

Расчет частотных диагностических признаков дефектов зубчатой передачи

Выполнила: ст. Иванова В. В. Гр. 4-33
Руководитель: к. т. н., доцент Колобов А.Б.

Иваново 2015

Исходные данные:

Мощность на тихоходном валу $N_T = 18,5$ кВт.

Частота вращения тихоходного вала $\omega_{\text{вых}} = 34$ рад/с.

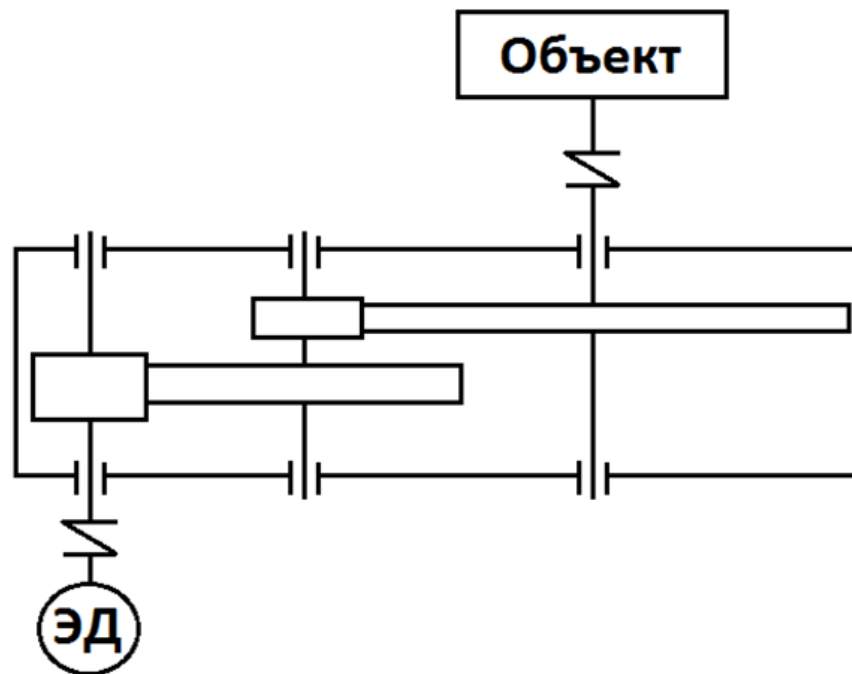


Рис. 1. Кинематическая схема редуктора

Вероятностный расчет прочности зубчатых передач

Математическая модель:

Показатель работоспособности	$u = \sigma_{\text{пред}} - \sigma_{\text{расч}}$
Вероятность работоспособного состояния	$P(u \geq 0) = \int_0^{\infty} f(u) du$

Оценка вероятности работоспособного состояния при нормальном распределении напряжений

Условие работоспособности (вероятностное условие прочности)	$\sigma_H = \sigma_{H.\text{пред}} - \sigma_H \geq 0$
Плотность распределения	$f(u) = \frac{1}{s_u \cdot \sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(u-m_u)^2}{2 \cdot s_u^2} \right]}$
Параметры распределения	$m_u = m_2 - m_1$ $s_u = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}$

Плотность распределения показателя работоспособности (Рис. 2):

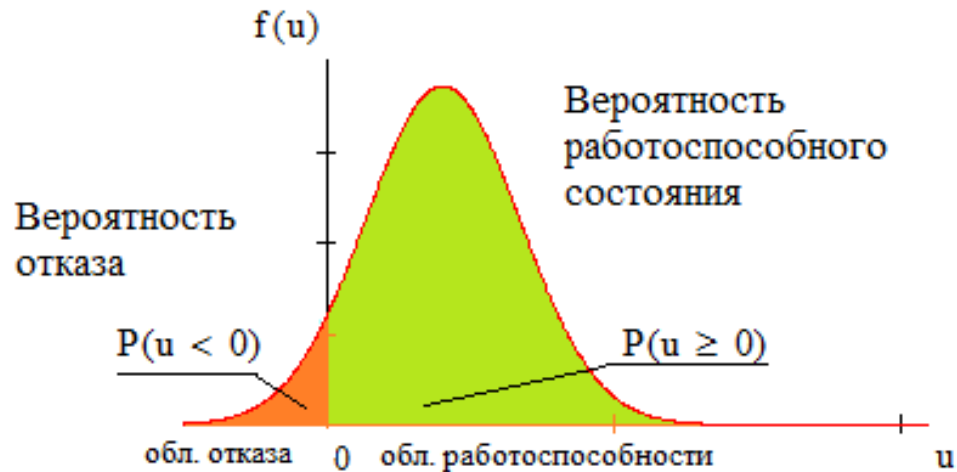


Рис. 2 График плотности распределения

Оценка прочностной надежности: $P(u \geq 0) = 0.5 + \Phi\left(\frac{m_u}{s_u}\right)$

Частная форма расчетной модели: $n = \frac{m_2}{m_1}$ $P(u \geq 0) = 0.5 + \Phi\left(\frac{n - 1}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 \cdot n^2}}\right)$

Числовые характеристики случайных напряжений:

Контактные напряжения, МПа	
m_1 (расч) МО	337
m_2 (пред) МО	417
$v_1 = \frac{s_1}{m_1}$ $v_2 = \frac{s_2}{m_2}$	варируются [0.1; 0.55]

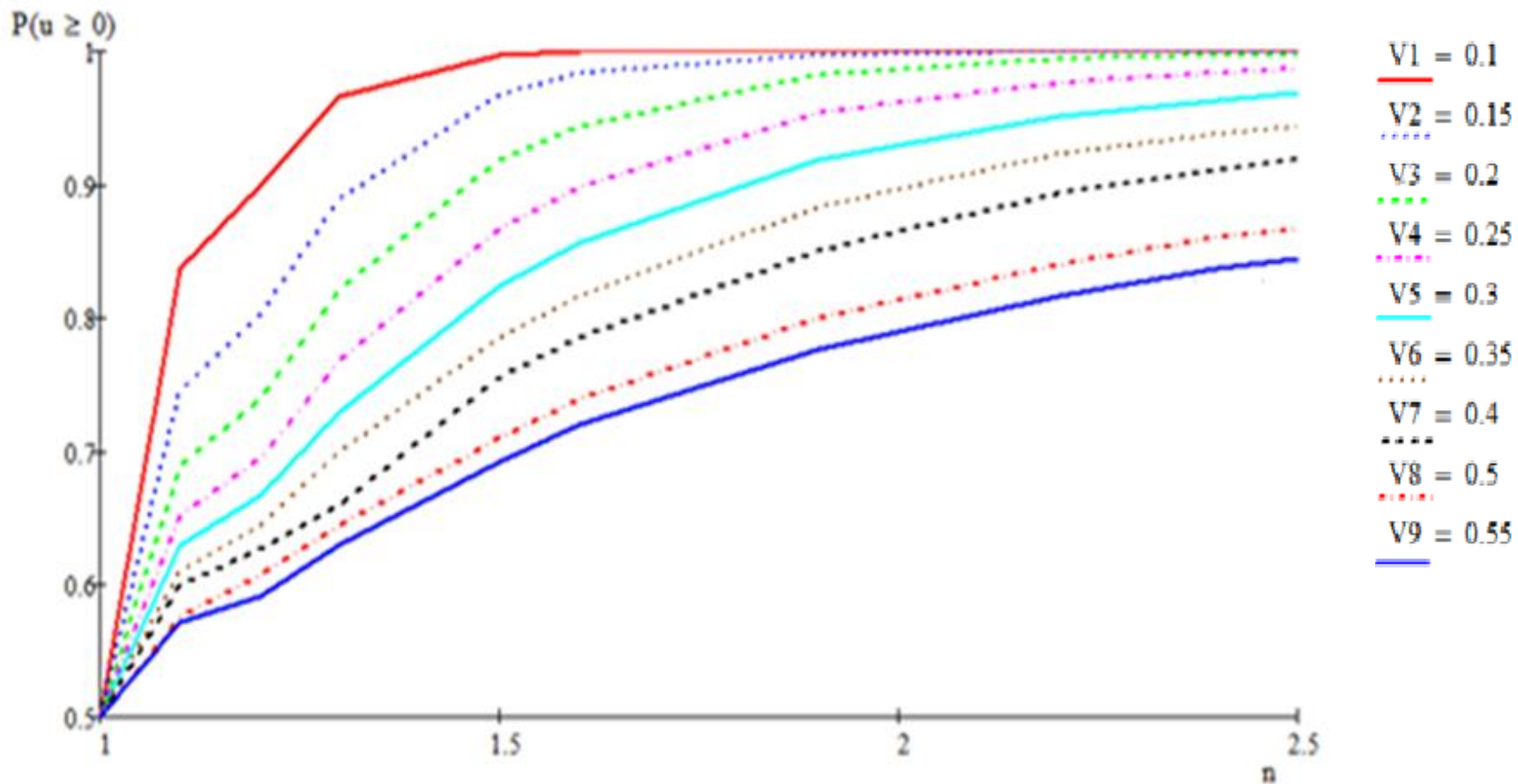


Рис. 3. Вероятность работоспособного состояния при синхронном изменении вариации и различных запасах по средним напряжениям.

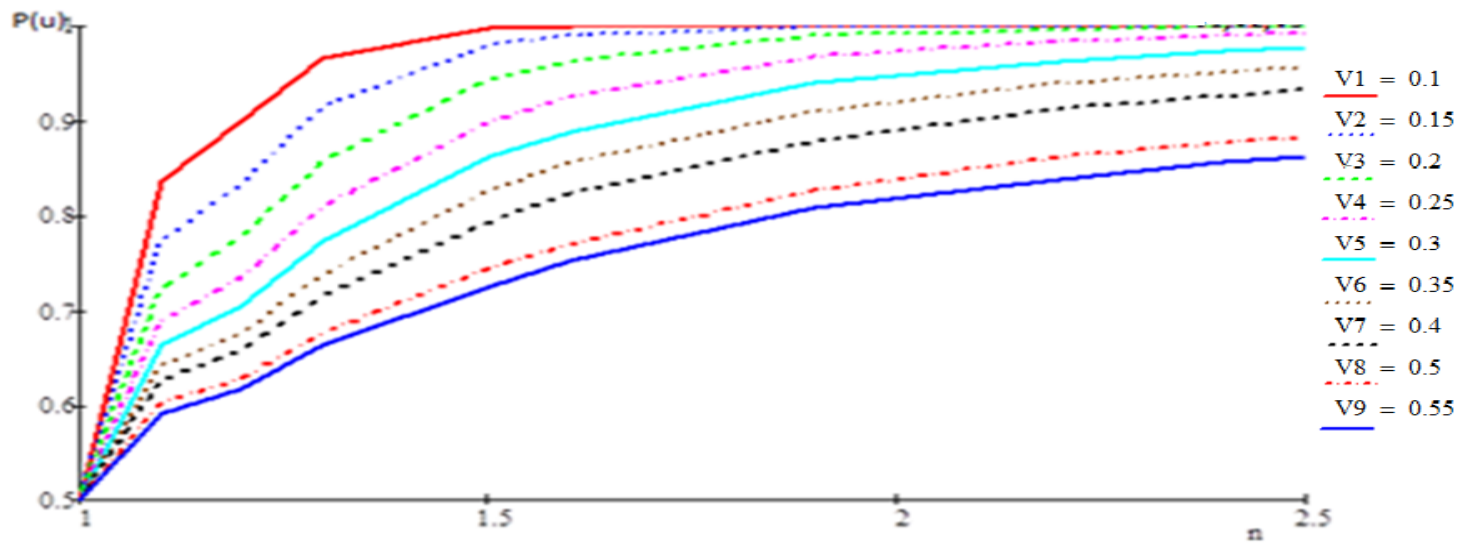


Рис. 4. ВРС при вариации предельных характеристик материала

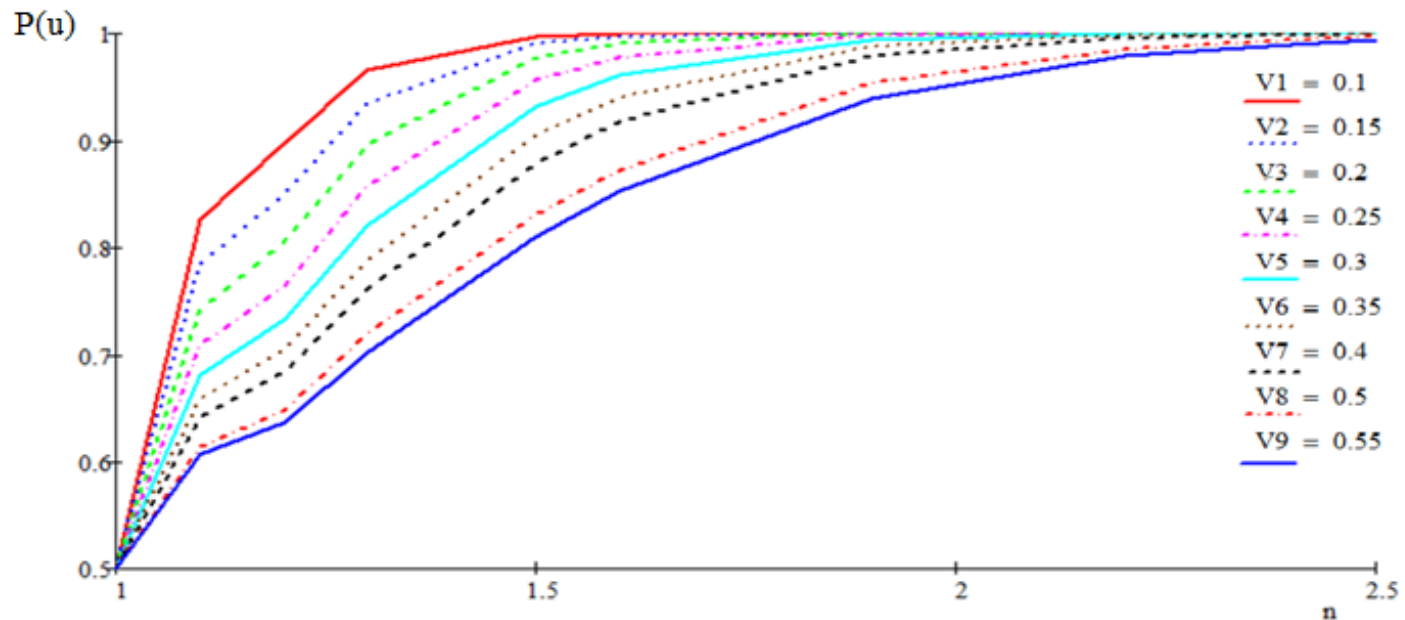


Рис. 5. ВРС при вариации расчетных напряжений

Основные кинематические частоты для диагностики дефектов зубчатых передач

Рассмотрим характерные частоты в спектрах вибрации двухступенчатой зубчатой передачи с передаточными отношениями $u_1=2.24$; $u_2=4$

Кинематические частоты:

Частота	Расчетное выражение	Расчетное значение, Гц
Оборотная	f_{01} $f_{02}=f_{01}/u_1$ $f_{03}=f_{02}/u_2$	48.95 21.85 5.46
Зубцовая	$f_{z1}=z_1 f_{01}=z_2 f_{02}$ $f_{z2}=z_{12} f_{02}=z_{22} f_{03}$	2840 699
Промежуточная	$f_{m1}=(f_{01}+f_{z1})/2=(f_{02}+f_{z1})/2$ $f_{m2}=(f_{02}+f_{z2})/2=(f_{03}+f_{z2})/2$	1444 355

Частоты в спектрах вибрации и ее огибающей для диагностики дефектов зубчатой передачи

№	Вид дефекта	Спектр вибрации		Спектр огибающей	
		Основные	Дополнительные	Основные	Дополнительные
1	Бой ведущего зубчатого колеса	kf_{o1} $k=1,2,3,\dots$	$kf_z \pm f_{o1}$ нет роста f_z, kf_z	kf_{o1} $k=1,2,3,\dots$	$kf_z \pm f_{o1}$ нет роста f_z, kf_z
2	Бой ведомого зубчатого колеса	kf_{o2} $k=1,2,3,\dots$	$kf_z \pm f_{o2}$ нет роста f_z, kf_z	kf_{o2} $k=1,2,3,\dots$	$kf_z \pm f_{o2}$ нет роста f_z, kf_z
3	Износ ведущего зубч. колеса	kf_{o1} kf_z $k=1,2,3,\dots$	$mf_m \pm nf_{o1}$ $n, m = 0,1,2,\dots$ рост ВЧ	kf_{o1} kf_z $k=1,2,3,\dots$	$mf_m \pm nf_{o1}$ $n, m = 0,1,2,\dots$ рост ВЧ
4	Износ ведомого зубч. колеса	kf_{o2} kf_z $k=1,2,3,\dots$	$mf_m \pm nf_{o2}$ $n, m = 0,1,2,\dots$ рост ВЧ	kf_{o2} kf_z $k=1,2,3,\dots$	$mf_m \pm nf_{o2}$ $n, m = 0,1,2,\dots$ рост ВЧ
5	Дефекты зацепления	kf_z	нет kf_{o1}, kf_{o2} нет $kf_z \pm f_{o1}$ нет $kf_z \pm f_{o2}$ нет роста ВЧ	kf_z	нет kf_{o1}, kf_{o2} нет $kf_z \pm f_{o1}$ нет $kf_z \pm f_{o2}$ нет роста ВЧ
6	Дисбаланс зубчатых колес	f_{o1} f_{o2}	нет роста kf_{o1}, kf_{o2} нет роста ВЧ	нет kf_{o1} нет kf_{o2}	нет роста ВЧ

Трещины, излом зубьев ведущего колеса	kf_{01} $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_m \pm nf_{01}$ рост ВЧ флуктуация	kf_{01} $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_m \pm nf_{01}$ рост ВЧ флуктуация
Трещины, излом зубьев ведомого колеса	kf_{02} $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{02}$ рост $mf_m \pm nf_{02}$ рост ВЧ флуктуация	kf_{02} $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{02}$ рост $mf_m \pm nf_{02}$ рост ВЧ флуктуация
Питтинг ведущего зубчатого колеса	kf_{01} $k=1,2,3,\dots$	рост kf_{01} рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_m \pm nf_{01}$ флуктуация	kf_{01} $k=1,2,3,\dots$	рост kf_{01} рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_m \pm nf_{01}$ флуктуация
Питтинг ведомого зубчатого колеса	kf_{02} $k=1,2,3,\dots$	рост kf_{02} рост $mf_z \pm nf_{02}$ рост $mf_m \pm nf_{02}$ флуктуация	kf_{02} $k=1,2,3,\dots$	рост kf_{02} рост $mf_z \pm nf_{02}$ рост $mf_m \pm nf_{02}$ флуктуация
Заедание зубчатых колес	f_m kf_z $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_z \pm nf_{02}$	f_m kf_z $k=1,2,3,\dots$	рост $mf_z \pm nf_{01}$ рост $mf_z \pm nf_{02}$

Всего информативных частот дефектов зубчатых передач $N_{3П} = 530$

В НЧ области количество информативных частот $n_{3ПНЧ} = 56$

В СЧ области количество информативных частот $n_{3ПСЧ} = 228$

В ВЧ области количество информативных частот $n_{3ПВЧ} = 246$

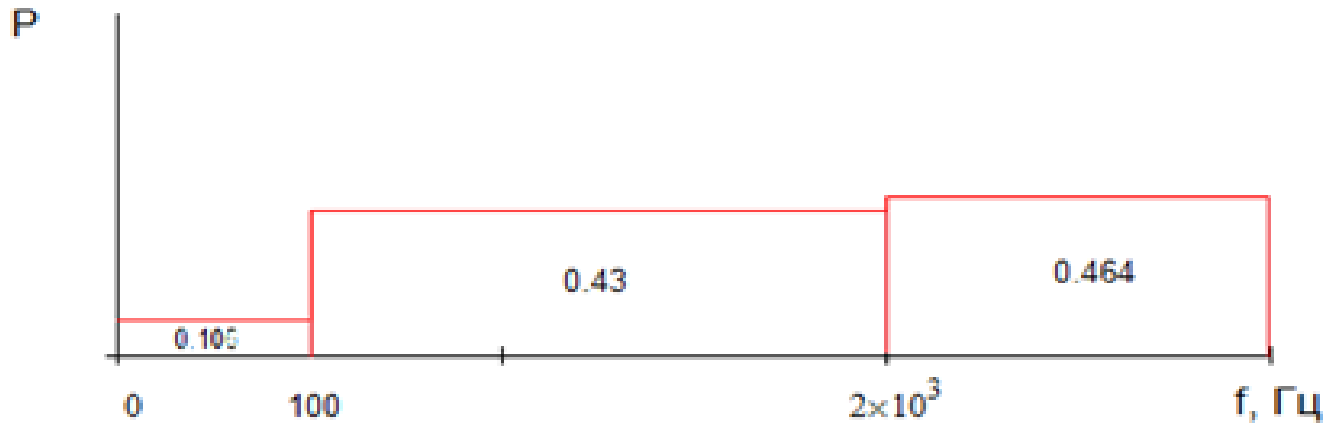


Рис. 6. Вероятности появления дефектов в частотных диапазонах.

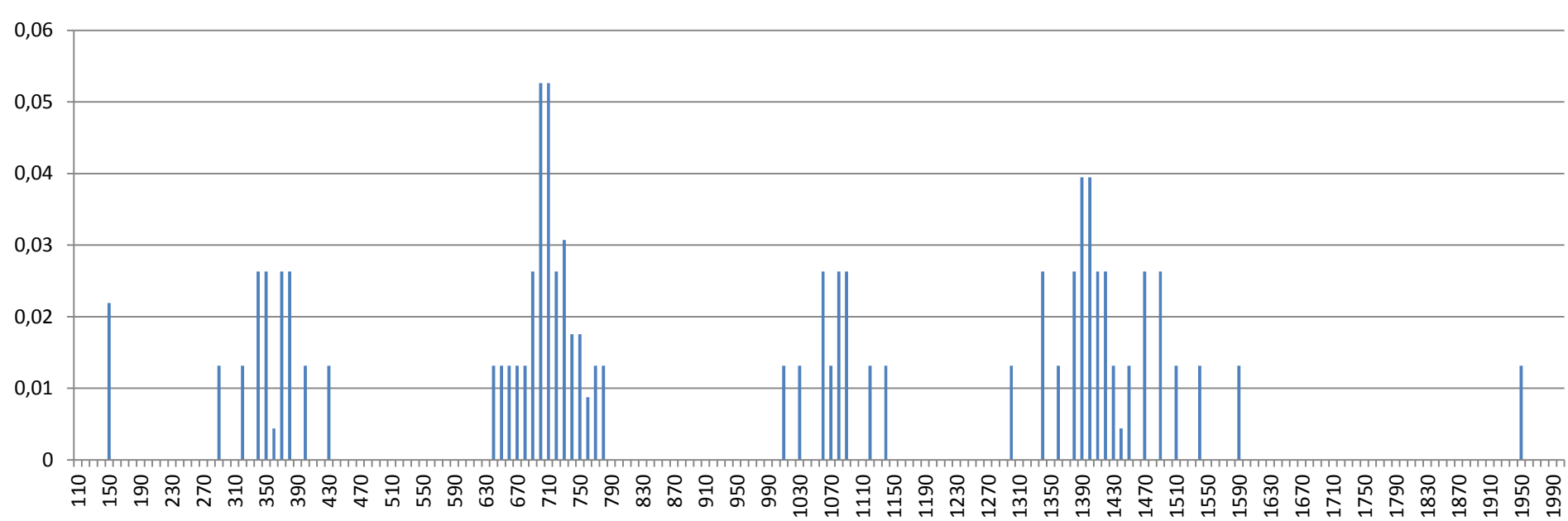


Рис. 7 . Гистограмма частот для всех расчетных дефектов с шириной спектральной линии 10 Гц, для СЧД.

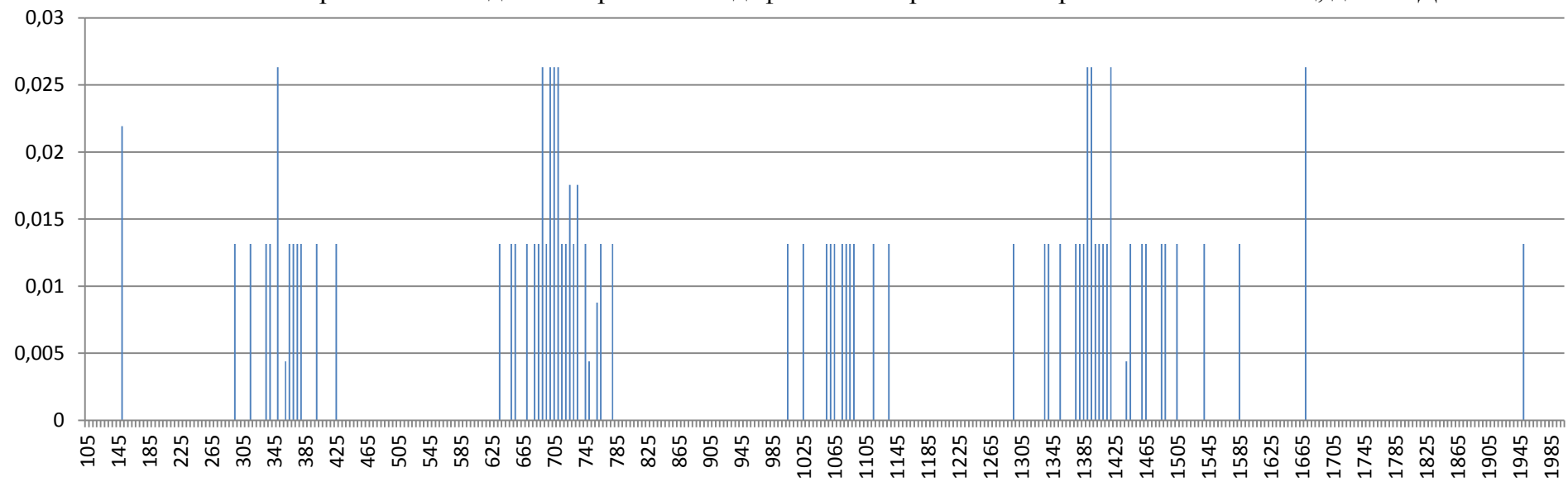


Рис. 8. Гистограмма частот для всех расчетных дефектов с шириной спектральной линии 5 Гц, для СЧД. 11

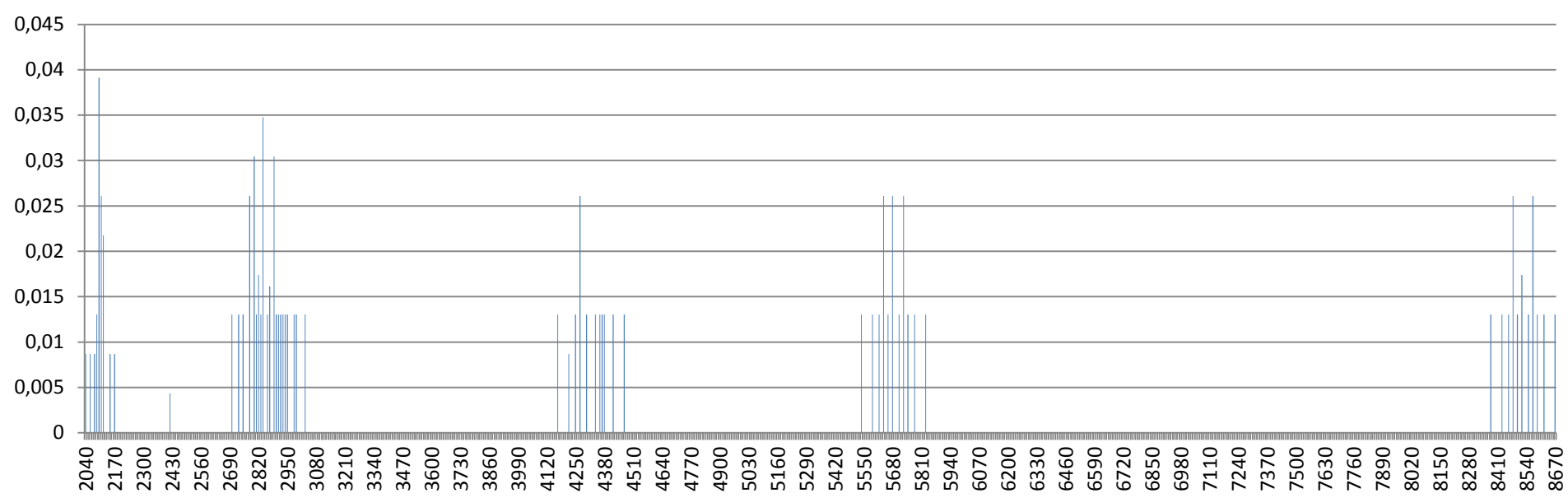


Рис. 9. Гистограмма частот для всех расчетных дефектов с шириной спектральной линии 10 Гц, для ВЧД.

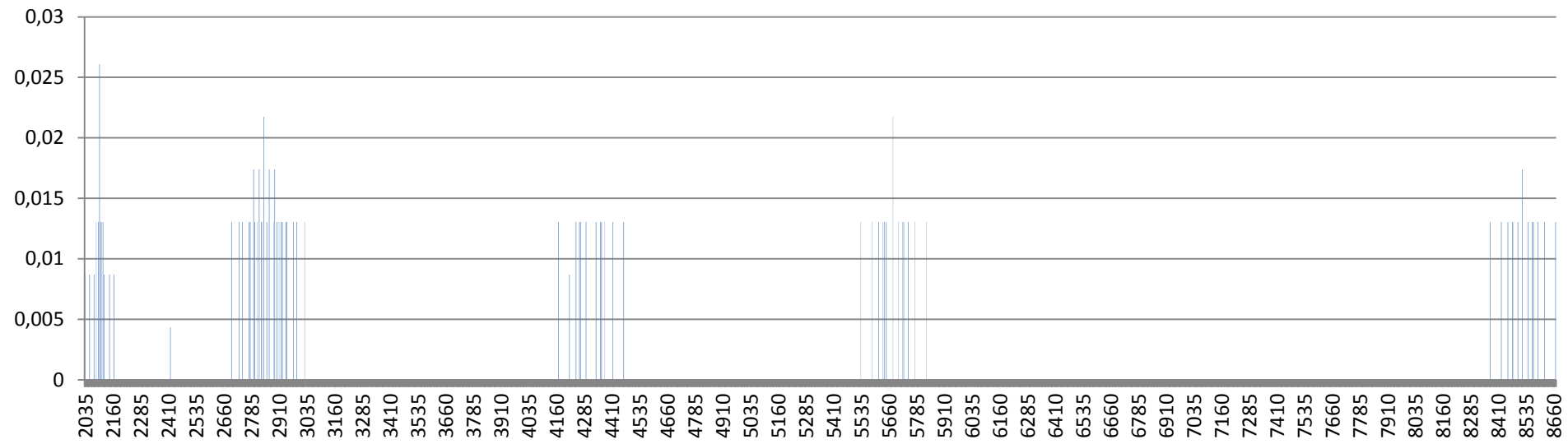


Рис. 10. Гистограмма частот для всех расчетных дефектов с шириной спектральной линии 5 Гц, для ВЧД.