Министерство науки и образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет)»

Институт «Политехнический»

Факультет «Автотранспортный»

Кафедра «Колесные и гусеничные машины»

«Расчет и прогнозирование показателей надежности автомобиля ЗИЛ - 131»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

по дисциплине по дисциплине «Расчет и оптимизация показателей автомобилей и тракторов»

23.05.01.2022.603.00.00 ПЗ КР

|  |  |
| --- | --- |
|  | Руководитель  \_\_\_\_\_\_\_\_\_/Землянский Ю.М./  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г.  Автор работы студент группы ПЗ-603  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Козак В.Д./  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г.  Работа защищена с оценкой  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. |

**АННОТАЦИЯ**

Козак В.Д. «Расчет и прогнозирование показателей надежности автомобиля ЗИЛ - 131»

– Челябинск: ЮУрГУ. ПЗ-603, 2022, с. 18, рисунков 4, библиографический список – 5 наименования.

Цель курсовой работы: закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса и получения практических навыков в расчете и прогнозировании показателей надежности автомобилей.

**ЗАДАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ…………………………………………………………………………](#_Toc56570590)4

[1. НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ВЫПОЛНИТЬ РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ: ..…………………………………………](#_Toc56570591)……5

[1.1. определить среднее значение и среднее квадратическое отклонение ресурса (пробега) до капитального ремонта ………………………………………………6](#_Toc56570592)

1.2. определить коэффициент вариации, доверительный интервал…………..…7

1.3. определить закон распределения ресурсов автомобилей……………………8

1.4. построить полигон экспериментального распределения, интегральную функцию эмпирического распределения………………………………………….9

1.5. выбрать теоретический закон распределения………………………………..10

1.6. рассчитать и построить графики дифференциальной и интегральной функций выбранного теоретического распределения………………………….. 11

1.7. проверить совпадение теоретического и экспериментального распределения с помощью критерия Пирсона……………………………………………………..12

[2. ИСПОЛЬЗУЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН ВЫПОЛНИТЬ ПРОГНОЗ КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ ТОЙ ЖЕ МОДЕЛИ, КОТОРЫЕ ПОТРЕБУЮТ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ИЛИ СПИСАНИЯ В ЗАДАННОМ ИНТЕРВАЛЕ ПРОБЕГА И ПРИ ЗАДАННОМ ПРОБЕГЕ…………………………………………………………………………...](#_Toc56570594).16

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ……………………………………………………………….…….17](#_Toc56570599)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ………………………….…….](#_Toc56570600)18

**ВВЕДЕНИЕ**

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса и получения практических навыков в расчете и прогнозировании показателей надежности автомобилей.

В курсовой работе выполнен расчет ресурса автомобиля ЗИЛ - 131, выполнен прогноз количества автомобилей, которые потребуют капитального ремонта или списания в заданном интервале пробега и при заданном пробеге.

1. НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДКОНТРОЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ВЫПОЛНИТЬ РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ:

**Исходные данные**: ЗИЛ 131

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Границы интервала пробега, тыс. км. | | Кол-во авто. предел. состоян. | Данные для прогнозирования показателей | |
| от | до | Общее кол-во авто. | 100 |
| 110 | 154 | 3 | Инт. пробега, тыс. км. | 275-300 |
| 154 | 198 | 5 | Вел. пробега, тыс. км. | 350 |
| 198 | 242 | 15 |  |  |
| 242 | 286 | 16 |  |  |
| 286 | 330 | 13 |  |  |
| 330 | 374 | 7 |  |  |
| 374 | 418 | 3 |  |  |
| Общее кол-во наблюдаемых авто. | | 62 |  |  |

**1.1. определить среднее значение и среднее квадратическое отклонение ресурса (пробега) до капитального ремонта**

Необходимо определить среднее значение и среднее квадратическое отклонение ресурса (пробега) до капитального ремонта;

Для этого определяем середины интервалов пробега и относительные частоты :

Таблица 1.2 –Результаты расчета параметров экспериментального распределения пробегов автомобилей до капитального ремонта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  инт. | Границы интервала,  тыс.км | | Кол-во авто. предел. состоян, | Относительная частота, | Середина интервала , тыс.км |  |  |  |
| от | до |
| 1 | 110 | 154 | 3 | 0,0484 | 132 | 6,39 | 67097,7 | 201293,132 |
| 2 | 154 | 198 | 5 | 0,0806 | 176 | 14,19 | 201,5 | 1007,28408 |
| 3 | 198 | 242 | 15 | 0,2419 | 220 | 53,23 | 2833,0 | 42494,7971 |
| 4 | 242 | 286 | 16 | 0,2581 | 264 | 68,13 | 4641,6 | 74265,0406 |
| 5 | 286 | 330 | 13 | 0,2097 | 308 | 64,58 | 4170,7 | 54218,5765 |
| 6 | 330 | 374 | 7 | 0,1129 | 352 | 39,74 | 1579,4 | 11055,9501 |
| 7 | 374 | 418 | 3 | 0,0484 | 396 | 19,16 | 367,2 | 1101,46514 |
| Суммы | | | | | | 265,42 |  | 385436,246 |

Средняя наработка до капитального ремонта, км, рассчитывается следующим образом:



Для нахождения среднего квадратического отклонения находим дисперсию:

Для наших данных.

Тогда среднее квадратическое отклонение

В нашем случае .

**1.2. определить коэффициент вариации, доверительный интервал**

Необходимо определить коэффициент вариации, доверительный интервал;

Доверительный интервал определяется следующим образом:

Для *N*> 30 величина *Δ* определяется по формуле

где — значение критерия Стьюдента при доверительной вероятности *PD* = 1- α (α - уровень значимости α = 0,05; он характеризует вероятность ошибки) и числу степеней свободы:.

Для уровня значимости α = 0,05; доверительной вероятности *PD*= 0,95 и числе степеней свободы значение критерия Стьюдента равно= 1,99.

Предельная абсолютная ошибка (погрешность)

Доверительный интервал наработки на отказ равен

265,42 – 20,08< M(x) <265,42 + 20,08;

245,34 тыс.км <*М*(*х*) <285,5 тыс.км

Коэффициент вариации находим по формуле

Подставим данные

**1.3. определить закон распределения ресурсов автомобилей**

Следующим пунктом определим закон распределения ресурсов автомобилей.

Для построения закона распределения необходимо найти функцию вероятности отказа F(x) за наработку х, которая представляет собой экспериментальную интегральную функцию распределения пробегов автомобиля до отказа, которую рассчитывают как сумму накопленных частостей *mi* в каждом интервале.

Функция изменяется в интервале [0; 1].

Плотность вероятности отказа *f*(*x*) , которая характеризует распределение вероятности отказов от пробега, представляет собой дифференциальную функцию эмпирического распределения пробегов автомобиля до отказа , определяемая как отношение относительной частоты *mi* к длине интервала

Результаты расчета интегральной и дифференциальной функций экспериментального распределения сводим в таблицу 1.3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  инт. | Границы интервала,  тыс.км | | К-во а/м, потребо-вавших КР, | Относительная частота, | Середина интервала , тыс.км | Вероятность отказа за наработку *x* | Плотность вероятности отказа | Вероятность безотказной работы *P*Э(*x*) автомобиля за наработку *x* |
| от | до |
| 1 | 110 | 154 | 3 | 0,0484 | 132 | 0,05 | 0,0011 | 0,95 |
| 2 | 154 | 198 | 5 | 0,0806 | 176 | 0,13 | 0,0018 | 0,87 |
| 3 | 198 | 242 | 15 | 0,2419 | 220 | 0,37 | 0,0055 | 0,63 |
| 4 | 242 | 286 | 16 | 0,2581 | 264 | 0,63 | 0,0059 | 0,37 |
| 5 | 286 | 330 | 13 | 0,2097 | 308 | 0,84 | 0,0048 | 0,16 |
| 6 | 330 | 374 | 7 | 0,1129 | 352 | 0,95 | 0,0026 | 0,05 |
| 7 | 374 | 418 | 3 | 0,0484 | 396 | 1,00 | 0,0011 | 0,00 |

**1.4. построить полигон экспериментального распределения, интегральную функцию эмпирического распределения**

Теперь можно построить полигон экспериментального распределения, интегральную функцию эмпирического распределения.

При построении графика полигона экспериментального распределения по оси *X* - откладываем значения середин интервалов пробега до капитального ремонта в тыс.км. По оси *Y* - относительные частоты . При построении графика интегральной функции распределения по оси *X* - откладываем значения границ интервалов пробега до капитального ремонта в тыс.км. По оси *Y* - значения .

Рисунок 1.1. - Полигон экспериментального распределения пробега автомобиля до капитального ремонта

Рисунок 1.2 - График интегральной функции экспериментального распределения

**1.5. выбрать теоретический закон распределения**

Необходимо выбрать теоретический закон распределения.

Исходя из сходства внешнего вида полигона экспериментальных значений дифференциальной функций распределения (см. рисунок 1.1) и теоретических кривых *f*(*x*) (рисунок 1.2), а также рассчитанного значения коэффициента вариации: (для закона нормального распределения ) и анализа физических закономерностей формирования нормального закона распределения, предполагаем, что для распределения ресурса (пробега) автомобиля до капитального ремонта характерен нормальный закон распределения.

**1.6. рассчитать и построить графики дифференциальной и интегральной функций выбранного теоретического распределения**

Рассчитаем и построим графики дифференциальной и интегральной функций выбранного теоретического распределения.

Определяем значения нормированной переменной для границ интервалов и заносим полученные значения в таблицу 4

………………………………………….

По таблицам П1 и П2 приложения определяем значения функций и

,

а затем делаем обратный переход от центрированной и нормированной функции к и по формулам

и заносим полученные значения в таблицу 4. Аналогично для других границ интервалов.

Таблица 1.4 - Расчет дифференциальной и интегральной функции выбранного теоретического распределения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  инт. | Границы интервала ,  тыс.км | Дифференц. функция | | Дифференц. функция | Интеграл. функция | Интеграл. функция |
| 1 | 110 | -1,97 | 0,0570 | 0,0007 | 0,0243 | 0,0243 |
| 2 | 154 | -1,41 | 0,1468 | 0,0019 | 0,0787 | 0,0787 |
| 3 | 198 | -0,86 | 0,2767 | 0,0035 | 0,1961 | 0,1961 |
| 4 | 242 | -0,30 | 0,3817 | 0,0048 | 0,3832 | 0,3832 |
| 5 | 286 | 0,26 | 0,3856 | 0,0049 | 0,6030 | 0,6030 |
| 6 | 330 | 0,82 | 0,2851 | 0,0036 | 0,7938 | 0,7938 |
| 7 | 374 | 1,38 | 0,1544 | 0,0020 | 0,9159 | 0,9159 |
| 8 | 418 | 1,94 | 0,0608 | 0,0008 | 0,9738 | 0,9738 |

**1.7. проверить совпадение теоретического и экспериментального распределения с помощью критерия Пирсона**

Выполним проверку на совпадение теоретического и экспериментального распределения с помощью критерия Пирсона.

На основании полученных результатов (см. таблицу 4) строим графики дифференциальной и интегральной функций выбранного теоретического распределения. Для удобства построения по оси ***X*** - откладываем значения границ интервалов пробега до капитального ремонта в тыс.км. По оси Y - значения .

Рисунок 1.3 - График дифференциальной функции теоретического распределения

При построении графика интегральной функции распределения по оси ***Y*** откладываем значение .

Рисунок 1.4 - График интегральной функции теоретического распределения

Для проверки совпадения экспериментального и теоретического распределения используем критерий Пирсона . Для расчета критерия Пирсона определяем теоретическую частоту попадания случайной величины в каждый из интервалов ***k***, т.е. количество автомобилей , потребовавших капитального ремонта при пробеге в ***i***-м интервале, определенное по теоретическому закону распределения:

где - значение интегральной функции распределения для границы интервала , принимаются по таблице 4.

Например, для первого интервала от 110 до 154 тыс. км пробега

.

Расчетное значение критерия определяется по формуле

Разработанная вероятностная математическая модель адекватна результатам эксперимента, если

где - критическое значение критерия Пирсона для заданного уровня значимости **α** и числа степеней свободы . В противном случае математическая модель считается неадекватной и ее нельзя применять для обобщения результатов экспериментов и прогнозирования рассматриваемых показателей. Результаты расчета представим в таблице 5.

Таблица 1.5 - Расчет критерия Пирсона

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  инт. | Границы интервала,  тыс.км | | К-во а/м, потребо-вавших КР, | Относительная частота, |  |  |  |
| от | до |
| 1 | 110 | 154 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0,0 |
| 2 | 154 | 198 | 5 | 7 | -2 | 5 | 0,7 |
| 3 | 198 | 242 | 15 | 12 | 3 | 12 | 1,0 |
| 4 | 242 | 286 | 16 | 14 | 2 | 6 | 0,4 |
| 5 | 286 | 330 | 13 | 12 | 1 | 1 | 0,1 |
| 6 | 330 | 374 | 7 | 8 | -1 | 0 | 0,0 |
| 7 | 374 | 418 | 3 | 4 | -1 | 0 | 0,1 |

Определяем число степеней свободы:

где ***S*** - число оцененных параметров теоретического распределения. Для нормального закона распределения: ***S* = 2**. Таким образом:

.

По таблицам - распределения Пирсона (таблица П3) определяют критическое значение критерия для заданного уровня значимости **α** и числа степеней свободы ***v***. Для уровня значимости α = 0,05 и числа степеней свободы = 4, критическое значение критерия: = 9,488.

Т.к. , то делаем вывод, что вероятностная математическая модель адекватна и теоретический закон распределения вероятности отказа автомобиля от наработки (пробега) - закон нормального распределения – выбран верно и его можно использовать для прогнозирования количества автомобилей той же модели, эксплуатируемые в тех же условиях, которые откажут (потребуют ремонта) в заданном интервале пробега или при заданном пробеге.

2. ИСПОЛЬЗУЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН ВЫПОЛНИТЬ ПРОГНОЗ КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ ТОЙ ЖЕ МОДЕЛИ, КОТОРЫЕ ПОТРЕБУЮТ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ИЛИ СПИСАНИЯ В ЗАДАННОМ ИНТЕРВАЛЕ ПРОБЕГА И ПРИ ЗАДАННОМ ПРОБЕГЕ

|  |  |
| --- | --- |
| Данные для прогнозирования показателей | |
| Общее кол-во авто. | 100 |
| Инт. пробега, тыс. км. | 275-300 |
| Вел. пробега, тыс. км. | 350 |

Количество автомобилей, которые потребуют капитального ремонта в интервале пробега от ***L*1** до ***L*2** определяется по формуле:

где и - значения теоретической функции интегрального распределения при пробегах и , которые определяются по таблице 4. Количество автомобилей, которые потребуют капитального ремонта при пробеге до ***L*3** определяется по формуле:

где - значение теоретической функции интегрального распределения при пробеге , которое определяется по таблице 4.

Общее количество автомобилей, для которых выполняется прогнозирование, равно: = 100. Количество автомобилей, которые потребуют капитального ремонта в интервале пробега от 275 тыс.км до 300 тыс.км определяется:

Окончательно принимаем 13 автомобиля.

Определим количество автомобилей, которые потребуют капитального ремонта при пробеге до 350 тыс.км

Окончательно принимаем 86 автомобилей.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате расчета ресурса легкового автомобиля ЗИЛ-131 было определено: среднее значение пробега до капитального ремонта: ; среднее квадратическое отклонение: ; коэффициент вариации: ; доверительный интервал: 245,34 тыс.км <*М*(*х*) < 285,5 тыс.км; выбран нормальный закон распределения, т. к. ; построен полигон экспериментального распределения (см. рисунок 1) и график интегральной функции эмпирического определения (см. рисунок 2); рассчитаны и построены графики дифференциальной (см. рисунок 3) и интегральной функции (см. рисунок 4) выбранного теоретического распределения; проверено совпадение экспериментального и теоретического распределения с помощью критерия Пирсона.

При прогнозировании сделан расчет, сколько из 100 легковых автомобилей – в интервале пробега от 275 тыс.км до 300 тыс.км потребуют капитального ремонта 13 автомобилей; при пробеге до 350 потребует капитального ремонта 86 автомобилей.

# **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Научные исследования и решение инженерных задач: Учебн. Пособие/ С.С. Кучур, М.М. Болбас, В. К. Ярошевич. - Мн., 2003

2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. - Мн.: НПО «Транстехника», 1998. - 60 с.

3. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: Учебник/ М.М.Болбас, Н.М.Капустин, А.С.Савич и др; Под ред. М. М. Болбаса – Мн., 2004. - 528 с.

4. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Научные исследования и решение инженерных задач»–рест: БГТУ, 2006.-55 с.

5. Ящерицын П. И., Махаринский Е. И. Планирование эксперимента в машиностроении: [Справ. пособие]. – Мн.: Выш. шк., 1985 – 286 с., ил.