МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.Т.Трубилина»

Учебный военный центр

Кафедра ремонта машин и материаловедения

«Надежность механических систем»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

«Исследование износа детали, его вероятностное описание с целью выбора рационального способа восстановления изношенной поверхности»

Выполнил курсант

Группы ВЦ1532 _________________________ _______________

Принял, доцент _________________________ М.Р. Кадыров

Краснодар 2018

1 Метод определения изменения параметра технического состояния (износа поверхности). Инструмент, приспособления. Полученная опытная информация

2 Математическая обработка опытной информации об изменении параметра технического состояния (износа)

2.1 Вариационный и статистический ряды износа, числовые характеристики распределения износа, проверка опытной информации на наличие выпадающих точек

Таблица 2.1 - Величина износа

Износ, мкм	Износ, мкм	Износ, мкм	Износ, мкм

Таблица 2.2 - Вариационный ряд информации об износах

Износ, мкм	Износ, мкм	Износ, мкм	Износ, мкм

Для нашего случая:

$$n = \sqrt{N} \qquad (2.1)$$

n = интервалов

Величину одного интервала определяют по уравнению:

$$A = \frac{h_{max} - h_{min}}{n}. \qquad (2.2)$$

Значение интервала принимаем A =

Таблица 2.3 - Статистический ряд распределения износов

Номер интервала	Нижняя граница интервала, мкм	Верхняя граница интервала, мкм	Середина интервала, мкм	Частота	Опытная вероят-ность (частость)	Накопленная опытная вероятность
i	h_i^H	h_i^B	h_i^C	w_i	$p_i = \frac{w_i}{N}$	$P_i = \sum_{k=1}^{k=i} p_k$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Таблица 2.4 - Расчет числовых характеристик распределения износа

Номер интервала	Середина интервала	Опытная вероятность	П1	П2
i	h_i^C	$p_i = \frac{w_i}{N}$	$h_i^C p_i$	$(h_i^C - \bar{h})^2 p_i$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
		Сумма		

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{n}(h_i^c p_i) \qquad (2.3)$$

$$\bar{h} =$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{N}{N-1}\sum_{i=1}^{n}[(h_i^c - \bar{h})^2 p_i]} \qquad (2.4)$$

$$\sigma =$$

Коэффициент вариации составит:

$$v = \frac{\sigma}{\overline{h}} \tag{2.5}$$

$v =$

Смещение

$$c = \tag{2.6}$$

Проверку информации на наличие выпадающих точек осуществим по формуле

$$\lambda = \frac{h_i - h_{i-1}}{\sigma} \tag{2.7}$$

Для наименьшего значения размера $h_1 =$, $h_2 =$.

$\lambda_{ОП} =$

Для наибольшего значения размера $h_i =$, $h_{i-1} =$.

$\lambda_{ОП} =$

При N = и доверительной вероятности $\alpha = 0{,}95$ табличное значение критерия Ирвина $\lambda_T =$, то есть больше $\lambda_{ОП}$, значит все точки информации (не)достоверны.

Данные статистического ряда используют для построения графика, наглядно характеризующего опытное распределение величины износа. Гистограмма (рисунок 2.1) и полигон (рисунок 2.2) распределения износа представлены ниже.

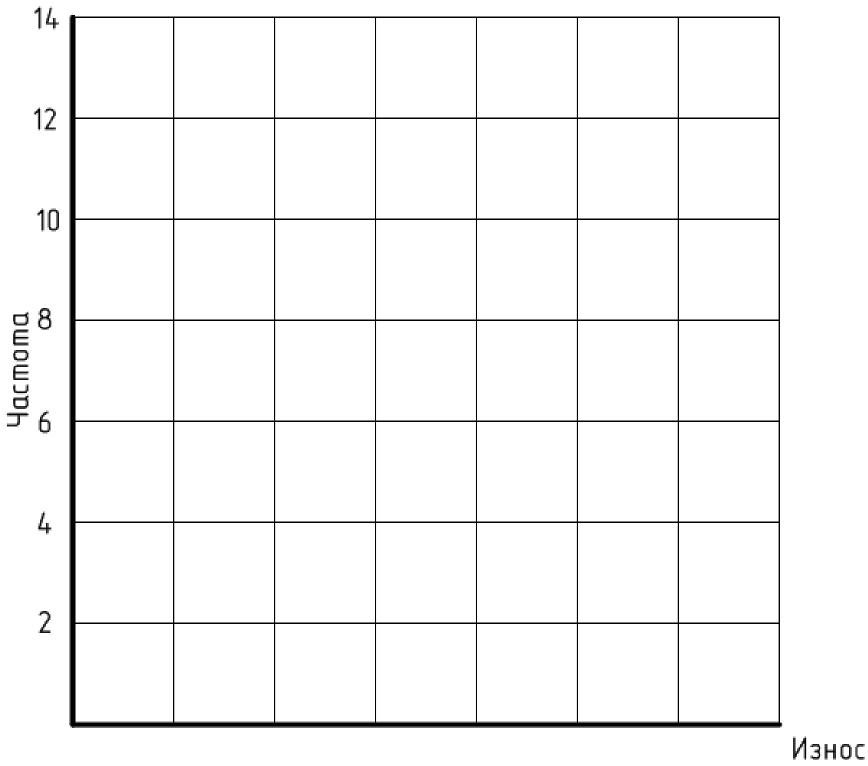

Рисунок 2.1 - Гистограмма распределения износа

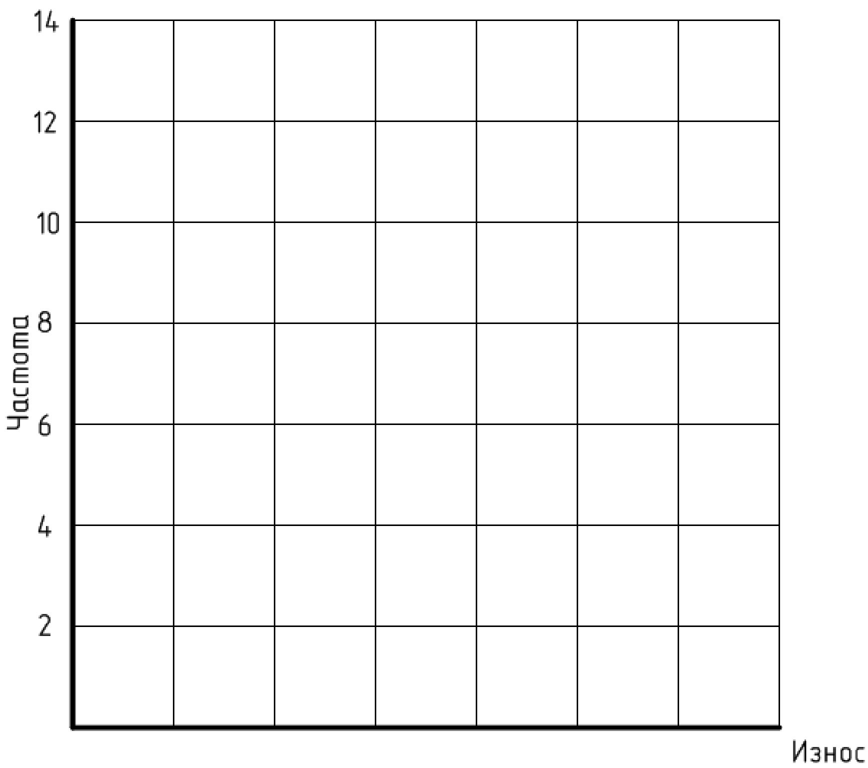

Рисунок 2.2 - Полигон распределения износа

2.2 Выбор теоретического закона распределения износа, нахождение параметров закона распределения, проверка соответствия выбранного закона распределения опытному распределению по критерию Пирсона

Таблица 2.5 - Расчет критерия «хи-квадрат» для ЗНР

Номер интервала	Верхняя граница интервала	Табличный аргумент	Интегральная функция	Теоретическая вероятность p^*	Опытная частота	Теоретическая частота	Квадрат разности частот	Отношение
i	h_i^B	$u = \frac{h_i^B - \bar{h}}{\sigma}$	$F(h_i^B)$	$F(h_i^B) - F(h_{i-1}^B)$	w_i	$w_i^* = Np_i^*$	$(w_i - w_i^*)^2$	$\frac{(w_i - w_i^*)^2}{w_i'}$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
							Сумма	

Для ЗРВ рассчитываем параметр формы *в,* коэффициент K_a и масштабный параметр *а*.

Для расчёта *в* и K_a используем таблицу 2.6.

«Смещённый коэффициент» вариации

$$v_c = \frac{\sigma}{\bar{h} - c}.$$

Таблица 2.6 – Расчет параметра формы *в* и коэффициент K_a для ЗРВ

V_c	*в*	K_a

Масштабный параметр *а*.

$$a = (\bar{h} - c)K_a. \tag{2.8}$$

$$a =$$

Таблица 2.7 - Расчет критерия «хи-квадрат» для ЗРВ

Номер интервала	Верхняя граница интервала	Табличный аргумент	Интегральная функция	Теоретическая вероятность p^*	Опытная частота	Теоретическая частота	Квадрат разности частот	Отношение
i	h_i^B	$u = \dfrac{h_i^B - c}{a}$	$F(h_i^B)$	$F(h_i^B) - F(h_{i-1}^B)$	w_i	$w_i^* = Np_i^*$	$(w_i - w_i^*)^2$	$\dfrac{(w_i - w_i^*)^2}{w_i'}$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
							Сумма	

Таблица 2.8 - Исходные данные для интерполяции интегральной функции распределения Вейбулла

и	Параметр *в*		

и	Параметр *в*		

и	Параметр *в*		

и	Параметр *в*		

и	Параметр *в*		

и	Параметр *в*		

Таблица 2.9 - Табличные критерии χ^2 и соответствующие им табличные уровни значимости P для ЗНР

Число степеней свободы k	Уровень значимости P		

Таким образом, уровень значимости для ЗНР износа составляет __________.

Таблица 2.10 - Табличные критерии χ^2 и соответствующие им табличные уровни значимости P для ЗРВ

Число степеней свободы k	Уровень значимости P		

Таким образом, уровень значимости для ЗРВ износа составляет __________.

Уровень значимости для _____ ниже уровня значимости для _____.

Поэтому в качестве закона распределения для износа принимаем ______ с параметрами:

$m = \bar{h} =$ и $\sigma =$

или

$a =$ $b =$ и $c =$

2.3 Определение доверительных границ рассеивания и относительной ошибки среднего значения износа

В нашем случае $\bar{h}$ = мкм, a = мкм, N = . Тогда, задавшись доверительной вероятностью α = , при N = находим t_α или r_1 и r_3.

Доверительные границы составляют:

а) для ЗНР

Таблица 2.11 – Определение коэффициента Стьюдента t_α

N	t_α

Нижняя доверительная граница рассеивания среднего значения износа

$$\bar{h}_\alpha^{\text{Н}} = \bar{h} - t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \tag{2.9}$$

$\bar{h}_\alpha^{\text{Н}} =$

Верхняя доверительная граница рассеивания среднего значения износа

$$\bar{h}_\alpha^{\text{В}} = \bar{h} + t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \tag{2.10}$$

$\bar{h}_\alpha^{\text{В}} =$

Доверительный интервал

$$I_\alpha = h_\alpha^{\text{В}} - h_\alpha^{\text{Н}} \tag{2.11}$$

$I_\alpha =$

б) для ЗРВ

Таблица 2.12 – Определение коэффициентов ЗРВ r_1 и r_3 и коэффициента Стьюдента t_α

N	r_1	r_3	t_α

Нижняя доверительная граница рассеивания среднего значения износа

$$\bar{h}_{\alpha}^{Н} = (\bar{h} - c)\sqrt[b]{r_3} + c. \tag{2.12}$$

$\bar{h}_{\alpha}^{Н} =$

Верхняя доверительная граница рассеивания среднего значения износа

$$\bar{h}_{\alpha}^{В} = (\bar{h} - c)\sqrt[b]{r_1} + c. \tag{2.13}$$

$\bar{h}_{\alpha}^{В} =$

Доверительный интервал (2.11)

$I_{\alpha} =$

Определение относительной ошибки среднего значения износа и оценка требуемого объема выборки

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\bar{h}_{\alpha}^{В} - \bar{h}}{\bar{h}} 100. \tag{2.14}$$

$\varepsilon_{\alpha} =$

При заданной относительной ошибки среднего значения износа *ε* = __% требуемый объём выборки

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 v^2}{\varepsilon^2}. \tag{2.15}$$

$N =$

2.4 Построение графиков дифференциальной и интегральной функций

а) для ЗНР

Таблица 2.13 - Расчет значений функции плотности вероятности распределения износа

Номер интервала	Середина интервала	Табличный аргумент	Плотность вероятности стандартного распределения	Плотность вероятности исследуемого параметра	Опытная вероятность	Опытная плотность вероятности
i	h_i^C	$u_i = \frac{h_i^C - \bar{h}}{\sigma}$	$f(u)$	$f(h) = \frac{f(u)}{\sigma}$	p_i	$f_i = \frac{p_i}{A}$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Используя данные таблицы 2.13, построим дифференциальную функцию ЗНР.

Для построения графика интегральной функции распределения износов составляем расчетную таблицу 2.14.

Таблица 2.14 - Расчет значений интегральной функции распределения износов

Номер интервала	Верхняя граница интервала	Табличный аргумент	Теоретическая вероятность	Накопленная опытная вероятность
i	h_i^B	$u_i = \frac{h_i^B - \bar{h}}{\sigma}$	$F(h) = F(u)$	$P_i = \sum_{k=1}^{k=i} p_k$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

б) для ЗРВ

Таблица 2.15 - Расчет значений функции плотности вероятности распределения износа

Номер интервала	Середина интервала	Табличный аргумент	Плотность вероятности стандарт-ного распределе-ния	Плотность вероятности исследуе-мого пара-метра	Опытная вероятность	Опытная плотность вероятности
i	h_i^C	$u_i = \dfrac{h_i^C - c}{a}$	$f(u)$	$f(h) = \dfrac{f(u)}{a}$	p_i	$f_i = \dfrac{p_i}{A}$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Используя данные таблицы 2.15, построим дифференциальную функцию ЗРВ.

Для построения графика интегральной функции распределения износов составляем расчетную таблицу 2.16.

Таблица 2.16 - Расчет значений интегральной функции распределения износов

Номер интер-вала	Верхняя граница интер-вала	Таблич-ный аргу-мент	Теорети-ческая вероят-ность	Накоплен-ная опытная веро-ятность
i	h_i^B	$u_i = \dfrac{h_i^B - c}{a}$	$F(h) = F(u)$	$P_i = \sum_{k=1}^{k=i} p_k$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

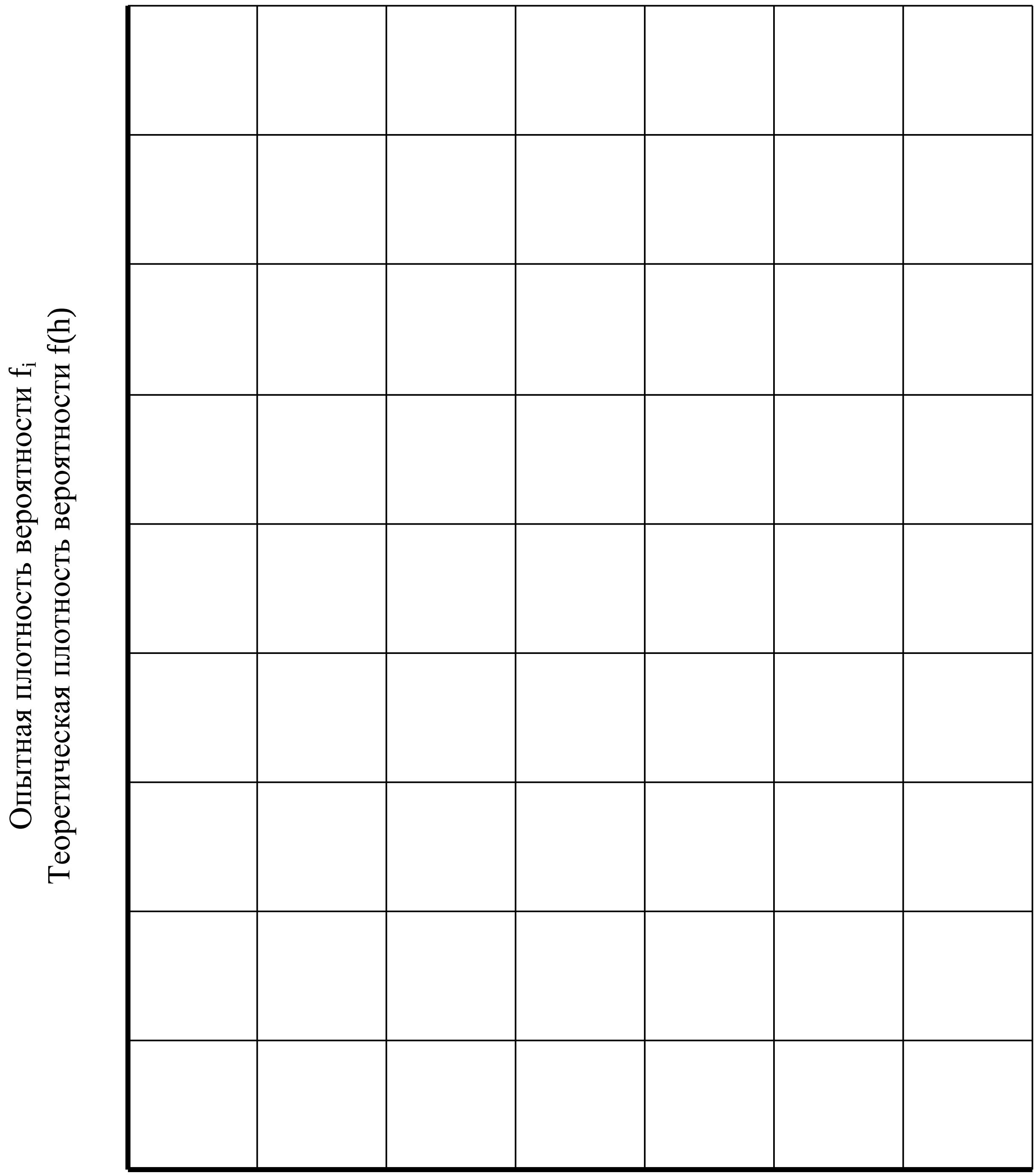

Рисунок 2.3 - Теоретическая и опытная плотность распределения износа

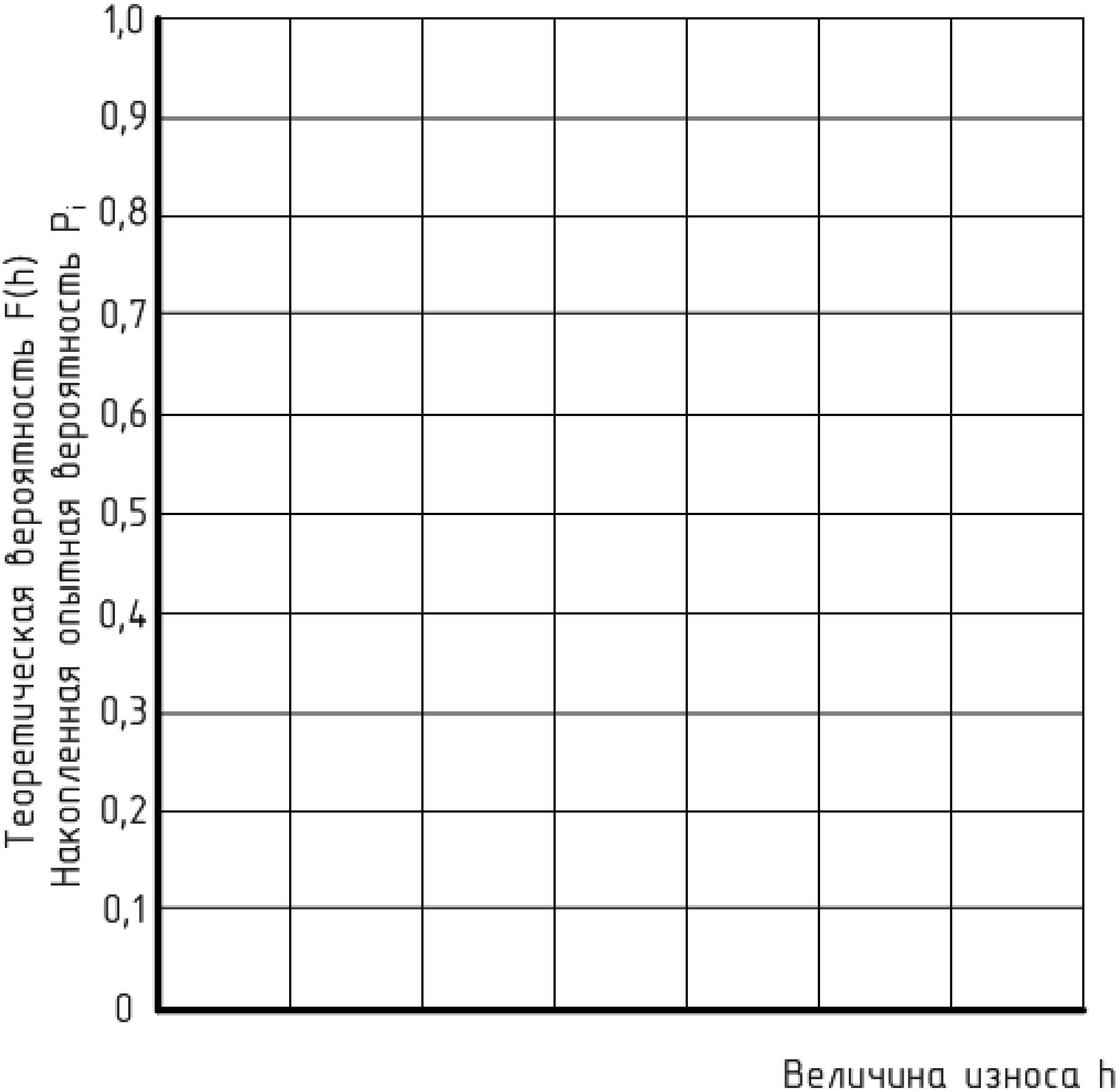

Рисунок 2.4 - Интегральная функция *[F(h)]* и накопленная опытная вероятность P_i распределения износа

2.5 Определение максимально возможного износа

а) для ЗНР

h_{max}= K(p)=

б) для ЗРВ

h_{max}= K(p)=

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Проверка соответствия опытного распределения с теоретическими, в качестве которых были взяты закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла, показала, что лучшее согласие с опытным распределением обнаружил закон нормального распределения с параметрами:

среднее значение h = мкм,

среднее квадратичное отклонение σ = мкм,

коэффициент вариации v =

или

1 Проверка соответствия опытного распределения с теоретическими, в качестве которых были взяты закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла, показала, что лучшее согласие с опытным распределением обнаружил закон распределения Вейбулла с числовыми характеристиками:

параметр a =

параметр b =

параметр c =

2 Представленная графически интегральная функция распределения (рисунок 2.4) даёт конкретную количественную информацию для выбора технологии восстановления изношенной поверхности детали и расчета режимов обработки.

Воспользовавшись графиком интегральной функции, решают прямую задачу, а именно, с какой вероятностью $[F(h_2) - F(h_1)]$ проявляет себя тот или иной интервал износа $(h_1...h_2)$ поверхности деталей.

Эту задачу можно сформулировать по-другому. Какова доля деталей $[F(h_2) - F(h_1)]$, которые будут иметь износы данной поверхности в заданном интервале $(h_1...h_2)$?

Воспользовавшись графиком интегральной функции, решают также обратную задачу, а именно, какой интервал износа $(h_1...h_2)$ поверхности деталей проявит себя с заданной вероятностью $[F(h_2) - F(h_1)]$.

Эту задачу можно сформулировать по-другому. В каком интервале $(h_1...h_2)$ износов будет находиться заданная доля деталей $[F(h_2) - F(h_1)]$?

Таким образом, выполненное исследование износов названной поверхности детали и математическая обработка опытной информации явились необходимым этапом, предшествующим разработке технологического процесса восстановления.