ряд распределения P(K16)
C
k=0
do 40 i=1, it1
    do 30 l=1, it1
        k=k+1
        K16(k)=K1(l)*K6(i)
        P16(k)=P1(l)*P6(i)
30        continue
40    continue
C
C   Табл 4 распределение    P(K16, K4)
C
n=it1*it1
do 50 i=1, it1
    do 50 l=1, n
50        T4P164(i, l)=P4(i)*P16(l)
C
C   Табл 5 ряд распределения P(K164)
C
k=1
do 70 i=1, it1
    do 60 l=1, n2
        K164(k)=K4(i)*K16(l)
        P164(k)=P4(i)*P16(l)
60        k=k+1
70    continue
C
C   Табл 6 ряд распределения P(L)
C

```

```

11m3m5=L1*M3*M5
do 80 i=1, n3
80     KL(i)=K164(i)*11m3m5
C
C     Табл 8 ряд распределения P(K17)
C
     k=1
do 100 i=1, it1
     do 90 l=1, it1
         K17(k)=K7(i)*K1(l)
         P17(k)=P7(i)*P1(l)
90         k=k+1
100     continue
C
C     Табл 9 ряд распределения P(LГ)
C
do 110 i=1, n2
110     KLG(i)=K17(i)*L2
C
C     Формирование Табл 11
C
do 120 i=1, n2
120     KLGN(i)=KLG(i)*NG
C     Вычисление Q
     k=1
do 140 i=1, n3, it1
     do 130 j=1, n2, it1
         KQ(k)=KLGN(j)/KL(i)
         k=k+1
130     continue
140     continue
C     Вычисление P(Q)
do 150 i=1, n3
150     PQ(i)=0.0
do 180 i=1, it1
     k=1
do 170 j=i, n3, it1
     do 160 l=i, n2, it1
         PQ(k)=PQ(k)+(P164(j)*P17(l))/P1(i)
         k=k+1
160     continue
170     continue
180     continue
C     Вычисление параметров M(Q), D(Q), eps, delta
mq=0.0
dq=0.0
do 190 i=1, n3

```

```

190      mq=mq+kq(i)*pq(i)
do 200 i=1, n3
200      dq=dq+((mq-kq(i))*(mq-kq(i)))*pq(i)
eps=dsqrt(dq/(mq*(1.0-pd)))
de=(eps/mq)*100.0

C
C      Печать документов
C
      write(1, 400)
400      format(21x, 'Исходные данные')
      write(1, 410)NG, L1, L2, PD
410      format(/9x, 'Число автомобилей в парке           N=', f6.0, 'ед.'
1      /9x, 'Нормальный ресурс автомобиля   L1=', f6.0, 'тыс.',
2 'км.',      /9x, 'Плановый годовой пробег   L2=', f6.0, 'тыс.',
3 'км.',      /9x, 'Доверительная вероятность   Pd =', f6.1)
      ii=1
      write(1, 600)tab, ii
600      format(/40x, a7, i2)
      write(1, 605)ras
605      format(21x, a14, 'P(Ki)')
      write(1, 610)
610      format(19x, 30('-'))
      ii=1
      write(1, 620)ii, (K1(i), i=1, it1)
620      format(19x, 'I K', i1, ' I', 3(f8.2))
      write(1, 630)ii, (P1(i), i=1, it1)
630      format(19x, 'I K', i1, ' I', 3(f8.2))
      write(1, 610)
      ii=3
      write(1, 620)ii, (k3(i), i=1, it1)
      write(1, 630)ii, (p3(i), i=1, it1)
      write(1, 610)
      ii=4
      write(1, 620)ii, (k4(i), i=1, it1)
      write(1, 630)ii, (p4(i), i=1, it1)
      write(1, 610)
      ii=5
      write(1, 620)ii, (k5(i), i=1, it1)
      write(1, 630)ii, (p5(i), i=1, it1)
      write(1, 610)
      ii=6
      write(1, 620)ii, (k6(i), i=1, it1)
      write(1, 630)ii, (p6(i), i=1, it1)
      write(1, 610)
      ii=7
      write(1, 620)ii, (k7(i), i=1, it1)
      write(1, 630)ii, (p7(i), i=1, it1)

```

```

write(1, 610)
write(1, 1021)
1021 format(/21x, 'Результаты вычислений.')
ii=3
write(1, 1030)tab, ii
1030 format(/58x, a7, i3)
write(1, 1035)rrs
1035 format(22x, a18, 'P(K16)')
write(1, 1050)
write(1, 1040)(k16(i), i=1, 9)
1040 format('K16 I', 9(f7.3))
C write(1, 1050)
1050 format(68('-'))
write(1, 1060)(p16(i), i=1, 9)
1060 format('P16 I', 9(f7.3))
write(1, 1050)
ii=5
write(1, 1030)tab, ii
write(1, 1070)rrs
1070 format(22x, a18, 'P(K164)')
write(1, 1050)
write(1, 1080)(k164(i), i=1, 9)
1080 format('K164I', 9(f7.3))
C write(1, 1050)
write(1, 1090)(p164(i), i=1, 9)
1090 format('P164I', 9(f7.3))
C write(1, 1050)
write(1, 1050)
write(1, 1080)(k164(i), i=10, 18)
C write(1, 1050)
write(1, 1090)(p164(i), i=10, 18)
C write(1, 1050)
write(1, 1050)
write(1, 1080)(k164(i), i=19, 27)
C write(1, 1050)
write(1, 1090)(p164(i), i=19, 27)
write(1, 1050)
ii=6
write(1, 1030)tab, ii
write(1, 1100)rrs
1100 format(22x, a18, 'P(L)')
write(1, 1050)
write(1, 1110)(kl(i), i=1, 9)
1110 format('L I', 9(f7.1))
write(1, 1120)(p164(i), i=1, 9)
1120 format('PL I', 9(f7.3))
C write(1, 1050)

```

```

write(1, 1050)
write(1, 1110)(kl(i), i=10, 18)
write(1, 1120)(p164(i), i=10, 18)
C
write(1, 1050)
write(1, 1050)
write(1, 1110)(kl(i), i=19, 27)
write(1, 1120)(p164(i), i=19, 27)
write(1, 1050)
ii=8
write(1, 1030)tab, ii
write(1, 1126)rrs
1126 format(22x, a18, 'P(K17)')
write(1, 1050)
write(1, 1121)(k17(i), i=1, 9)
write(1, 1122)(p17(i), i=1, 9)
1121 format('K17 I', 9(f7.2))
1122 format('P17 I', 9(f7.2))
write(1, 1050)
ii=9
write(1, 1030)tab, ii
write(1, 1123)rrs
1123 format(22x, a18, 'P(LJ)')
write(1, 1050)
write(1, 1124)(klg(i), i=1, 9)
write(1, 1125)(p17(i), i=1, 9)
1124 format('LJ I', 9(f7.1))
1125 format('PJ I', 9(f7.2))
write(1, 1050)
ii=11
write(1, 1030)tab, ii
write(1, 1130)rrs
1130 format(22x, a18, 'P(Q)')
write(1, 1050)
write(1, 1140)(KQ(i), i=1, 9)
1140 format('Q I', 9(f7.0))
write(1, 1150)(PQ(i), i=1, 9)
1150 format('P(Q)I', 9(f7.3))
C
write(1, 1160)
C1160 format(49x, 'Ца®□®“;Г-ЁГ В Ё“. 11')
write(1, 1050)
write(1, 1140)(KQ(i), i=10, 18)
write(1, 1150)(PQ(i), i=10, 18)
C
write(1, 1160)
write(1, 1050)
write(1, 1140)(KQ(i), i=19, 27)
write(1, 1150)(PQ(i), i=19, 27)
write(1, 1050)

```

```

write(1, 1170)
1170 format(/18x, 'Параметры распределения P(Q)')
write(1, 1180)mq, dq, eps, de
1180 format(24x, 'M(Q)=', f6.0, 'ед.'
1      /24x, 'D(Q)=', f6.0, 'кв. ед.'
2      /24x, 'EPS =', f6.2, 'ед.'
3      /24x, 'DELTA=', f6.2, '%')
end

```

Рассмотренная прогнозная модель может учитывать любое число факторов, влияние которых на объект оценивается с помощью известных закономерностей либо методами экспериментальных исследований, либо эвристическим или экспертным путем, что повышает эффективность прогнозирования, так как охват моделью максимального количества информации способствует получению наиболее точных и достоверных прогнозных оценок.

Значения коэффициентов k_1, k_2, k_3 принимаются по таблицам [1,2].

Величина коэффициента k_4 принимается равной 1 для новых агрегатов и автомобилей, $k_4 = 0,9$ для автомобилей, прошедших первый капитальный ремонт, для агрегатов – первый и второй капитальные ремонты, $k_4 = 0,8$ - принимается для автомобилей после прохождения двух, для агрегатов – после трех и более капитальных ремонтов.

Коэффициент k_5 варьирует в зависимости от качества технических обслуживаний и текущих ремонтов, определяемых уровнем механизации и использованием средств технического диагностирования: $k_5 = 0,8$ соответствует автомобилям, работающим в полевых условиях, когда обслуживание осуществляется в эпизодически появляющиеся промежутки времени с помощью ручных приспособлений и принадлежностей; $k_5 = 0,9$ имеет место при проведении работ на производственных участках, оснащенных механизированным оборудованием; $k_5 = 1$ при своевременном проведении технических обслуживаний и текущих ремонтов в специализированных зонах по результатам технического диагностирования.

Величину коэффициента k_6 в первом приближении рассчитывают по данным за прошедший год для отдельного водителя или экипажа как произведение

$$k_6 = a b$$

где $a = c / d$, c - количество прогулов, d - общее число смен; $b = f / g$, f - количество выполненных производственных заданий, g - общее количество заданий.

Величина $k_7 = 0,6$ при односменной работе, $k_7 = 1$ - при двухсменной, $k_7 = 1,4$ - при трехсменной.

При расчетах вручную или с помощью микрокалькулятора для нахождения оценки потребности в ремонтах агрегатов или автомобилей \tilde{Q} используют формулу (1) и средние значения коэффициентов k_i . Оценку дисперсии $\tilde{D}(Q)$ находят по приближенной формуле

$$\tilde{D}(Q) = (R / \nu)^2,$$

где R - размах (разность вероятных наибольшего и наименьшего значений Q , которые находят по формуле (1) при наиболее и наименее благоприятных величинах коэффициентов k_i) варьирования Q . ν - коэффициент, принимающий значения в зависимости от величины Q . При $Q = 2 \dots 14$ $\nu = 1,13 \dots 3,41$, при большей величине средней потребности в ремонтах ν растет и для значений $Q = 100$ и более ν принимается равным 6.

Значения e находят по формуле (2) или по табл.1.12п

Таблица 1.12п

Величина ошибки прогноза e в зависимости от величины отношения $D(Q) / Q$, $P_q = 0,8$

| | | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| $D(Q) / Q$ | 0,2 | 0,8 | 1,8 | 3,2 | 5,0 | 7,2 | 9,8 | 12,8 | 16,2 | 20,0 |
| e | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

По формуле (3) находят относительную ошибку определения потребности в ремонтах.

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.- М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1982.- 90 с.

2. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1985. – 416 с.