«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»

ОТЧЕТ ПРИНЯТ

Оценка ___________

Ст. преподаватель кафедры МОНГП

______________ Т.А. Утемисов

(подпись и дата)

Обработка информации о надежности буровых и нефтепромысловых машин

ОТЧЕТ

о практических занятиях

по дисциплине "Основы теории надежности"

Студент группы МП-18-01 Сафаров Д. В.

Уфа 2022

Содержание

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

Введение

Нагрузки, действующие на детали, агрегаты буровых и нефтегазопромысловых машин во время эксплуатации носят случайный характер. Случайными являются также характеристики материалов, конкретное значение которых зависит от множества факторов. Примерами случайной величины являются наработка на отказ, интенсивность отказов, технический ресурс, срок службы машины и т.д.

Совокупность значений случайной величин, расположенных в возрастающем порядке с указаниями вероятностей их появлений, называют распределением случайных величин. Соотношения устанавливающие связь между возможными, значениями случайной величины и соответствующим им вероятностями, называют законом распределения. Законы распределения могут задаваться аналитически, в виде графиков или таблиц.

В теории надежности используются разнообразные законы распределения. Задача теории надежности заключаются в выборе такого закона распределения, который наиболее полно отражает происходящий физический процесс. Подобрав теоретический закон распределения, решают практические задачи по определению показания надежности машин.

Для УЭЦН и нефтегазовых машин очень характерно рассеивание значений показателей надежности. Наряду с особенностями конструкции машин, технологией их изготовления большое влияние на разброс показателей надежности оказывают условия эксплуатации техники.

Под условиями эксплуатации понимаются климатические условия, квалификации обслуживающего персонала, состояние ремонтной базы, режим работы, особенности хранения оборудования, обеспеченность запасными частями, горюче-смазочными материалами и т.д. На глубинное оборудование значительные влияние оказывают угол искривления скважины, в которой эксплуатируется оборудование, ее глубина. Очень специфичны и разнообразны нагрузки, действующие на буровые и нефтегазопромысловые машины. В связи с этим статистическая информация должна отражать особенности режимов работы и условиях эксплуатации машин.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Требуется обработать результаты пассивных экспериментов методом математической статистики. По обработанным данным выбрать теоретический закон распределения, и по выбранному закону предложит влияющий фактор на надежность, также определить показатели надежности трубобура, т.е. свойства объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния, а также приспособленность к предупреждению и обнаружению отказов путем обслуживания.

Обработка статистической информации о надежности ведется в следующей последовательности:

- Анализ статистического материала и построение статистического ряда информации;
- Расчет параметров статистического распределения;
- Оценка резко выделяющихся величин;
- Построение эмпирического и теоретического показателя надежности;
- Выбор теоретического закона распределения;
- Проверка гипотезы о соответствии эмпирического и теоретического распределения с помощью критериев согласия;
- Определение доверительных границ показателя надежности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

Исходные данные

№ 34 Наработка до отказа турбобура, ч.:

63, 31, 57, 92, 2, 80, 44, 65, 97, 87, 48, 22, 95, 76, 3, 82, 54, 26, 50, 71, 6, 92, 36, 59, 70, 28, 35, 46, 67, 39, 90, 52, 17, 63, 93, 4, 79, 25, 91, 82, 7, 47, 75, 67, 83, 19, 58, 73, 89, 62, 53,

п=65

№ 31

Наработка до отказа турбобура, ч.:

21, 127, 3, 31, 67, 51, 8, 33, 42, 10, 58, 24, 33, 102, 25, 124, 21, 34, 66, 31, 17, 2, 85, 46, 16, 7, 76, 107, 116, 2, 3, 78, 24, 27, 84, 10, 22, 18, 97, 28, 47, 8, 44, 24, 55, 53, 70, 9, 24, 76, 35, 51, 11, 13, 16, 71, 96, 70, 56, 31, 21, 49, 33, 59, 71, 43 ,

п=66

1. Анализ статистического материала.

Таблица №1 Рабочая таблица (распределение наработки до отказа трубобура по оси времени).

<table>
<tr><th>t_i</th><th>Частота n_i</th><th>t_i</th><th>Частота n_i</th><th>t_i</th><th>Частота n_i</th><th>t_i</th><th>Частота n_i</th></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td>35</td><td>||</td><td>69</td><td></td><td>103</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>|||</td><td>36</td><td>|</td><td>70</td><td>|||</td><td>104</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>|||</td><td>37</td><td></td><td>71</td><td>|||</td><td>105</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>|</td><td>38</td><td></td><td>72</td><td></td><td>106</td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td>39</td><td>|</td><td>73</td><td>|</td><td>107</td><td>|</td></tr>
<tr><td>6</td><td>|</td><td>40</td><td></td><td>74</td><td></td><td>108</td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>||</td><td>41</td><td></td><td>75</td><td>|</td><td>109</td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>||</td><td>42</td><td>|</td><td>76</td><td>|||</td><td>110</td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>|</td><td>43</td><td>|</td><td>77</td><td>|</td><td>111</td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>||</td><td>44</td><td>||||</td><td>78</td><td>|</td><td>112</td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>|</td><td>45</td><td></td><td>79</td><td>|</td><td>113</td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td></td><td>46</td><td>||</td><td>80</td><td>|</td><td>114</td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>||</td><td>47</td><td>||</td><td>81</td><td></td><td>115</td><td></td></tr>
<tr><td>14</td><td></td><td>48</td><td>|</td><td>82</td><td>|||</td><td>116</td><td>|</td></tr>
<tr><td>15</td><td></td><td>49</td><td>|</td><td>83</td><td>|</td><td>117</td><td></td></tr>
<tr><td>16</td><td>||</td><td>50</td><td>|</td><td>84</td><td>|</td><td>118</td><td></td></tr>
<tr><td>17</td><td>||</td><td>51</td><td>||</td><td>85</td><td>|</td><td>119</td><td></td></tr>
<tr><td>18</td><td>|</td><td>52</td><td>|</td><td>86</td><td></td><td>120</td><td></td></tr>
<tr><td>19</td><td>||</td><td>53</td><td>||</td><td>87</td><td>|</td><td>121</td><td></td></tr>
<tr><td>20</td><td></td><td>54</td><td>||</td><td>88</td><td></td><td>122</td><td></td></tr>
<tr><td>21</td><td>|||</td><td>55</td><td>|</td><td>89</td><td>|</td><td>123</td><td></td></tr>
<tr><td>22</td><td>||</td><td>56</td><td>|</td><td>90</td><td>|</td><td>124</td><td>|</td></tr>
<tr><td>23</td><td></td><td>57</td><td>|</td><td>91</td><td>|</td><td>125</td><td></td></tr>
<tr><td>24</td><td>|||||</td><td>58</td><td>||</td><td>92</td><td>||</td><td>126</td><td></td></tr>
<tr><td>25</td><td>||</td><td>59</td><td>||</td><td>93</td><td>||</td><td>127</td><td>|</td></tr>
<tr><td>26</td><td>|</td><td>60</td><td></td><td>94</td><td>|</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>27</td><td>|</td><td>61</td><td></td><td>95</td><td>|</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>28</td><td>|</td><td>62</td><td>|</td><td>96</td><td>|</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>29</td><td></td><td>63</td><td>||</td><td>97</td><td>||</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>30</td><td></td><td>64</td><td></td><td>98</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>31</td><td>||||</td><td>65</td><td>|</td><td>99</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>32</td><td></td><td>66</td><td>|</td><td>100</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>33</td><td>|||</td><td>67</td><td>|||</td><td>101</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>34</td><td>|</td><td>68</td><td></td><td>102</td><td>|</td><td></td><td></td></tr>
</table>

n = 65

t_i - наработка трубобура до отказа;

n_i^* - частота.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист

1.1 Построение вариационного ряда.

Построение вариационного ряда путем ранжирования наработку турбобура до отказа.

Таблица № 2 Вариационный ряд

1	2	4	4	5	6	6	12	12	14	17	17
19	21	21	27	29	30	30	33	35	36	36	39
41	43	44	45	46	46	49	50	52	56	57	57
60	60	62	62	63	64	65	67	72	76	77	78
78	78	78	82	87	93	97	98	99	102	113	117
119	124	124									

n = 63

1.2 Построение статистического интервального ряда.

Вычисляем число интервалов k $k=\sqrt{n}=\sqrt{63}=7,98\approx 8$

Вычисляем величину интервалов $\Delta t=\frac{t_{max}-t_{min}}{k}=\frac{124-1}{8}=15,38\approx 15$

Таблица №3 Статистический интервальный ряд

Интервал, ч	Середина интервала t_i , ч	Частота n^*_i	Опытная вероятность $P_i^*=\frac{n_i}{n}$	$\sum\frac{n_i}{n}$	$\frac{n_i}{n\cdot\Delta t}$
0...15	7,5	10	0,1587	0,1587	0,0105
15...30	22,5	7	0,1111	0,2698	0,0074
30...45	37,5	10	0,1587	0,4285	0,0105
45…60	52,5	9	0,1428	0,5713	0,0095
60...75	67,5	9	0,1428	0,7141	0,0095
75...90	82,5	8	0,1269	0,841	0,0084
90...105	97,5	5	0,0793	0,9203	0,0052
105...120 120...135	120	5(3+2)	0,0793	0,9996	0,0052

n = 63

Поскольку частота в интервалах 105...120; 120...135 меньше 5, то необходимо объединить эти интервалы. И следовательно еще рас построить статистический ряд

Таблица №4 Статистический ряд с объеденными интервалами.

Интервал, ч	Середина интервала t_i , ч	Частота n^*_i	Опытная вероятность $p_i=\frac{n_i}{n}$	$\sum\frac{n_i}{n}$	$\frac{n_i}{n\cdot\Delta t}$
0...15	7,5	10	0,1587	0,1587	0,0105
15...30	22,5	7	0,1111	0,2698	0,0074
30...45	37,5	10	0,1587	0,4285	0,0105
45…60	52,5	9	0,1428	0,5713	0,0095
60...75	67,5	9	0,1428	0,7141	0,0095
75...90	82,5	8	0,1269	0,841	0,0084
90...105	97,5	5	0,0793	0,9203	0,0052
105...120	120	5	0,0793	0,9996	0,0052

n = 63

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Расчет параметров статистического распределения.

2.1 Расчет математического ожидания.

Математическое ожидание случайной величины называется сумма произведений всех возможных значений случайной величины на вероятность этих значений $M(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} t \cdot f(t)\,dt$.

На практике для оценки математического ожидания используют среднее арифметическое значение случайной величины.

При n = 125, то есть n >25 математическое ожидание $\bar{t}$ рассчитывается последующей формуле $\bar{t}=\sum_{1}^{k} t_{ic} \cdot p_i$.

$\bar{t}$ = 7,5·0,1587 + 22,5·0,1111 + 37,5·0,1587 + 52,5·0,1428 + 67,5·0,1428 + 82,5·0,1269 + 97,5·0,0793 + 120·0,0793 = 99,64 ч.

$\bar{t}$ =99,64 ч.

2.2 Расчет дисперсии.

Важным параметром распределения является дисперсия. Дисперсия характеризует разбросанность значения случайной величины около ее математического ожидания.

При n = 125, то есть n >25 дисперсия D рассчитывается последующей формуле$D=\sum_{1}^{k} ¿¿$.

D = $(7,5-99,64)^2$·0,1587 + $(22,5-99,64)^2$·0,1111 + $(37,5-99,64)^2$·0,1587 + $(52,5-99,64)^2$·0,1428 + $(67,5-99,64)^2$·0,1269 + $(82,5-99,64)^2$·0,0793+ $(97,5-99,64)^2$·0,0793 + $(120-99,64)^2$·0,0793 = =5061,58 $ч^2$

D = 5061,58$ч^2$.

2.3 Определение среднеквадратического отклонения.

Дисперсия имеет размерность квадрата случайной величины, поэтому часто пользуются среднеквадратическим отклонением случайной величины. $\sigma=\sqrt{D}$.

$\sigma=\sqrt{5061,58}=71,14\,ч$.

2.4 Расчет коэффициента вариации.

Коэффициент вариации характеризует рассеяние показателя надежности V:

$V=\frac{\sigma}{\bar{t}}=\frac{71,14}{99,64}=0,71$.

3. Оценка резко выделяющихся величин.

3.1 Оценка по критерию 3σ.

Приближенную оценку информации на выпадающие точки проводят по правилу $\bar{t} \pm 3\cdot\sigma$, если значения случайной величины за эти приделы, то все точки информации считают действительными.

$$\bar{t}-3\cdot\sigma\; 99,64-3\cdot 71,14=-113,78 \; \bar{t}+3\cdot\sigma\; 99,64 \mp 3\cdot 71,14=313,06$$

Все значения случайной величины входят в промежуток $-113,78$... $313,06$, значит все точки информации являются действительными.

3.2 Оценка по критерию Романовского.

При применении критерия Романовского вычисляют $\bar{t}$ и σ без учета сомнительного члена ряда распределения t . Если $\frac{|\bar{t}-t|}{\sigma}>t_\alpha$, при n = 63 $t_\alpha = 2{,}02$, то данный результат можно исключить из дальнейшего рассмотрения, где t - выделяющиеся величина.

Проверим 124,117,119:

\ $\frac{|99,64-117|}{71,14}=0,24\le t_\alpha;$

$\frac{|99,64-119|}{71,14}=0,28\le t_\alpha;;$

$\frac{|99,64-124|}{71,14}=0,34\le t_\alpha;$

Так как $t_{117} \le t_\alpha$; $t_{124} \le t_\alpha$; $t_{119} \le t_\alpha$; $t_{124} \le t_\alpha$, то 124,119,117 можно не исключать из дальнейшего рассмотрения/

3.3 Оценка по критерию Ирвина.

Определяют критерий λ по формуле $\lambda=\frac{t_i-t_{i-1}}{\sigma}$,

где $t_i u t_{i-1}$ смежные точки информации.

Если $\lambda>\lambda_p$ при n = 63 $\lambda_p=1,0$, то данный результат можно исключить из дальнейшего рассмотрения, где t_i и t_{i-1} смежные точки информации.

Проверим 124: $\lambda=\frac{124-119}{71,14}=0,07<\lambda_p$, так как $\lambda<\lambda_p$, то нет необходимости исключать эту величину.

Проверим 119: $\lambda=\frac{119-117}{71,14}=0,07<\lambda_p$, так как $\lambda<\lambda_p$, то нет необходимости исключать эту величину.

3.4 Оценка по критерию Груббса.

По критерию Груббса проверяют крайние члены распределения. Расчет ведется по формуле $v=\frac{|t-\bar{t}|}{\sigma}$, если $v>v_\alpha$, при n = 63 $v_\alpha=6,85$, то крайние члены исключаются из рассмотрения

Для наименьшей точки: $v_1=\frac{|1-99,64|}{71,14}=1,39<v_\alpha$

Для наибольшей точки: $v_{124}=\frac{|124-99,64|}{71,14}=0{,}342<v_\alpha$

Так как $v_1<v_\alpha$ и $v_{124}<v_\alpha$, то нет необходимости исключать эти величины

Так как после оценки резко выделяющихся величин не были исключены 124; 119; 117; то нет необходимости строить вариационный ряд без этих величин.

Таблица 5 – Вариационный ряд (без изменения)

1	2	4	4	5	6	6	12	12	14	17	17
19	21	21	27	29	30	30	33	35	36	36	39
41	43	44	45	46	46	49	50	52	56	57	57
60	60	62	62	63	64	65	67	72	76	77	78
78	78	78	82	87	93	97	98	99	102	113	117
119	124	124									

n=63

4. Расчет и построение графиков статистических функций.

Таблица №6 Функции статистического распределения

N	Δt	t_{ic}	$n_i^{¿}$	$p_i=\frac{n_i^{¿}}{n}$	$f^{¿}(t)=\frac{n_i^{¿}}{n*\Delta t}$	$F^{¿}(t)=\sum\frac{n_i^{¿}}{n}$	$P^{¿}(t)=1-F^{¿}(t)$	$\lambda^{¿}(t)=\frac{f_{\square}^{¿}(t)}{P_{\square}^{¿}(t)}$
1	15	7,5	10	0,1587	0,0105	0,1587	0,8413	0,0124
2	15	22,5	7	0,1111	0,0074	0,2698	0,7302	0,01
3	15	37,5	10	0,1587	0,0105	0,4285	0,5715	0,0183
4	15	52,5	9	0,1428	0,0095	0,5713	0,4287	0,0221
5	15	67,5	9	0,1428	0,0095	0,7141	0,2859	0,0332
6	15	82,5	8	0,1269	0,0084	0,841	0,159	0,0528
7	15	97,5	5	0,0793	0,0052	0,9203	0,0797	0,0652
8	30	120	5	0,0793	0,0052	0,9996	0,0004	13
						1	0	∞

n = 63

$f^*(t)$ - дифференциальная функция распределения (эмперическая плотность распределения;

$P^*(t)$ - обратная интегральная функция распределения;

p_i - вероятность попадания случайной величины в i-ый интервал;

$F^*(t)$ - интегральная функция распределения;

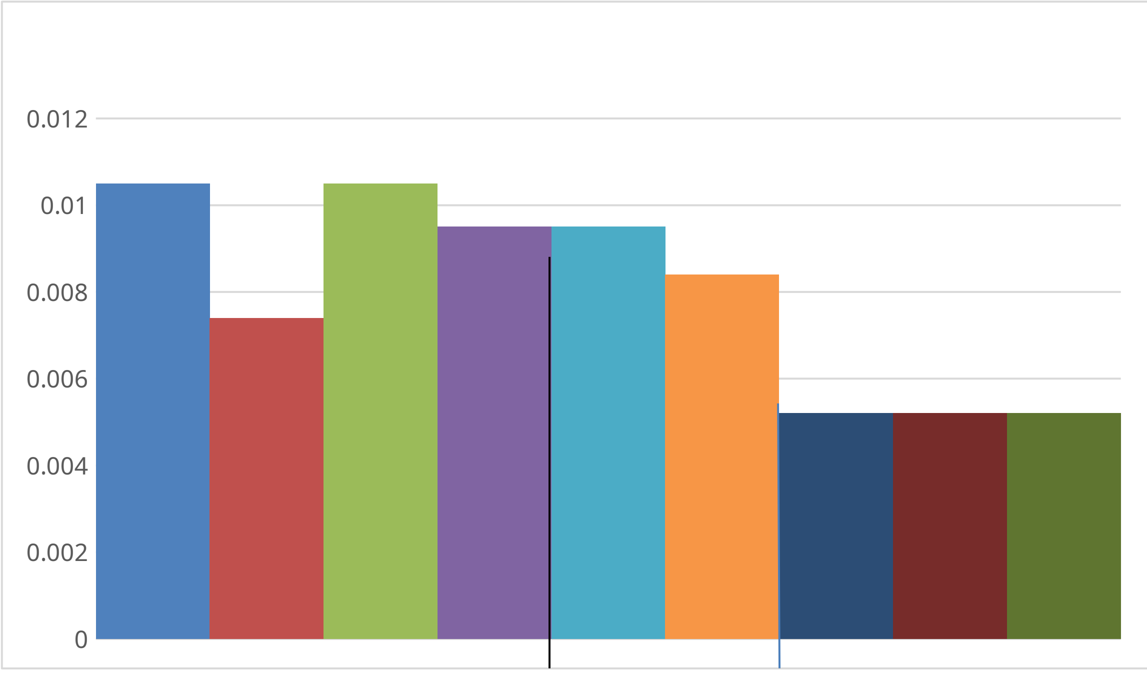
$\lambda^*(t)$ - функция интенсивности отказов;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

4.1 Построение гистограммы плотности распределения наработки турбобура до отказа

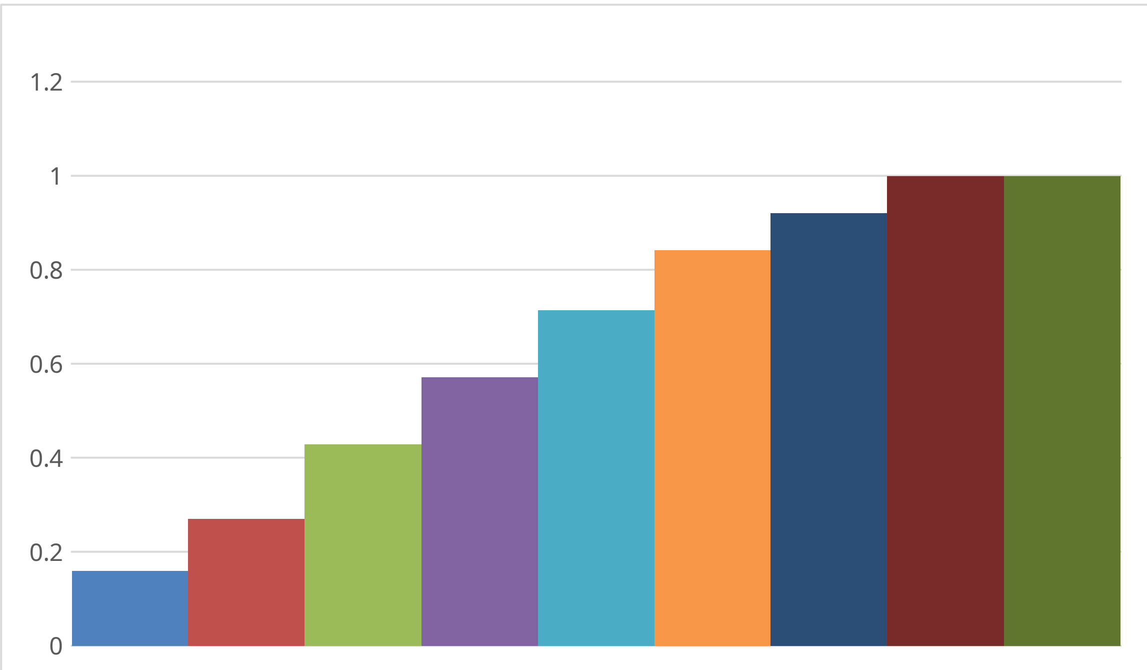
4.1 Построение гистограммы дифференциальной функции.

Рисунок № 1 Гистограмма эмпирической плотности распределения f(t)



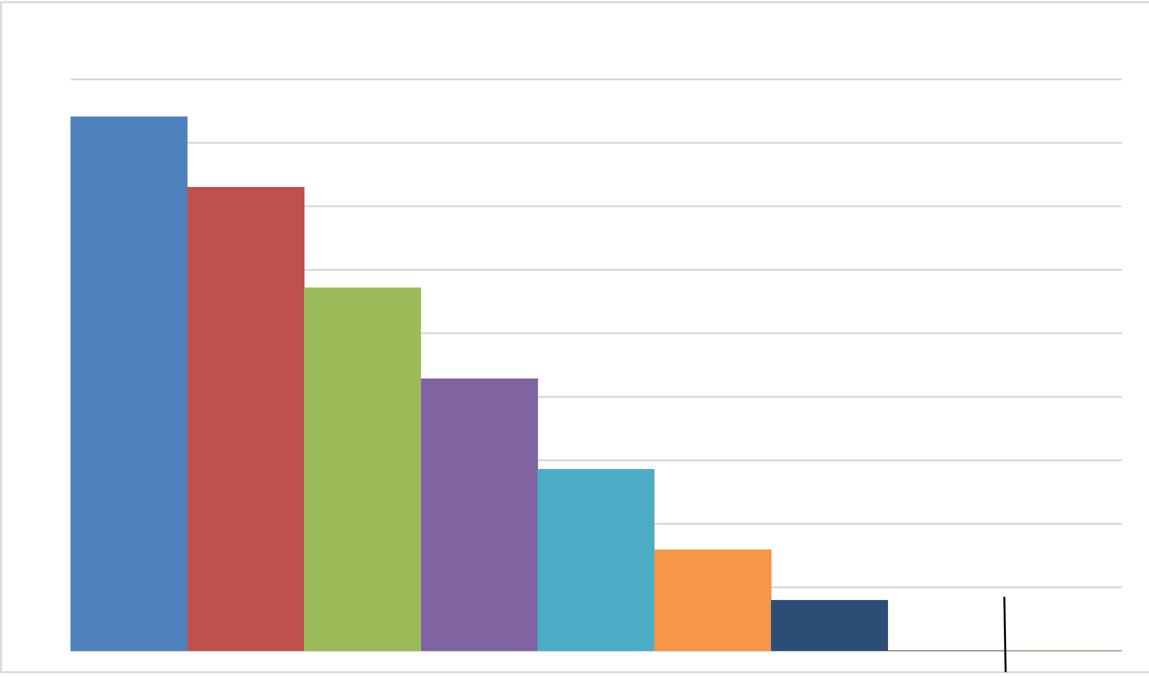
4.2 Построение гистограммы интегральной функции.

Рисунок № 2 Гистограмма интегральной функции распределения F(t)



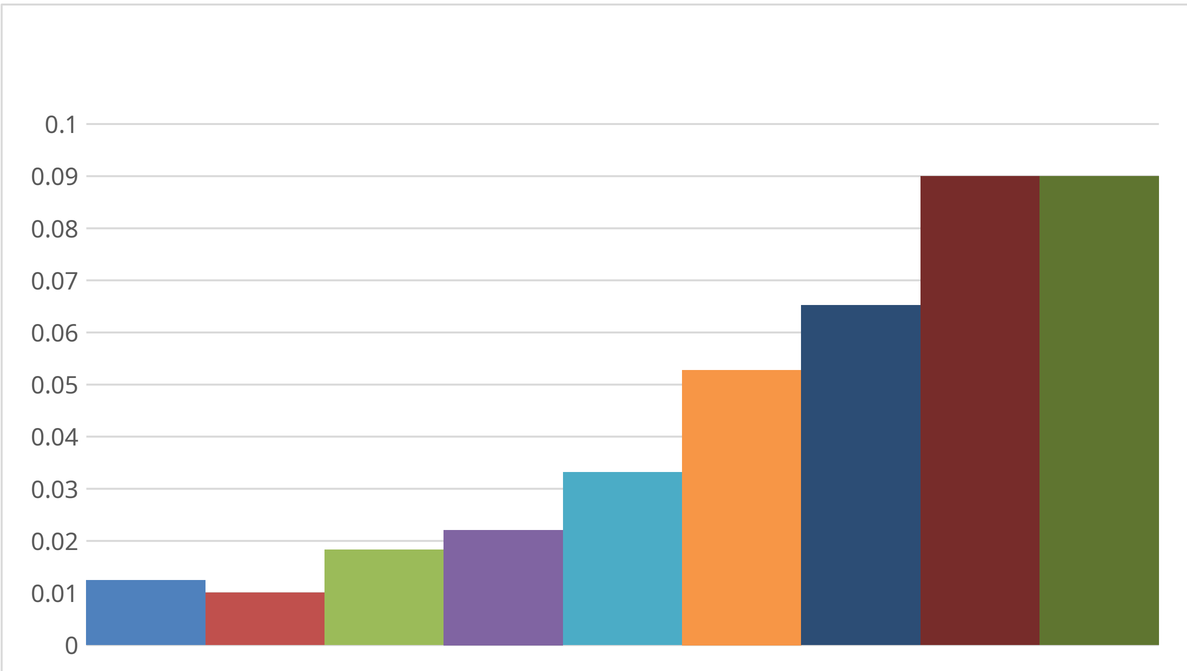
4.3 Построение гистограммы обратной интегральной функции.

Рисунок № 3 Гистограмма обратной интегральной функции P(t).



4.4 Построение гистограммы функции интенсивности.

Рисунок № 4 Гистограмма функции интенсивности λ(t)



					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

5. Выбор теоретического закона распределения.

При обработке статистического материала важной задачей является подбор теоретического закона распределения, наилучшим образом описывающего статистическое распределение.

Теоретический закон подбирают, принимая во внимание:

-физическую природу отказов;

-опыт отработки деталей и изделий аналогичного назначения;

-форму кривой плотности распределения;

-совпадение опытных точек с теоретической кривой интегральной функции безотказности;

-коэффициент вариации.

Значение коэффициента вариации, характеризующего рассеивание показателя надежности, уже позволяет судить об условиях эксплуатации машин и их технологии изготовления.

Определим коэффициент вариации.

$$V=\frac{\sigma}{\bar{t}}=\frac{71,14}{99,64}=0,71.$$

Так как V > 0,5, то выбираем закон распределения Вейбулла. Если V < 0,30-0,50, то выбираем тот закон , который дает лучшее совпадение по критериям согласия.

$$f(t)=\frac{b}{a}*\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}*\exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right];$$

$$F(t)=1-\exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right];$$

$$P(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right];$$

$$\lambda(t)=\frac{b}{a}*\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист

Определим параметры распределения Вейбулла:

Так как коэффициент вариации V=0,71, то таблице "Параметры и коэффициенты закона распределеня Вейбулла" определяем в каком промежутке он находится: $0,681 < V < 0,723$.

Применив метод линейной интерполяции вычислим коэффициент b:

$0,681 < V < 0,723$
$1,5 > b > 1,4$

0,042 - 100%
29 - x%
0,0

$$x=\frac{0,029*100}{0,042}=69,1\%;$$

Тогда 1,5 - 1,4 = 0,1

0,1 - 100%
x - 69,1%

$$x=\frac{0,1*69,1}{100}=0,0691;$$

b = 1,5 - 0,0691 = 1,4309.

Для определения параметра а необходимо найти K_b, применив метод линейной интерполяции: $a=\frac{\bar{t}}{K_b};$

$0,681 < V < 0,723$
$0,903 < K_b < 0,911$

0,042 - 100%
0,029 - x%

$$x=\frac{0,029*100}{0,042}=69,1\%;$$

Тогда 0,911 - 0,903 = 0,006

0,008 - 100%
x - 69,1%

$$x=\frac{0,008*69,1}{100}=0,00523;$$

K_b = 0,911 - 0,00523 = 0,90577;

$$a=\frac{\bar{t}}{K_b}=\frac{99,64}{0,90571}=110.$$

Следовательно уравнения закона распределения Вейбулла примут вид:

$$f(t)=\frac{1{,}4309}{110}*\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309-1}*\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$F(t)=1-\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$P(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$\lambda(t)=\frac{1{,}4309}{110}*\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309-1}.$$

Разделив коэффициенты получим:

$$f(t)=0{,}013*\left(\frac{t}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$F(t)=1-\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$P(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right];$$

$$\lambda(t)=0{,}013*\left(\frac{t}{110}\right)^{0{,}4309}.$$

6. Расчет и построение теоретических функций.

6.1 Расчет дифференциальной функции распределения.

$$f(t)=0{,}013*\left(\frac{t}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1{,}4309}\right]$$

$$f(0)=0{,}013*\left(\frac{0}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{0}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0\,\frac{1}{ч};$$

$$f(15)=0{,}013*\left(\frac{15}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{15}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0052\,\frac{1}{ч};$$

$$f(30)=0{,}013*\left(\frac{30}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{30}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0064\,\frac{1}{ч};$$

$$f(45)=0{,}013*\left(\frac{45}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{45}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0067\,\frac{1}{ч};$$

$$f(60)=0{,}013*\left(\frac{60}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{60}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0066\,\frac{1}{ч};$$

$$f(75)=0{,}013*\left(\frac{75}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{75}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0062\,\frac{1}{ч};$$

$$f(90)=0{,}013*\left(\frac{90}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{90}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0056\,\frac{1}{ч};$$

$$f(105)=0{,}013*\left(\frac{105}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{105}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}005\,\frac{1}{ч};$$

$$f(135)=0{,}013*\left(\frac{135}{110}\right)^{0{,}4309}*\exp\left[-\left(\frac{135}{110}\right)^{1{,}4309}\right]=0{,}0037\,\frac{1}{ч};$$

6.2 Расчет интегральной функции распределения.

$$F(t)=1-\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1,4309}\right];$$

$$F(0)=1-\exp\left[-\left(\frac{0}{110}\right)^{1,4309}\right]=0;$$

$$F(15)=1-\exp\left[-\left(\frac{15}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,0562;$$

$$F(30)=1-\exp\left[-\left(\frac{30}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,1443;$$

$$F(45)=1-\exp\left[-\left(\frac{45}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,2429;$$

$$F(60)=1-\exp\left[-\left(\frac{60}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,343;$$

$$F(75)=1-\exp\left[-\left(\frac{75}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,439;$$

$$F(90)=1-\exp\left[-\left(\frac{90}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,5278;$$

$$F(105)=1-\exp\left[-\left(\frac{105}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,6077;$$

$$F(135)=1-\exp\left[-\left(\frac{135}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,7383;$$

6.3 Расчет обратной интегральной функции распределения.

$$P(t)=\exp\left[-\left(\frac{t}{110}\right)^{1,4309}\right];$$

$$P(0)=\exp\left[-\left(\frac{0}{110}\right)^{1,4309}\right]=1;$$

$$P(15)=\exp\left[-\left(\frac{15}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,9438;$$

$$P(30)=\exp\left[-\left(\frac{30}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,8557;$$

$$P(45)=\exp\left[-\left(\frac{45}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,7571;$$

$$P(60)=\exp\left[-\left(\frac{60}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,6569;$$

$$P(75)=\exp\left[-\left(\frac{75}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,5609;$$

$$P(90)=\exp\left[-\left(\frac{90}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,4722;$$

$$P(105)=\exp\left[-\left(\frac{105}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,3924;$$

$$P(135)=\exp\left[-\left(\frac{135}{110}\right)^{1,4309}\right]=0,2617;$$

6.4 Расчет функции интенсивности отказов.

$$\lambda(t)=0{,}0339*\left(\frac{t}{110}\right)^{0{,}4309}.$$

$$\lambda(0)=0{,}0339*\left(\frac{0}{110}\right)^{0{,}4309}=0;$$

$$\lambda(15)=0{,}0339*\left(\frac{15}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0055;$$

$$\lambda(30)=0{,}0339*\left(\frac{30}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0074;$$

$$\lambda(45)=0{,}0339*\left(\frac{45}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0088;$$

$$\lambda(60)=0{,}0339*\left(\frac{60}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}01;$$

$$\lambda(75)=0{,}0339*\left(\frac{75}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}011;$$

$$\lambda(90)=0{,}0339*\left(\frac{90}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0119;$$

$$\lambda(105)=0{,}0339*\left(\frac{105}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0127;$$

$$\lambda(135)=0{,}0339*\left(\frac{135}{110}\right)^{0{,}4309}=0{,}0142.$$

Найдем разность между функциями F*(t) и F(t):

$$|D| = F^*(t) - F(t);$$
$$|D_1| = 0{,}1587 - 0{,}0052 = 0{,}1535;$$
$$|D_2| = 0{,}2698 - 0{,}0064 = 0{,}2634;$$
$$|D_3| = 0{,}4285 - 0{,}0067 = 0{,}4218;$$
$$|D_4| = 0{,}5713 - 0{,}0066 = 0{,}5647;$$
$$|D_5| = 0{,}7141 - 0{,}0062 = 0{,}7079;$$
$$|D_6| = 0{,}841 - 0{,}0056 = 0{,}8354;$$

$$|D_7| = 0,9203 - 0,005 = 0,9153;$$
$$|D_8| = 0,9996 - 0,0037 = 0,9959.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

Определим вероятность попадания случайной величины в i-ый интервал p_i:

$$p_i = p_{in} - p_{ik};$$

где p_{in} и p_{ik} – функция вероятности в конце и начале i-го интервала

$$p_1 = 1- 0,9438 = 0,0562;$$
$$p_2 = 0, 9438 - 0,8557 = 0,0881;$$
$$p_3 = 0, 8557 - 0,7571 = 0,0986;$$
$$p_4 = 0, 7571 - 0,6569 = 0,1002;$$
$$p_5 = 0, 6569 - 0,5609 = 0,096;$$
$$p_6 = 0, 5609 - 0,4722 = 0,0887;$$
$$p_7 = 0, 4722 - 0,3924= 0,0798;$$
$$p_8 = 0, 3924 - 0,2617 = 0,1307.$$

Сведем полученные данные в таблицу:

Таблица № 9 Данные расчетов теоретического закона распределения.

t	n_i*	f(t)	P(t)	p_i	F*(t)	F(t)	λ (t)	|D|
0		0	1			0	0	
15	10	0,0052	0,9438	0,0562	0,1587	0,0562	0,0055	0,1535
30	7	0,0064	0,8557	0,0881	0,2698	0, 1443	0,0074	0,2634
45	10	0,0067	0,7571	0,0986	0,4285	0,2429	0,0088	0,4218
60	9	0,0066	0,6569	0,1002	0,5713	0,343	0,01	0,5647
75	9	0,0062	0,5609	0,096	0,7141	0,439	0,011	0,7079
90	8	0,0056	0,4722	0,0887	0,841	0,5278	0,0119	0,8354
105	5	0,005	0,3924	0,0798	0,9203	0,6077	0,0127	0,9153
135	5	0,0037	0,2617	0,1307	0,9996	0,7387	0,0142	0,9959

n = 63

(t) - дифференциальная функция распределения (эмперическая плотность распределения;

P(t) - обратная интегральная функция распределения;

p_i - вероятность попадания случайной величины в i-ый интервал;

F(t) - интегральная функция распределения;

λ(t) - функция интенсивности отказов;

|D| - разность между функциями F*(t) и F(t).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист

Рисунок №5 Гистограмма и график теоретического эмпирической плотности f(t)

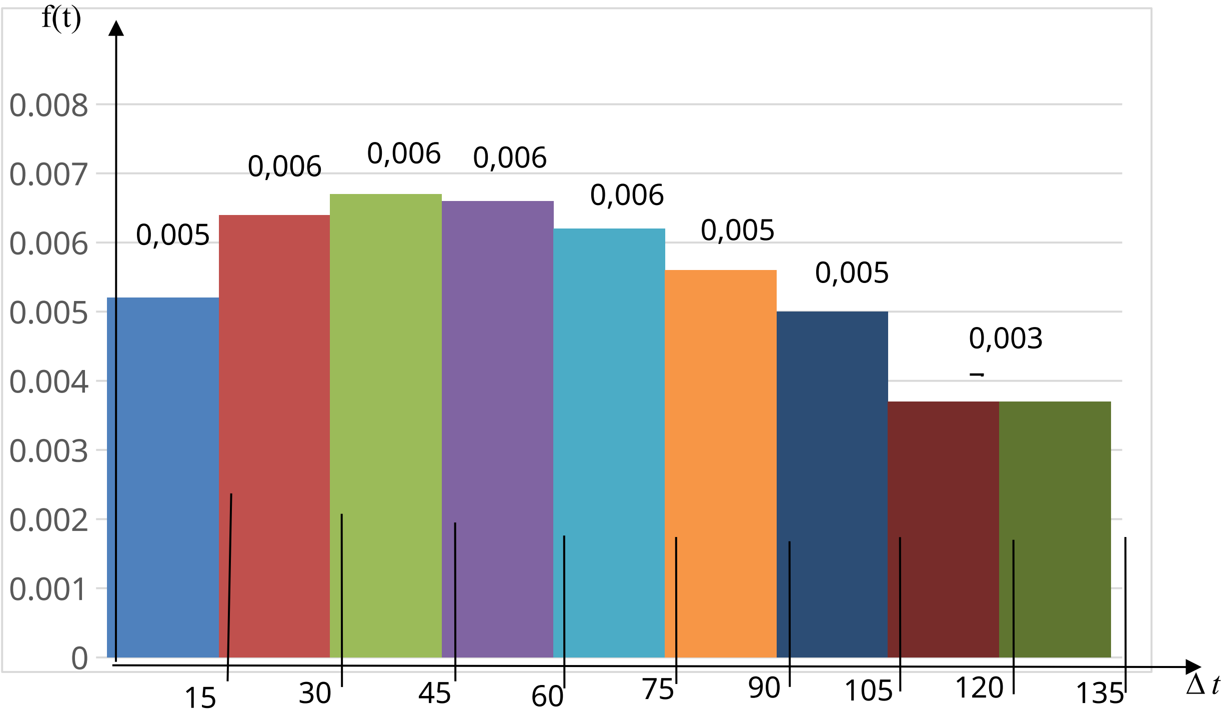
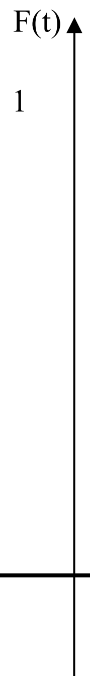
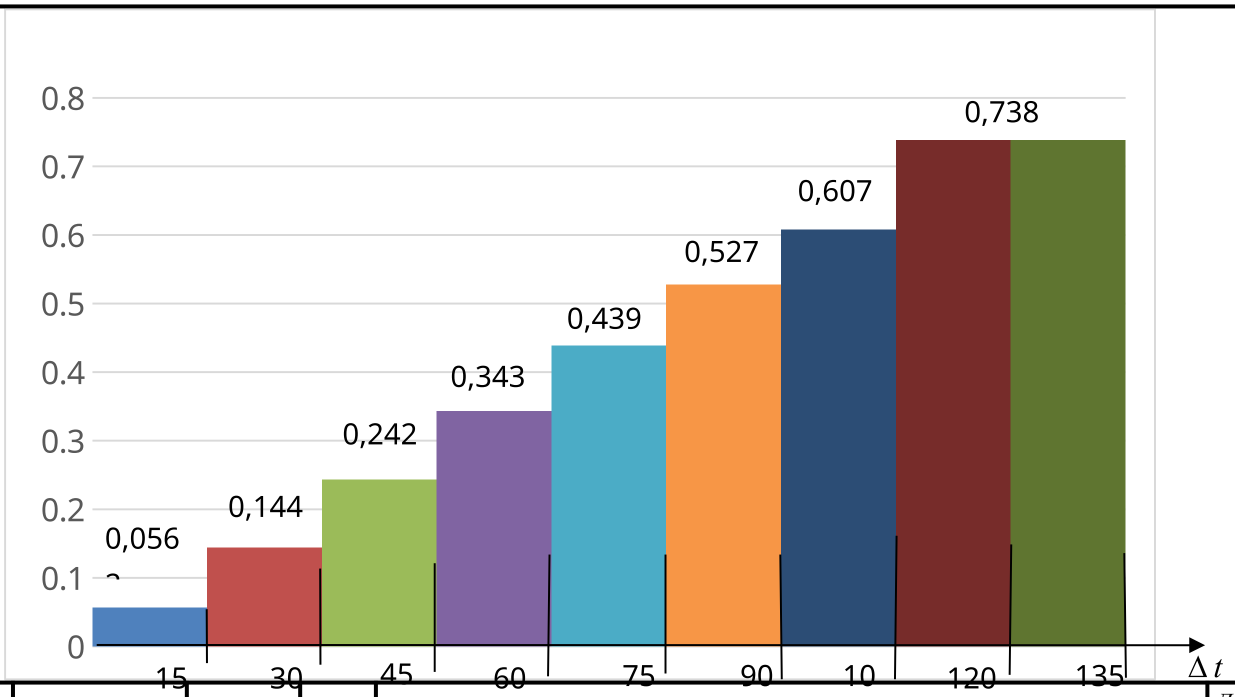


Рисунок №6 Гистограмма и график теоретического интегральной функции F(t).





						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок №7 Гистограмма и график теоретического обратной интегральной функции P(t)

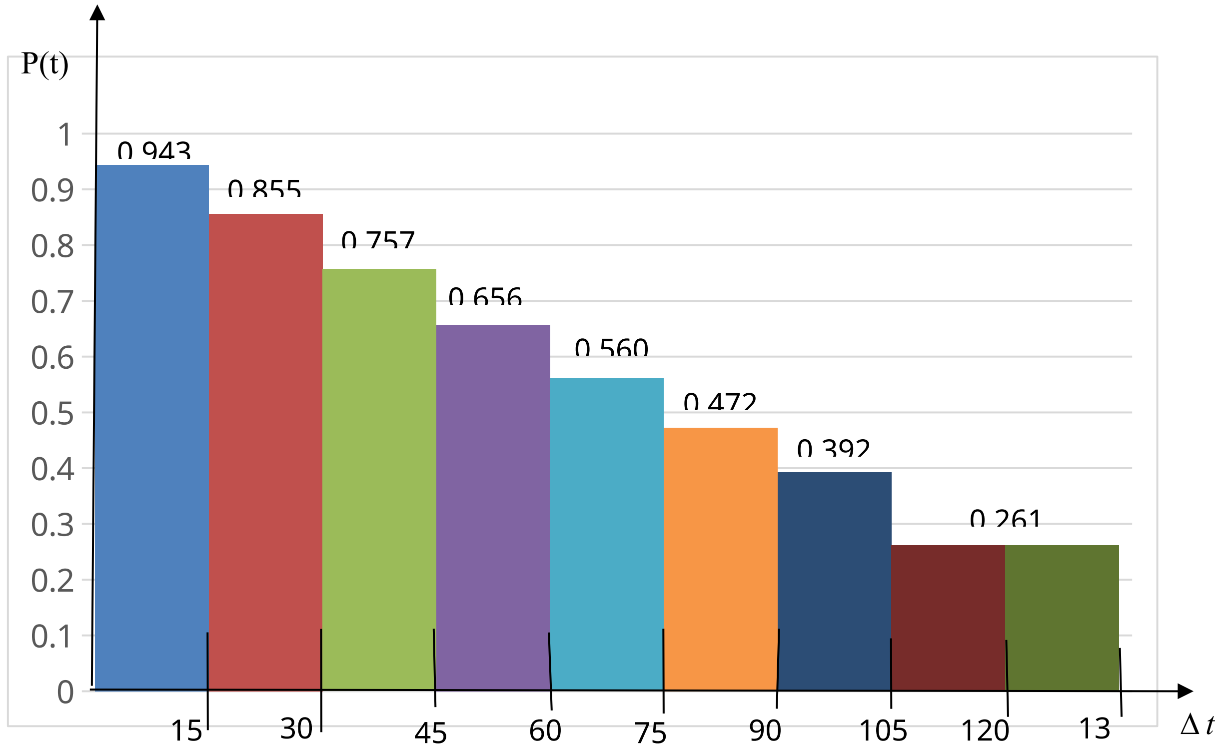
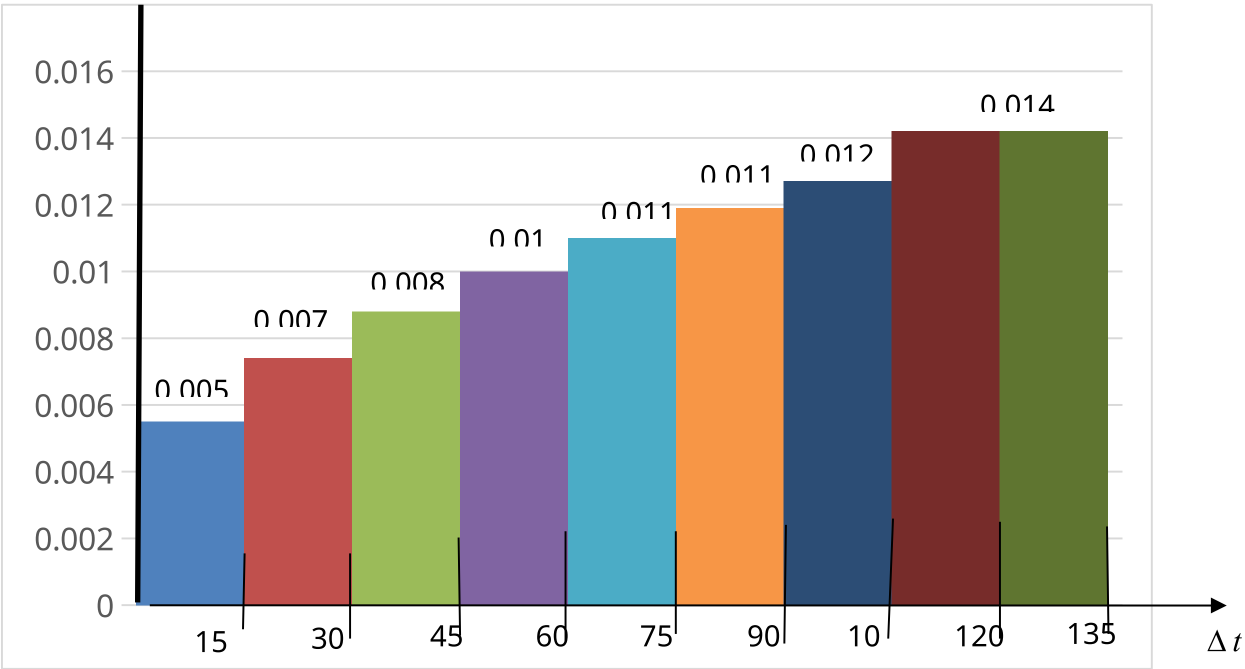


Рисунок №8 Гистограмма и график теоретического интенсивности отказов λ (t)

λ (t)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

7. Проверка гипотезы о соответствии эмпирического и теоретического распределения с помощью критериев согласия.

Критерии согласия применяют для оценки близости статистического и теоретического распределения. Наиболее часто используют критерий К. Пирсона и критерий А. Н. Колмогорова.

В отличие от критерия К. Пирсона критерий А. Н. Колмогорова можно применять при малой выборке. Но при больших объемах наблюдений предпочтение отдают критерию К. Пирсона.

7.1 Критерий согласия К. Пирсона.

Критерий согласия К. Пирсона или "критерий χ^2" определяют по формуле: $\chi^2=\sum_{1}^{8} ¿¿¿$

Где k – число интервалов статистического ряда ;

n_i – частота в i- м интервале ;

n - общее число значений случайной величины

p_i – теоретическая вероятность попаданий случайной величины в i – й интервал

$$\chi^2=\left(\frac{10-63\cdot 0{,}0562}{63\cdot 0{,}0562}\right)^2+\left(\frac{7-63\cdot 0{,}0881}{63\cdot 0{,}0881}\right)^2+\left(\frac{10-63\cdot 0{,}0986}{63\cdot 0{,}0986}\right)^2+\left(\frac{9-63\cdot 0{,}1002}{63\cdot 0{,}10021}\right)^2+¿$$

$$\left(\frac{9-63\cdot 0{,}096}{63\cdot 0{,}096}\right)^2+\left(\frac{8-63\cdot 0{,}0887}{63\cdot 0{,}0887}\right)^2+\left(\frac{5-63\cdot 0{,}0798}{63\cdot 0{,}0798}\right)^2+\left(\frac{5-63\cdot 0{,}1307}{63\cdot 0{,}1307}\right)^2=4{,}53$$

Рассчитав значение χ^2 в зависимости от числа эмпирического и теоретического распределений. Если найденная вероятность p> 0,1 , то считают, что статистические данные не противоречат принятому теоретическому распределению. При вероятности совпадения меньше, чем 0,1 считается , что следует подобрать более подходящий закон распределения.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проверка полученного значения критерия согласия по Д.Письменному:

Критерий согласия является верным если $\chi^2 < \chi^2_\alpha$ по степени свободы

r = k – s.

где *k*– число интервалов

s – число обязательных связей

Для нормального закона и распределения Вейбулла s=3 , поэтому число интервалов статистического ряда при применении критерии К.Пирсона должно быть k >4. Критерий К.Пирсона применяют при числе наблюдений n>30. В каждом интервале рекомендуется иметь не менее 5-10 значений случайной величины. Допускается объединять интервалы , если n_i <5.

r = 8 - 3 = 5; при r = 5, $\chi^2_\alpha = 4,58$

Следовательно $4,53 < \chi^2_\alpha$.

Определим вероятность совпадения эмпирического и теоретического распределения:

- 0,5 2,03 - 100%

4,03

$$x = \frac{0,05 * 100}{2,03} = 2,46\%;$$

0,05 - x% 6,06 - 0,3

Тогда 0,5 - 0,3 = 0,2

0,2 - 100%

x - 2,46% $x = \frac{2,46*0,2}{100} = 0,0049;$

p = 0,5 - 0,0049 = 0,4951

Вероятность совпадения теоретической и эмпирического распределения 49,51%

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

7.2 Критерий согласия А. Н. Колмогорова.

$|D_{max}| = 0,9959;$

$$\lambda = D\sqrt{n}_{max}$$

$$\lambda = 0,9959*\sqrt{63} = 7,9047;$$

Находим Р(λ) методом интерполяции:

λ	P(λ)
7,9	0,0028
8,0	0,0027

0,1 - 100%

9959 - x%

0, $x = \frac{0,9959*100}{0,1} = 99,59\%;$

Тогда 0,0028- 0,0027= 0,0001

0,0001 - 100%

x - 99,59% $x = \frac{99,59*0,0001}{100} = 0,00009959;$

$P(\lambda) = 0{,}964 - 0{,}00009959 = 0{,}9639$

Таким образом гипотеза не отвергается.

8. Определение доверительного интервала показателя надежности.

Доверительные границы указывают , в каких пределах с заданной доверительной вероятностью может изменятся одиночный показатель надежности .

Доверительные границы рассеивания среднего значения при распределении Вейбулла равны: $t_н = \bar{t}\sqrt[b]{r_3}; t_к = \bar{t}\sqrt[b]{r_1}$ b = 1,4403.

Значения r_3 и r_1 определяем по таблицам значения r_3 и r_1, при $\gamma = 0{,}95$; n = 65.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определим $t_к$:

n	r_1
60	1,25
80	1,21

20 - 100%

3 - x%

$$x=\frac{3*100}{20}=15\%;$$

Тогда 1,25 - 1,21 = 0,04

0,04 - 100%

x - 15%

$$x=\frac{15*0,04}{100}=0,006;$$

r_1 = 1,25 - 0,006 = 1,244;

$$t_k=99,64\sqrt[1,4309]{1,244}=807,1774.$$

Определим $t_н$:

n	r_3
60	0,82
80	0,84

20 - 100%

3 - x%

$$x=\frac{3*100}{20}=15\%;$$

Тогда 0,84 - 0,82 = 0,02

0,02 - 100%

x - 15%

$$x=\frac{15*0,02}{100}=0,003;$$

r_3 = 0,84 - 0,003 = 0,837;

$$t_н=99,64\sqrt[1,4309]{0,837}=662,0968.$$

Доверительный интервал показания надежности 662,0968...807,1774 объяснятся значительным объемом информации n = 65. При меньших значениях n доверительный интервал $\bar{t}$ был бы более широким.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Закон распределения наработки до отказа трубобура подчиняется распределению Вейбулла. Параметр формы b = 1,4403; параметр масштаба a = 45.

Значение коэффициента вариации V = 0,69, значит пределы изменения коэффициента вариации 0,5 - 0,7.

Определяющие факторы вида распределения ресурса машин и сборочных единиц:

Доминирующий характер разрушения - усталостное разрушение;

Условия эксплуатации - изменяющиеся в широких пределах;

Режим нагрузки - средние нагрузки;

Условия технического изготовлений - средний.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников.

1. Бабаев С.Г. Надежность нефтепромыслового оборудования / С.Г. Бабаев. - М.: Недра, 1987.- 264 с.: ил.

2 Решетов Д.Н. Надежность машин: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев; под ред. Д.Н. Решетова. - М.: Высш. шк., 1988. - 238 с.: ил.

3 Кубарев А.И. Надежность в машиностроении / А.И. Кубарев.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во стандартов, 1696. - 224 с.: ил.

4 Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов / В.А. Острейковский. - М.: Высш. шк., 2003. - 463 с.: ил.

5 Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман.- М.: Высш. ш.,, 1997.

6 Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистике / В.Е. Гмурман.- 3-е изд,, перераб. и доп.- М Высш. шк., 1979. - 400 с.: ил.

7 Писменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей и математической статистике / Д. Т. Писменный .- М.: Айрис- пресс, 2004.- 256 с.: ил.

8 Венцель Е. С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель .- М.: Наука, 1964.

9 Обработка информации о надежности буровых и нефтепромысловых машин: Учеб.-метод. пособие для студентов спец. 130503 и 130602 / УГНТУ: каф. НГПО; сост. И.Е. Ишемгужин, В.В. Шайдвков, Е.И. Ишемгужин.- Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007… 39 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		