

ВИБРОДИАГНОСТИКА

2-МЖБН-2 2020

Сущность ТООН



ТООН (англ. RCM – Reliability Centered Maintenance) – техническое обслуживание, ориентированное на надежность. Это процесс определения минимального набора действий, которые должны быть предприняты для того, чтобы оборудование продолжало выполнять требуемые функции в данном производственном контексте.

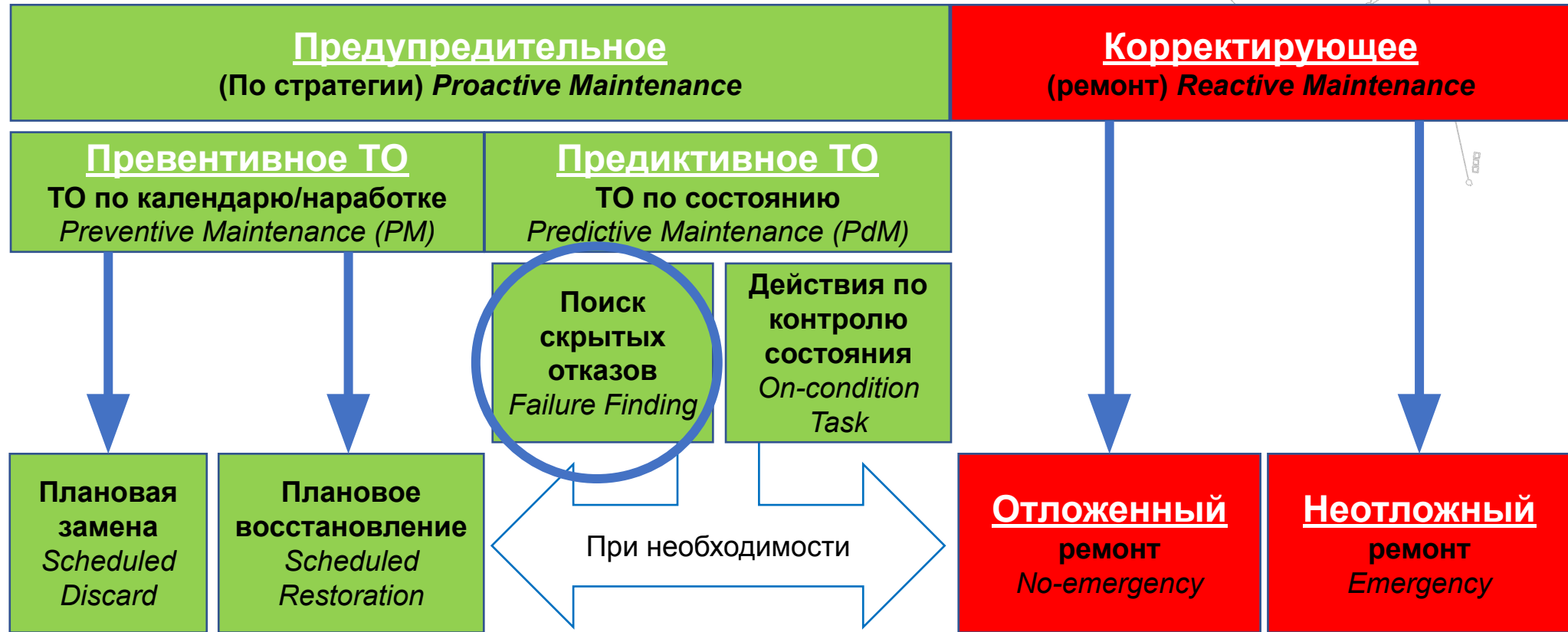
ТООН концентрируется на минимизации последствий отказов при обеспечении требуемой готовности оборудования с учетом существующих бюджетных ограничений.



Главное отличие ТООН от общепринятых ранее практик ТО состоит в том, что тип воздействия на оборудование на основе результатов проведенного анализа комбинируется из 3-х основных политик управления отказами:

- реактивной (восстановление работоспособности после отказа)
- превентивной (регламентированное обслуживание)
- **проактивные (основанной на контроле состояния оборудования)**

Проактивные действия



Методы контроля оборудования

Разрушающие методы контроля:

- Определение твёрдости (HB, HRC);
- Структурный анализ проб металла;
- Разрыв образцов для определения механических свойств объекта контроля.

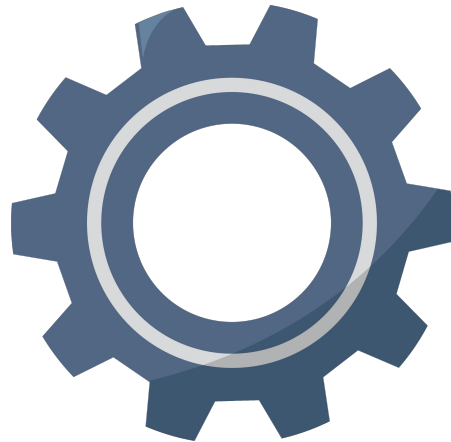
- Образец разрушается в процессе диагностики, восстановлению не подлежит;
- Результаты контроля действительны для локального участка.
- + Получили показатели мех. свойств, которые иными методами не получить

Неразрушающие методы контроля:

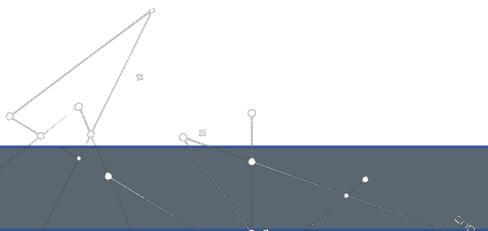
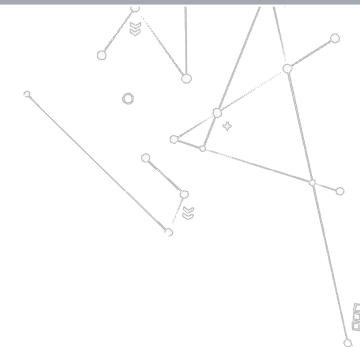
- Визуальный и измерительный контроль; } Используем
- Тепловизионный контроль; }
- Вибродиагностический контроль; } Внедряем

Внедрение в ближайшее время не планируется:

- Стилоскопирование } Определение структурного состава
- Магнитопорошковый контроль; } Определение
- Капиллярный контроль; } поверхностных
- Вихретоковый контроль; } дефектов
- Ультразвуковой контроль; } Определение
- Радиационный контроль; } подповерхностных



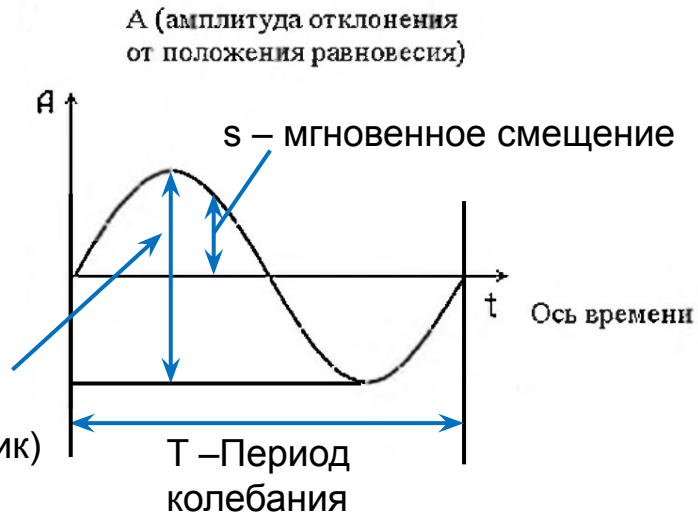
ТЕОРИЯ ВИБРАЦИИ





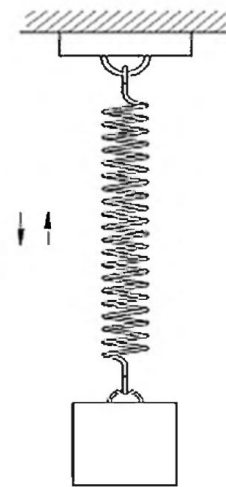
Вибрация – механические движения точки или механической системы при котором происходит колебание объекта относительно точки равновесия.

Наиболее простым примером вибрации является объект подвешенный на пружине совершающий упругие прямолинейные колебания.



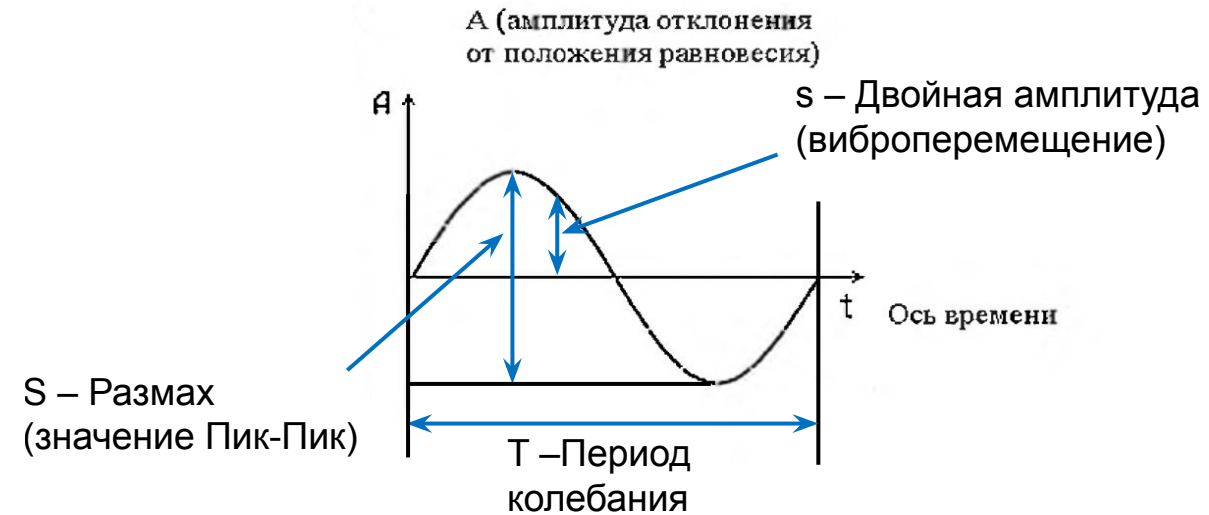
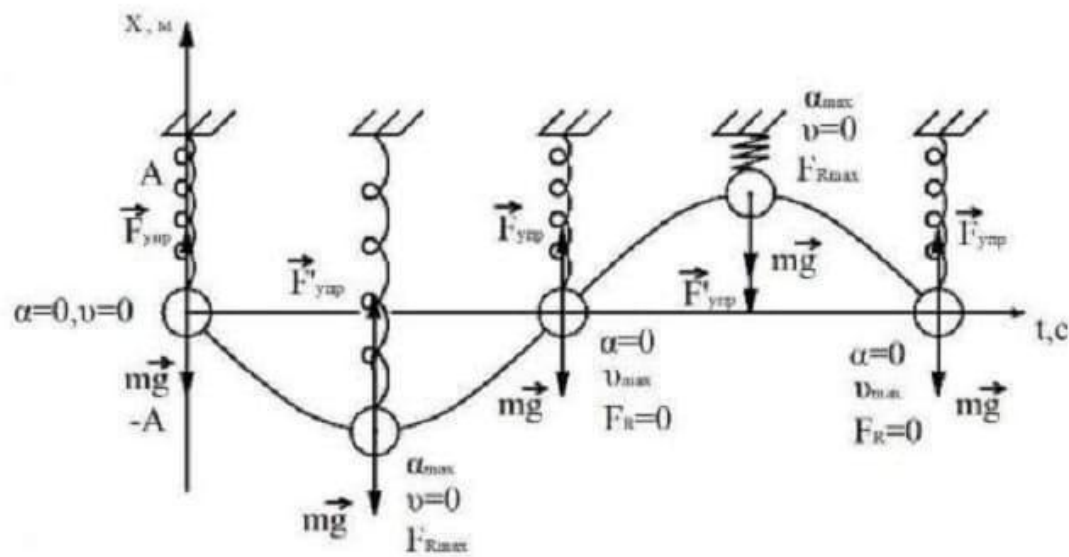
S – Размах
(значение Пик-Пик)

Период – Интервал времени, между двумя последовательными моментами пересечения нулевой точки в одном направлении.



Величина обратно пропорциональная периоду называется Частотой (F). Она определяет количество циклов колебаний за период времени и измеряется в Герцах (1 Гц=1/сек)

Если по вертикальной оси графика отложить положение объекта, испытывающего простые гармонические колебания, а по горизонтальной шкале – время, то результатом будет синусоида, описываемая уравнением: $s=S \times \sin(\omega \times t)$. Параметр s является виброперемещением объекта.

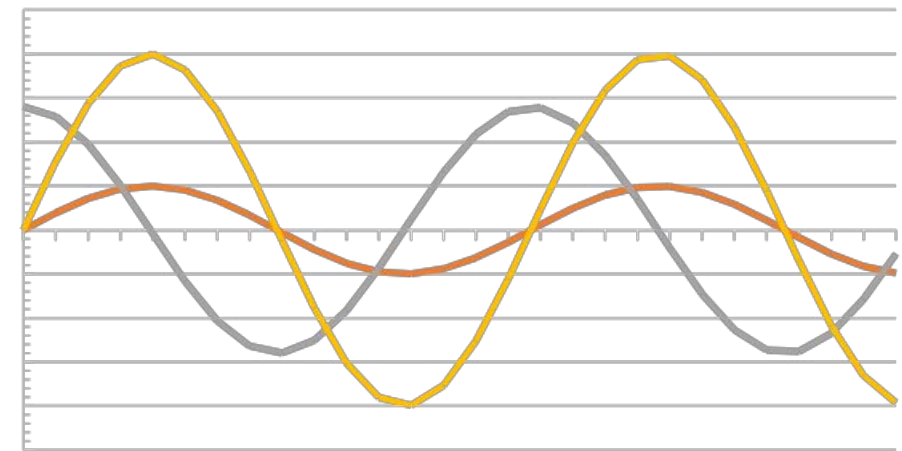


Чтобы определить скорость измерения положения тела относительно точки равновесия нам необходимо получить производную перемещения от времени. При дифференцировании получим уравнение: $V=ds/dt=\omega \times S \times \cos(\omega \times t)$

Параметр V является виброскоростью объекта. При этом виброскорость сдвинута по фазе на четверть цикла относительно перемещения.

Для получения виброускорения, т.е. скорости изменения скорости объекта нам необходимо взять производную по времени уже от виброскорости. $a=dV/dt=-\omega^2 \times S \times \cos(\omega \times t)$

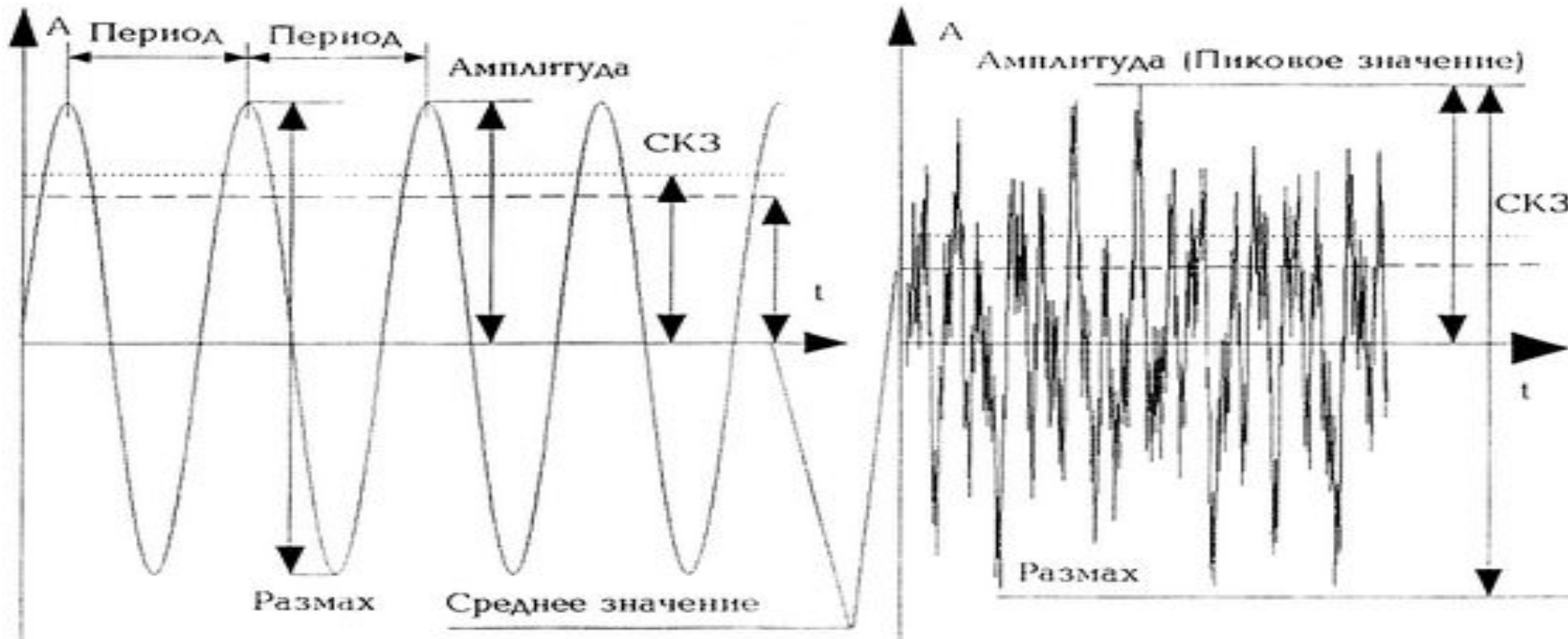
Полученные формулы означают, что большие смещения на высоких частотах должны сопровождаться очень большими скоростями и чрезвычайно большими ускорениями.

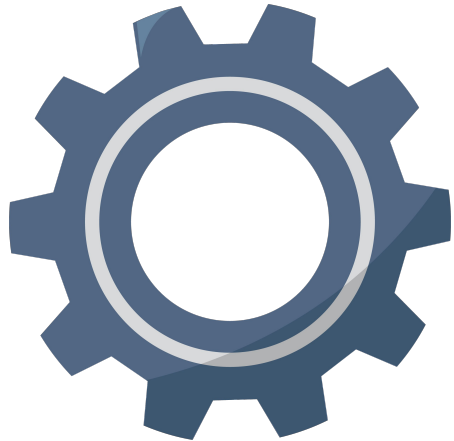


— Виброперемещение — Виброскорость — Виброускорение

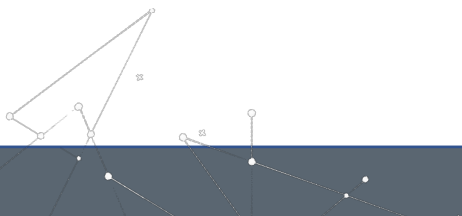
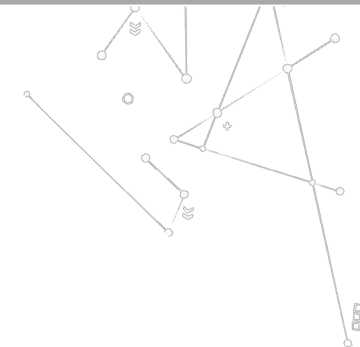
При контроле параметров вибрации используется среднеквадратичное значение параметров (СКЗ), т.к. вибрационный сигнал оборудования не является идеальной синусоидой. СКЗ равно делителю амплитуды на коэффициент формы сигнала для синусоиды ($K=1,41$).

СКЗ соответствует примерно 0,7 от амплитуды.





НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИИ ОТБРАКОВКИ



Методики проведения вибрационного контроля и допустимые параметры вибрации для различных типов оборудования регламентированы в российском нормативно-правовом поле сводом гостов ГОСТ ИСО 10816 Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях, а так же ГОСТ 32106-2013.

- **ГОСТ ИСО 10816-1-97 – Общие требования;**
- **ГОСТ ИСО 10816-3-2002 – Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт;**
- **ГОСТ ИСО 10816-7:2009 – Насосы динамические промышленные;**
- **ГОСТ Р ИСО 10816-8-2016 – Установки компрессорные поршневые.**
- **ГОСТ 32106-2013 Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов**

На основе действующих НПА были разработаны процедуры и методики по диагностике динамического оборудования для площадок МЖБН:

Наименование оборудования	Наименование документа
Процедура по диагностике динамического оборудования:	ПР МЖБН 1-02-07-2020 / ПР МЖБН 2-02-07-2020
Центробежные насосы мощностью более 2 кВт	М МЖБН 1-01-07-2020 / М МЖБН 2-01-07-2020
Электродвигатели мощностью до 15 кВт	М МЖБН 1-02-07-2020 / М МЖБН 2-02-07-2020
Электродвигатели мощностью более 15 кВт	М МЖБН 1-03-07-2020 / М МЖБН 2-03-07-2020
Кулачковые, шестерённые и пластинчатые насосы мощностью более 2 кВт (в разработке, будет утверждена в 2021 году)	М МЖБН 1-04-07-2020 / М МЖБН 2-04-07-2020
Мембранные и поршнево-плунжерные насосы мощностью более 2 кВт (в разработке, будет утверждена в 2021 году)	М МЖБН 1-05-07-2020 / М МЖБН 2-05-07-2020
Винтовые насосы мощностью более 2 кВт (в разработке, будет утверждена в 2021 году)	М МЖБН 1-06-07-2020 / М МЖБН 2-06-07-2020

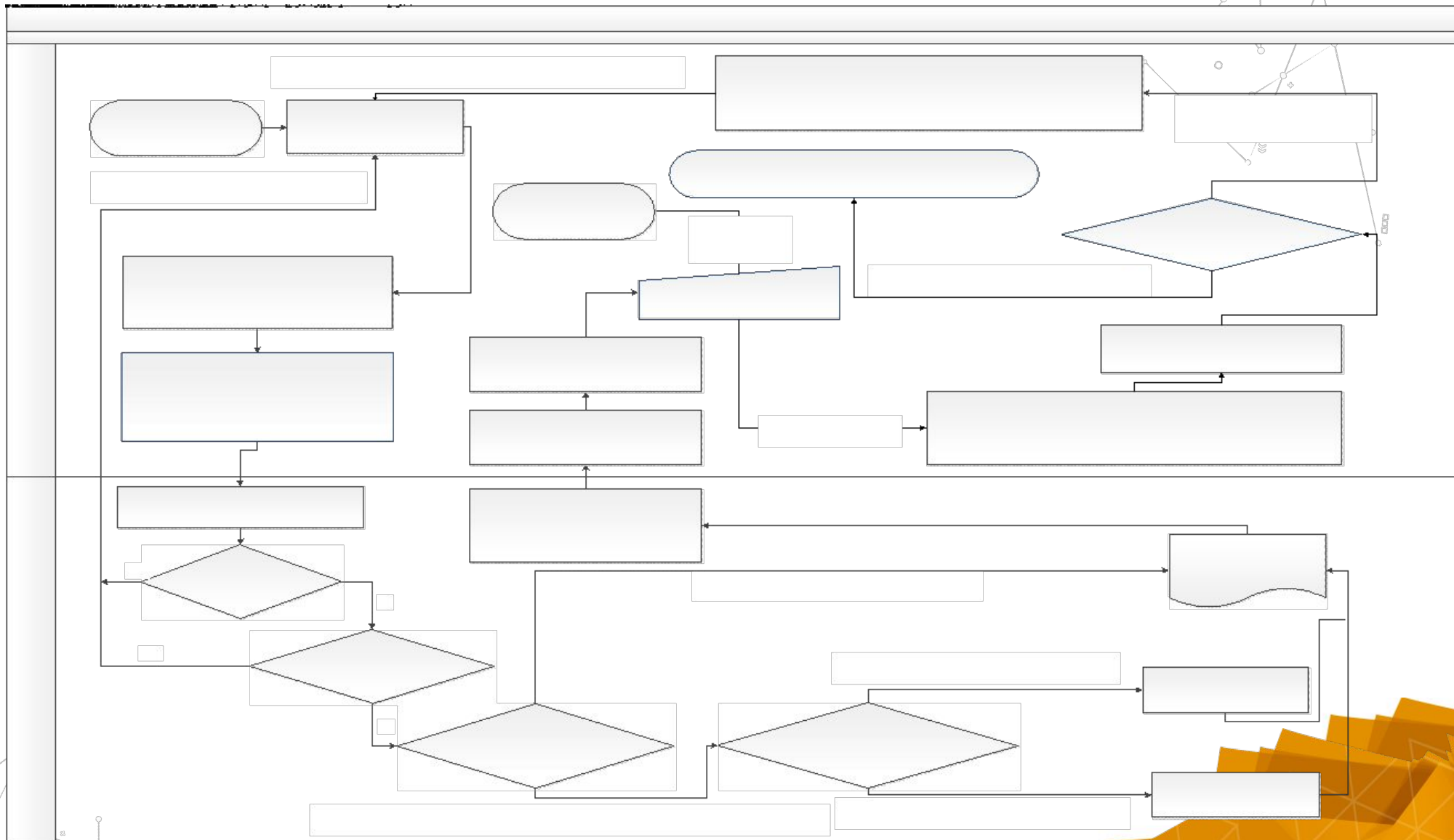
На основе действующих НПА были разработаны процедуры по диагностике динамического оборудования для площадок МЖБН:

Базовым документом является:

**ПРОЦЕДУРА ПО ДИАГНОСТИКЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПР МЖБН
1-02-07-2020**

В данном документе описаны:

- Требования к процессу выполнения работ по диагностике;
- Требования к регистрации результатов диагностики;
- Приведены критерии допустимых параметров температуры и вибрации подшипниковых узлов и элементов динамического оборудования.



Критерии отбраковки принятые в утверждённых методиках МЖБН РУСАГРО для диагностики динамического оборудования:

V, мм/с	До 50 кВт	От 50 до 200 кВт	Более 200 кВт
2,0	Хорошо	Хорошо	Хорошо
2,8			
4,1	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно
5,4			
6,3	Допустимо	Допустимо	Допустимо
8,7			
11,2	Недопустимо	Недопустимо	Недопустимо
14,1			
15,0			

Критерии отбраковки динамических центробежных насосов мощностью более 2 кВт в соответствии с **М МЖБН 1-01-07-2020**

V, мм/с	Высота от 132 до 225 мм	Высота от 225 до 400 мм
2,0	Хорошо	Хорошо
2,8		
4,5		
5,4	Удовлетворительно	Удовлетворительно
7,1		
8,7	Допустимо	Удовлетворительно
11,2		
18,0	Недопустимо	Допустимо
20,0		

Критерии отбраковки эл.дв. мощностью более 15 кВт стоящих на раме в соответствии с **М МЖБН 1-03-07-2020**

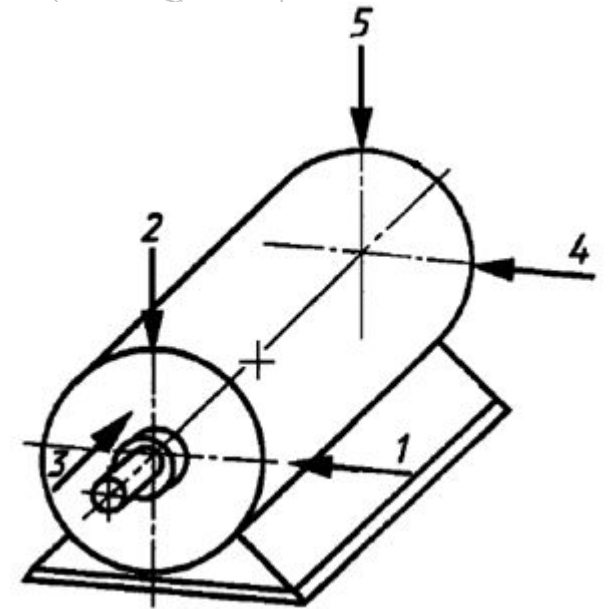
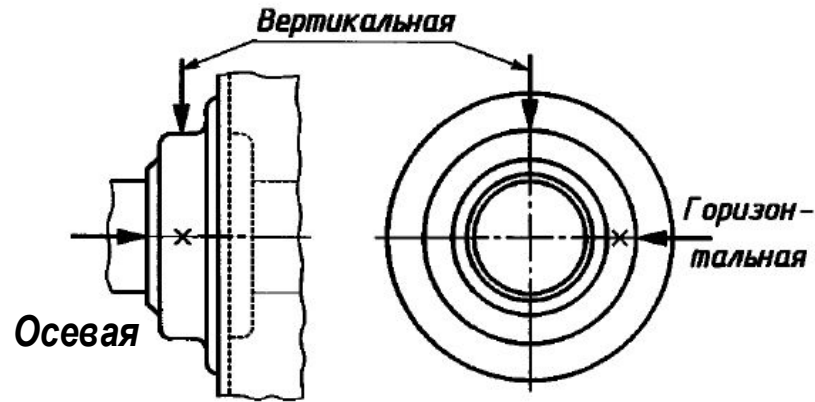
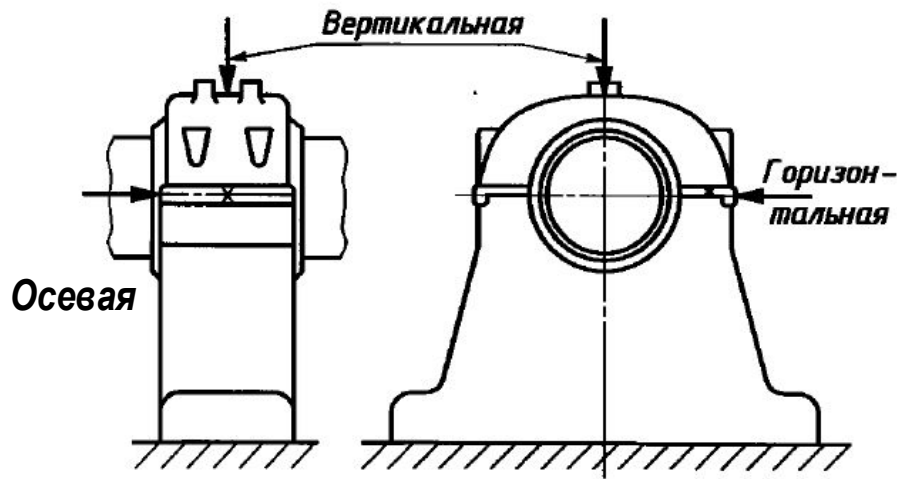
V, мм/с	Высота от 132 до 315 мм	Высота от 315 до 400 мм
2,3	Хорошо	Хорошо
2,8		
3,5	Удовлетворительно	Удовлетворительно
4,5		
7,1	Допустимо	Допустимо
11,0		
15,0	Недопустимо	Недопустимо
18,0		
20,0		

Критерии отбраковки эл.дв. мощностью более 15 кВт зафиксированных на редукторе без крепления к раме или фундаменту в соответствии с **М МЖБН 1-03-07-2020**

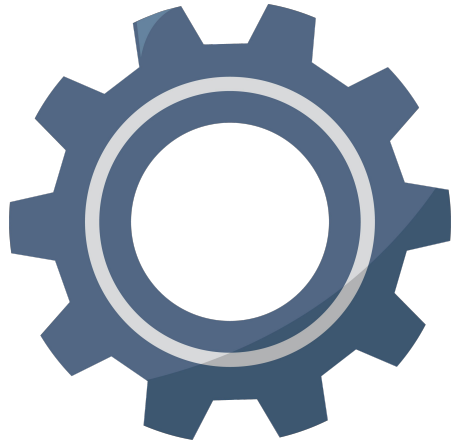
Принятые в МЖБН РУСАГРО критерии отбраковки основаны на следующих стандартах:

- ГОСТ 32106-2013 Контроль состояния и диагностики машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов.
- ГОСТ ИСО 10816-3-2002.

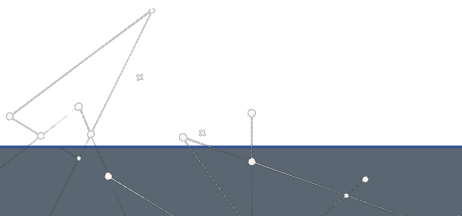
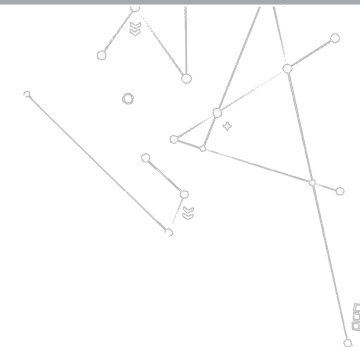
Точки установки датчиков для контроля показателей вибрации



- При контроле электродвигателей и центробежных насосов следует контролировать вибрацию в 5 точках (по 3 направления на приводной подшипник и 2 на не приводной) и заносить в систему информацию по наибольшему из 3-х показателей на каждый из подшипников.
- При контроле редукторов следует контролировать вибрацию на каждом из подшипников в трёх направлениях.



ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ И ПРИЗНАКИ ДЕФЕКТОВ



На площадках применяются виброанализаторы STD-510

Подключение датчика

Передача данных (с зелёным ободом)

Зарядка (с красным ободом)



Кнопка «ESC»

Длительное нажатие - Включение/Выключение
При навигации в меню это кнопка «Назад»

Кнопка «OK» для подтверждения выбора

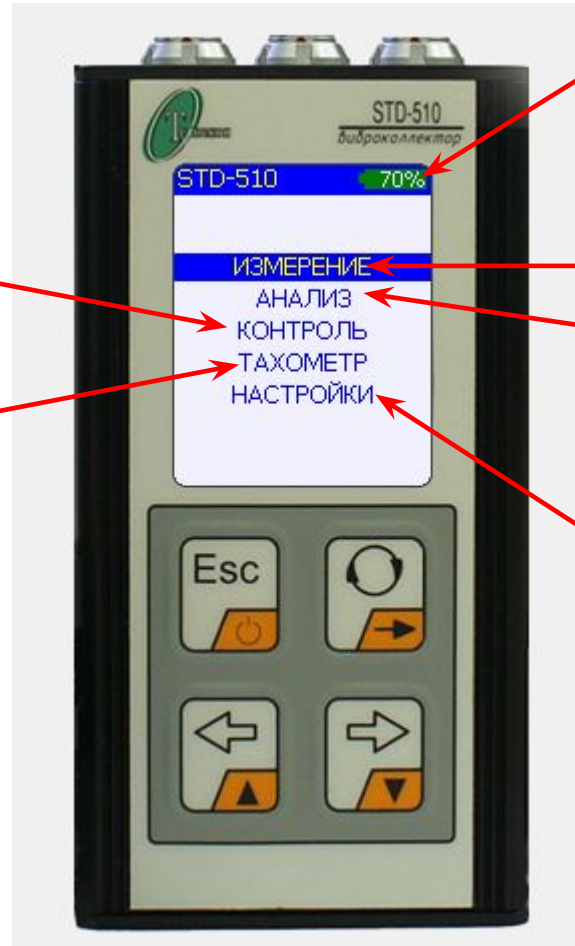
Кнопка навигации в меню (Вверх или Влево в зависимости от меню)

Кнопка навигации в меню (Вниз или Вправо в зависимости от меню)

Основное меню STD-510

Не следует выбирать, замеры, выполненные в данном пункте не сохраняются в приборе, но по результатам измерений сразу включается спектр для выполнения анализа результатов.

Не применяется на наших площадках. Т.к. в комплекте нет датчика скорости оборотов



Уровень заряда батареи

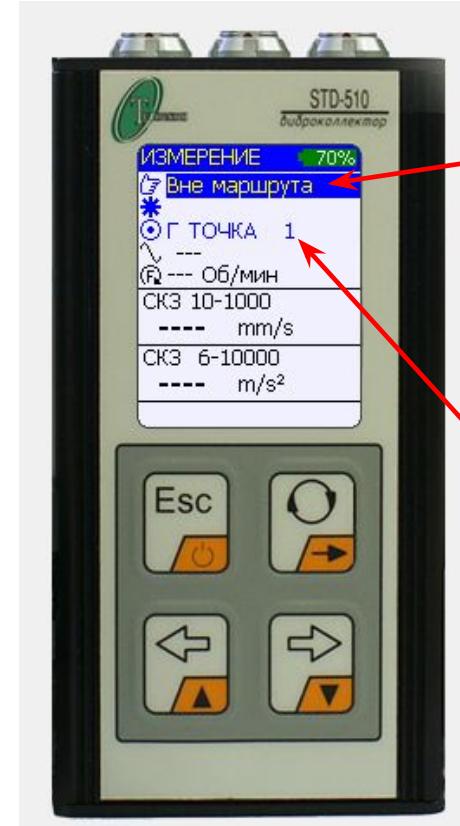
Для выполнения измерений выбираем этот пункт

Для анализа полученных результатов выбираем этот пункт

Меню настроек. Применяется для анализа оставшегося количества памяти и чистки памяти в случае необходимости.

Меню «Измерение» в STD-510

В стандартной работе **всегда** выбираем ОР загруженные в маршрут



В случае, если отсутствует возможность загрузки маршрута, либо необходимо срочно проверить незапланированный ОР выбираем «вне маршрута»

Номер точки контроля. Необходимо записывать номер, чтобы была возможность вручную записать результаты контроля в программу

1-я строка: Название ОР в базе

2-я строка: Название точки контроля

Для переключения с 1-й строки на вторую необходимо нажать «ОК»

Для возврата к 1-й строке или выхода в вышестоящее меню следует нажать «ESC».

Для переключения между точками и ОР стоя на выделенной строке необходимо нажать клавишу «Вправо» для перехода в следующей точке или клавишу «Влево» для перехода к предыдущей точке

Русagro МЖБН - Администратор (Администратор) - SAFE PLANT ver.1.00

Обмен данными

Список оборудования

- Русagro МЖБН
 - Примеры
 - САПП
 - Фасовка масла
 - Линия 18 000
 - Автомат выдува 10СРХ
 - МАШИНА РОЗЛИВА ТВФС 7218.40
 - ЭТИКТИРОВЩИК КРУГОВОЙ ЭТИКЕТКИ 3 PNR 24 A...
 - МАШИНА ФОРМИРОВАНИЯ КОРОБОВ DBZ-CXJ 25 B...
 - МАШИНА УКЛАДКИ БУТЫЛОК В КОРОБА DBZ-ZX 36 ...
 - МАШИНА ЗАКЛЕЙКИ КОРОБОВ DBZ-FXJ40B 18тБч
 - ГРУППА ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНВЕЙЕРОВ СК 18тБч222
 - КОНВЕЙЕР W101M2 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W33M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W32M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W101M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W102M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W102M2 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W103M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W103M2 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W104M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W104M2 СИСТ КОНВ 18тБч**
 - КОНВЕЙЕР W105M1 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W105M2 СИСТ КОНВ 18тБч
 - КОНВЕЙЕР W106M1 СИСТ КОНВ 18тБч

Маршруты

Идент.	Описание	Дата
Новый		
фок ом-4	ЛегГок	17.09.2019
Пароудаление ГБЖ-3	ЛегГок	18.09.2019

Тип прибора: STD-510
 Вид обследования: Экспресс
 Состояние: Не учитывать
 Использовать датчик оборотов

Автоматическое формирование | Ручное формирование

Русagro МЖБН Диагностика динамич...

Ид. станции:	Описание станции:	Ид. станции:	Описание станции:	Ид. станции:	Описание станции:	Ид. агрегата:	Описание:	Вид обследования:	Кол-во точек:	Кол-во замеров:	Дата:	Время:	
Русagro МЖБН	Диагностика динамич...	САПП		Фасовка масла		ГРУППА ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНВЕЙЕРОВ СК 18тБч222		КОНВЕЙЕР W32M1 СИСТ КОНВ 18тБч	Внеплановое	15 (из 15)	81 (из 150)		
								КОНВЕЙЕР W103M2 СИСТ КОНВ 18тБч	Внеплановое	15 (из 15)	81 (из 150)		
								КОНВЕЙЕР W104M1 СИСТ КОНВ 18тБч	Внеплановое	15 (из 15)	81 (из 150)		
								КОНВЕЙЕР W104M2 СИСТ КОНВ 18тБч	Внеплановое	15 (из 15)	81 (из 150)		

Журнал событий

В маршруте может быть до 12 объектов ремонта. В противном случае в приборе будет недостаточно памяти для загрузки маршрута. Для загрузки маршрута в прибор необходимо нажать на эту кнопку.



Просмотр данных

Список оборудования

- КОН_БАК_П2
- КОН_БАК_П3
- MIX. R310-01A
- MIX. R322-01A
- P322-01A
- MIX. C310-01A
- P310-03A
- MIX. D310-03A
- P310-04A
- MIX. R310-01B
- R-P322-01B
- MIX. C310-01B
- P310-03B
- MIX. D310-03B
- P310-04B
- MIX. R310-01C
- P322-01C
- MIX. C310-01C
- P310-03C
- MIX. D310-01C
- P310-04C
- MIX. R310-01D
- P310-03D
- MIX. D310-03D
- P310-04D
- P700_01A
- P700_01B
- P700_01C
- P700_02A
- P700_02B

Дата / время

От 04.08.2020 10:38 До 09.12.2020 13:21

От 01.01.2019 12:28 За 2 год

ДЕЗОДОРАЦИЯ Д-500

Ид. агрегата:	Тип:	Метод измерения:	Кол-во точ...	Дата последних дан...	Время последних дан...
○ P310-04	Редуктор	Переносной прибор	15		
○ КОН_БАК_П1	Насос	Переносной прибор	9		
○ КОН_БАК_П2	Насос	Переносной прибор	9		
○ КОН_БАК_П3	Насос	Переносной прибор	9		
○ MIX. R310-01A	MIX. R310-01A	Смешанный	21		
○ MIX. R322-01A	MIX. R322-01A	Смешанный	21		
● P322-01A	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	15:13:41
● MIX. C310-01A	MIX. C310-01A	Смешанный	21	11.11.2020	11:54:22
● P310-03A	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:36:12
○ MIX. D310-03A	MIX. D310-03A	Смешанный	21		
○ P310-04A	Редуктор	Переносной прибор	15		
● MIX. R310-01B	MIX. R310-01B	Смешанный	21	11.11.2020	11:34:58
● R-P322-01B	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:27:54
● MIX. C310-01B	MIX. C310-01B	Смешанный	21	11.11.2020	12:02:20
○ P310-03B	Редуктор	Переносной прибор	15		
○ MIX. D310-03B	MIX. D310-03B	Смешанный	21		
○ P310-04B	Редуктор	Переносной прибор	15		
○ MIX. R310-01C	MIX. R310-01C	Смешанный	21		
○ P322-01C	Редуктор	Переносной прибор	15		
○ MIX. C310-01C	MIX. C310-01C	Смешанный	21		
○ P310-03C	Редуктор	Переносной прибор	15		
○ MIX. D310-01C	MIX. D310-01C	Смешанный	21		
○ P310-04C	Редуктор	Переносной прибор	15		
● MIX. C310-01D	MIX. C310-01D	Смешанный	21	11.11.2020	11:44:05
○ P310-03D	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:21:48
○ MIX. D310-03D	MIX. D310-03D	Смешанный	21		
○ P310-04D	Редуктор	Переносной прибор	15		
● P700_01A	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:16:51
● P700_01B	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:12:58
○ P700_01C	Насос	Переносной прибор	9		
● P700_02A	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:20:50
○ P700_02B	Насос	Переносной прибор	9		
○ 3-D70001	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:24:50
○ CHIL FU700-01A	CHIL FU700-01A	Смешанный	25		
○ CHIL FU700-01B	CHIL FU700-01B	Смешанный	25		
○ P316-06	Насос	Переносной прибор	9		
○ P316-01	Насос	Переносной прибор	9		
● P316-02	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:02:45
● P316-03	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:47:47
○ P316-07	Насос	Переносной прибор	9		
○ MIX. D316-05A	MIX. D316-05A	Смешанный	21		
○ MIX. D316-05B	MIX. D316-05B	Смешанный	21		
○ P316-04	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:40:57
○ КОМП 316-01A	КОМП 316-01A	Смешанный	25		
○ КОМП 316-01B	КОМП 316-01B	Смешанный	25		
● P316-05	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:56:38
○ ГРАД280(18)	Вентилятор	Смешанный	27		
○ ГРАД280(19)	Вентилятор	Смешанный	27		

Просмотр данных

Схемы Списки Журнал

Список оборудования

- КОН_БАК_П2
- КОН_БАК_П3
- MIX. R310-01A
- MIX. R322-01A
- P322-01A**
- MIX. C310-01A
- P310-03A
- MIX. D310-03A
- P310-04A
- MIX. R310-01B
- R-P322-01B
- MIX. C310-01B
- P310-03B
- MIX. D310-03B
- P310-04B
- MIX. R310-01C
- P322-01C
- MIX. C310-01C
- P310-03C
- MIX. D310-01C
- P310-04C
- MIX. C310-01D
- P310-03D
- MIX. D310-03D
- P310-04D
- P700_01A
- P700_01B
- P700_01C
- P700_02A
- P700_02B

P322-01A (10.11.2020)

Ид. агрегата:	СКЗ виброперем	СКЗ виброскоро...	СКЗ Виброускор	Пик-Фактор подш	Огибающая, 10к	Огибающая, 6к	Экссесс	OYS	OYV	OYA	Ф-С
Прив.подш. Эл.дв. (B)	2.55	0.85	1.92	5.49	50.16	50.35	3.16	2.58	0.85	2.04	2.79
Прив.подш. Эл.дв. (П)	2.25	0.73	2.32	7.29	64.89	68.02	3.63	2.30	0.73	2.30	2.12
Прив.подш. Эл.дв. (O)	4.48	1.47	2.10	6.12	46.51	52.29	3.17	4.51	1.45	2.15	2.85
Неприв.подш. Эл.дв. (B)	7.99	2.52	1.39	10.29	60.51	52.93	6.78	7.97	2.50	1.45	1.68
Неприв.подш. Эл.дв. (П)	2.63	0.87	1.24	9.00	49.22	56.11	5.10	2.84	0.87	1.10	1.24
ПП Насоса (B)	3.32	1.11	4.57	4.88	76.54	73.59	3.06	3.32	1.12	4.67	2.69
ПП Насоса (П)	3.64	1.24	3.97	4.73	69.38	59.54	3.12	3.64	1.25	3.98	4.39
НП Насоса (B)	4.36	1.51	5.23	5.00	65.94	64.22	3.15	4.36	1.50	5.41	7.01
НП Насоса (П)	5.55	1.79	4.97	5.64	71.42	68.13	3.24	5.57	1.80	5.20	4.43



Просмотр данных

Список оборудования

- КОН_БАК_П2
- КОН_БАК_П3
- MIX. R310-01A
- MIX. R322-01A
- P322-01A
- MIX. C310-01A
- P310-03A
- MIX. D310-03A
- P310-04A
- MIX. R310-01B
- R-P322-01B
- MIX. C310-01B
- P310-03B
- MIX. D310-03B
- P310-04B
- MIX. R310-01C
- P322-01C
- MIX. C310-01C
- P310-03C
- MIX. D310-03C
- P310-04C
- MIX. C310-01D
- P310-03D
- MIX. D310-03D
- P310-04D
- P700_01A
- P700_01B
- P700_01C
- P700_02A
- P700_02B

Дата / время

От 04.08.2020 10:38 До 09.12.2020 13:21

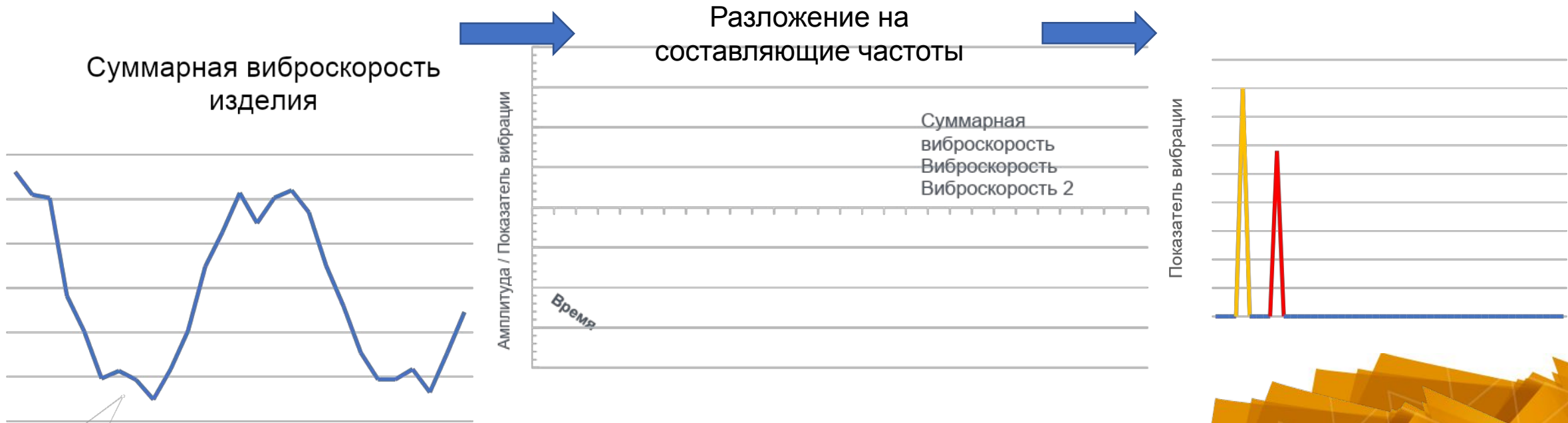
От 01.01.2019 12:28 За 2 год

ДЕЗОДОРАЦИЯ Д-500

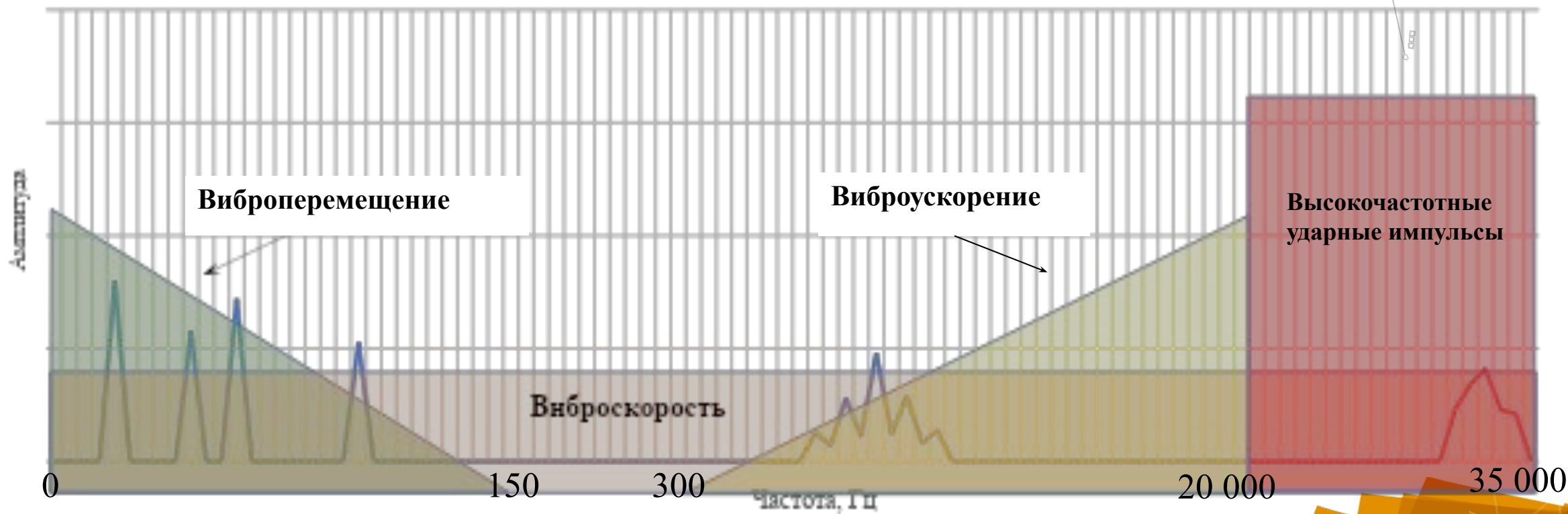
Ид. агрегата:	Тип:	Метод измерения:	Кол-во точ...	Дата последних дан...	Время последних дан...
P310-04	Редуктор	Переносной прибор	15		
КОН_БАК_П1	Насос	Переносной прибор	9		
КОН_БАК_П2	Насос	Переносной прибор	9		
КОН_БАК_П3	Насос	Переносной прибор	9		
MIX. R310-01A	MIX. R310-01A	Смешанный	21		
MIX. R322-01A	MIX. R322-01A	Смешанный	21		
P322-01A	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	15:13:41
MIX. C310-01A	MIX. C310-01A	Смешанный	21	11.11.2020	11:54:22
P310-03A	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:36:12
MIX. D310-03A	MIX. D310-03A	Смешанный	21		
P310-04A	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. R310-01B	MIX. R310-01B	Смешанный	21	11.11.2020	11:34:58
R-P322-01B	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:27:54
MIX. C310-01B	MIX. C310-01B	Смешанный	21	11.11.2020	12:02:20
P310-03B	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. D310-03B	MIX. D310-03B	Смешанный	21		
P310-04B	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. R310-01C	MIX. R310-01C	Смешанный	21		
P322-01C	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. C310-01C	MIX. C310-01C	Смешанный	21		
P310-03C	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. D310-03C	MIX. D310-03C	Смешанный	21		
P310-04C	Редуктор	Переносной прибор	15		
MIX. C310-01D	MIX. C310-01D	Смешанный	21	11.11.2020	11:44:05
P310-03D	Редуктор	Переносной прибор	15	10.11.2020	17:21:48
MIX. D310-03D	MIX. D310-03D	Смешанный	21		
P310-04D	Редуктор	Переносной прибор	15		
P700_01A	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:16:51
P700_01B	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:12:58
P700_01C	Насос	Переносной прибор	9		
P700_02A	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:20:50
P700_02B	Насос	Переносной прибор	9		
3-D70001	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:24:50
CHIL FU700-01A	CHIL FU700-01A	Смешанный	25		
CHIL FU700-01B	CHIL FU700-01B	Смешанный	25		
P316-06	Насос	Переносной прибор	9		
P316-01	Насос	Переносной прибор	9		
P316-02	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	18:02:45
P316-03	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:47:47
P316-07	Насос	Переносной прибор	9		
MIX. D316-05A	MIX. D316-05A	Смешанный	21		
MIX. D316-05B	MIX. D316-05B	Смешанный	21		
P316-04	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:40:57
КОМП 316-01A	КОМП 316-01A	Смешанный	25		
КОМП 316-01B	КОМП 316-01B	Смешанный	25		
P316-05	Насос	Переносной прибор	9	10.11.2020	17:56:38
ГРАД280(18)	Вентилятор	Смешанный	27		
ГРАД280(19)	Вентилятор	Смешанный	27		

Для анализа причин возникновения повышенной вибрации необходимо провести анализ спектра вибрационных параметров.

Реальные системы имеют более одного элемента возбуждающего вибрацию, в результате чего частотные гармоники отдельных элементов накладываются друг на друга и образуют сложную временную реализацию. Используя преобразование Фурье вибродиагностическое оборудование трансформирует общий вибрационный сигнал в спектр.



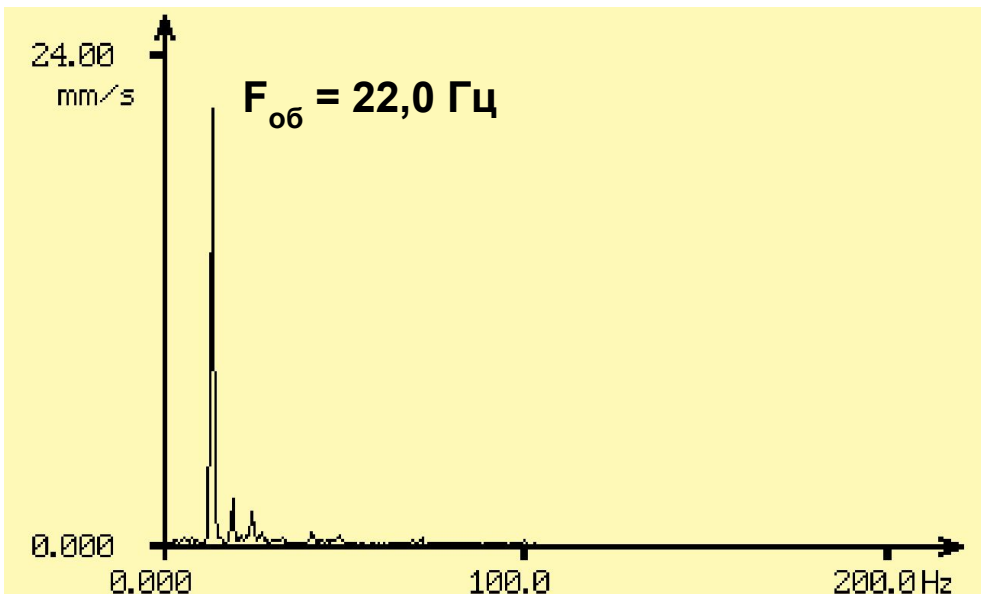
Границы зон применимости параметров вибрации для регистрации различных дефектов



Вибрационные гармоники вызванные различными дефектами



Определение дисбаланса



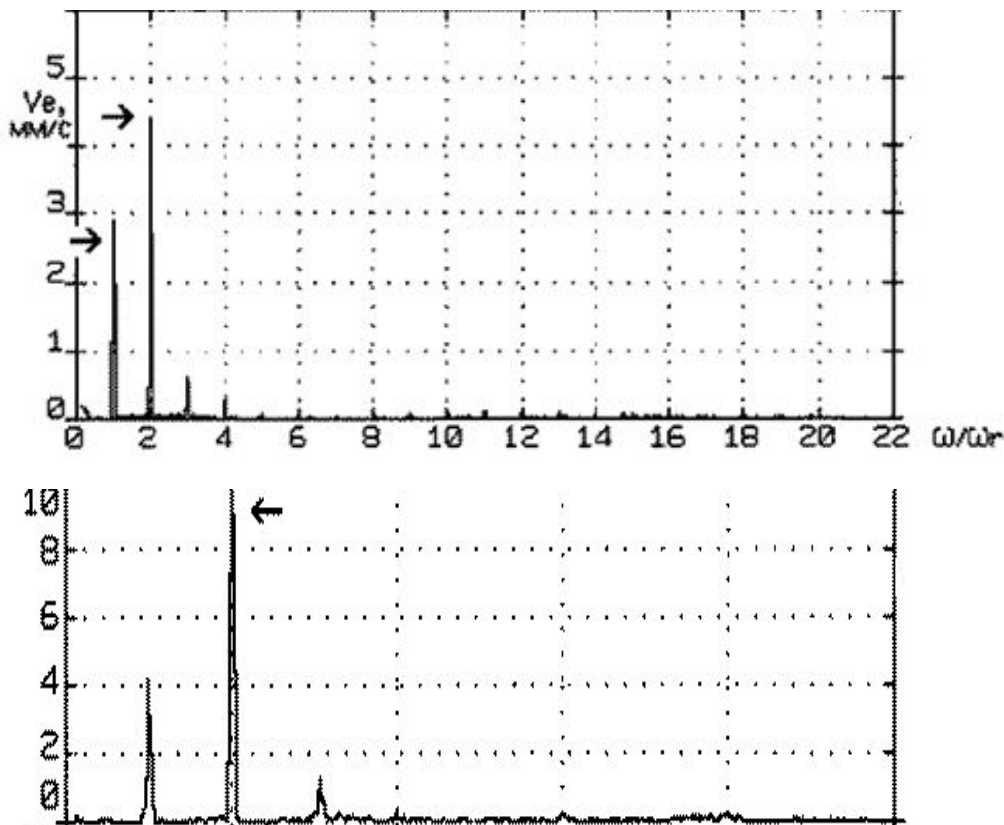
Дисбаланс связан с неуравновешенностью вращающихся деталей в связи с повреждением их при эксплуатации, наличием отложений, некачественным изготовлением и плохой балансировкой. Признаками дисбаланса на спектре являются:

- Наибольшая гармоника при дисбалансе равна частоте вращения ротора (оборотной частоте).
- Наибольший показатель вибрации в радиальном горизонтальном направлении.
- Вибрация от дисбаланса не зависит от нагрузки.

1320

Когда рассматривают вращающиеся машины, то частота основного колебания соответствует частоте вращения объекта контроля, которая изменяется в Герцах и определяется, как частное от деления скорости вращения на 60: $\omega = F/60$ (т.к. в минуте 60 секунд), и носит название **оборотной частоты**.

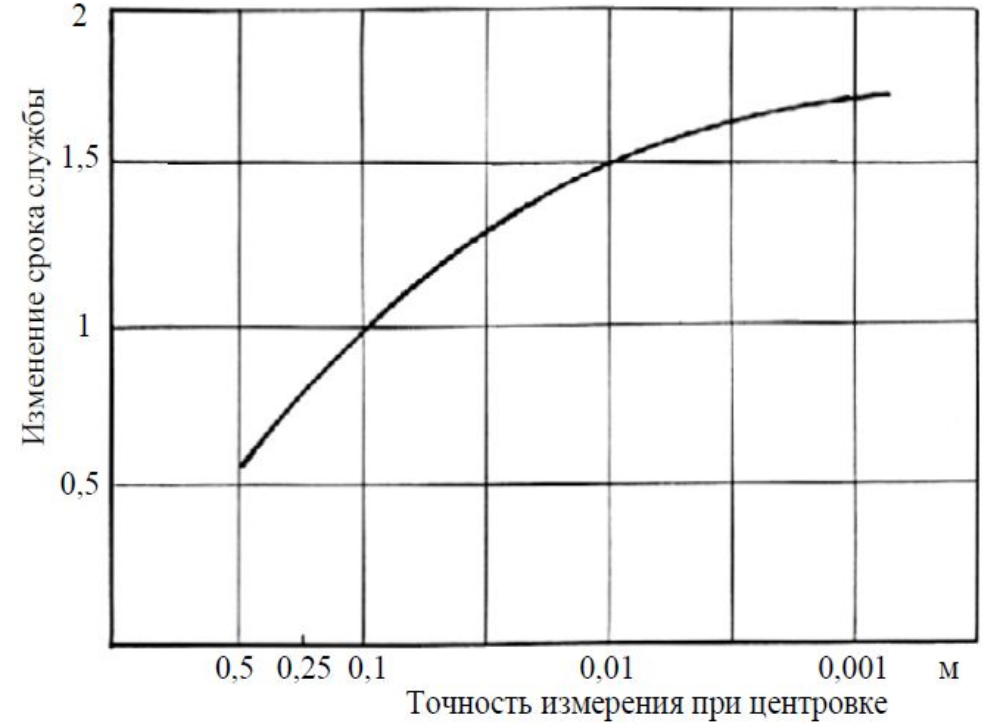
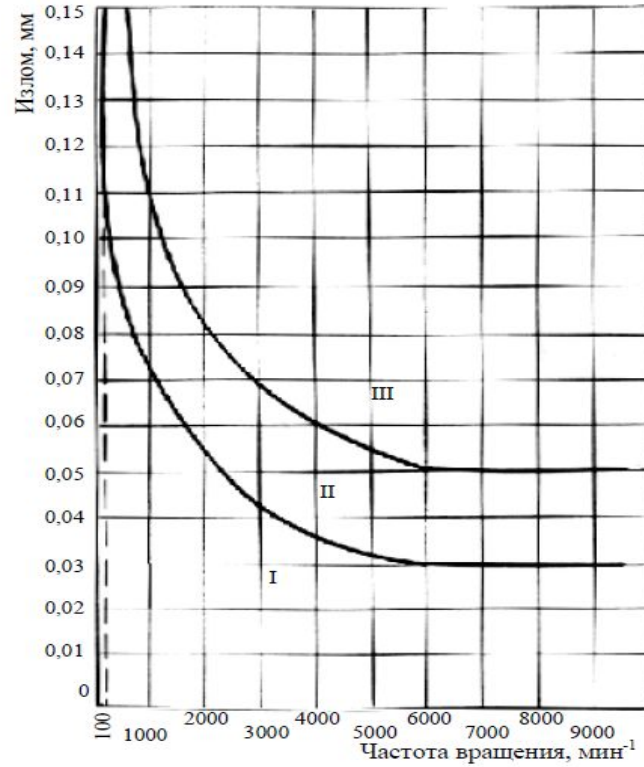
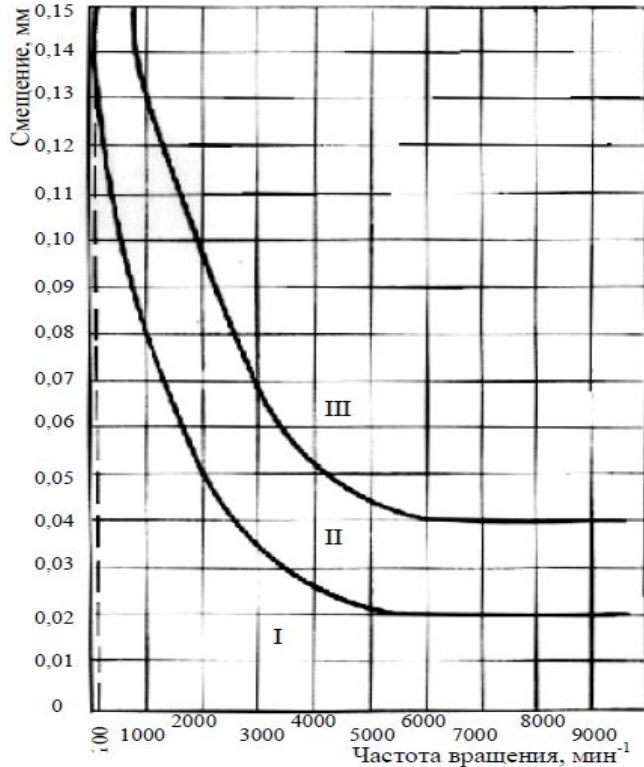
Определение неисправностей связанных с несоосностью (расцентровка)



Под несоосностью понимается смещение и излом осей между механизмами. Признаками несоосности на спектре являются:

- Наибольшая величина виброскорости при несоосности соответствуют оборотной частоте и 2-й оборотной гармонике.
- Неисправность диагностируется на спектре виброскорости. Если преобладает смещение, то наибольшая величина вибрации в радиальном направлении. Если преобладает излом, становится более интенсивной осевая вибрация на частоте $2f_n$.
- При превышении второй гармоники относительно первой более чем в 1,5 раза необходимо проведение центровки оборудования вне зависимости от общего уровня.

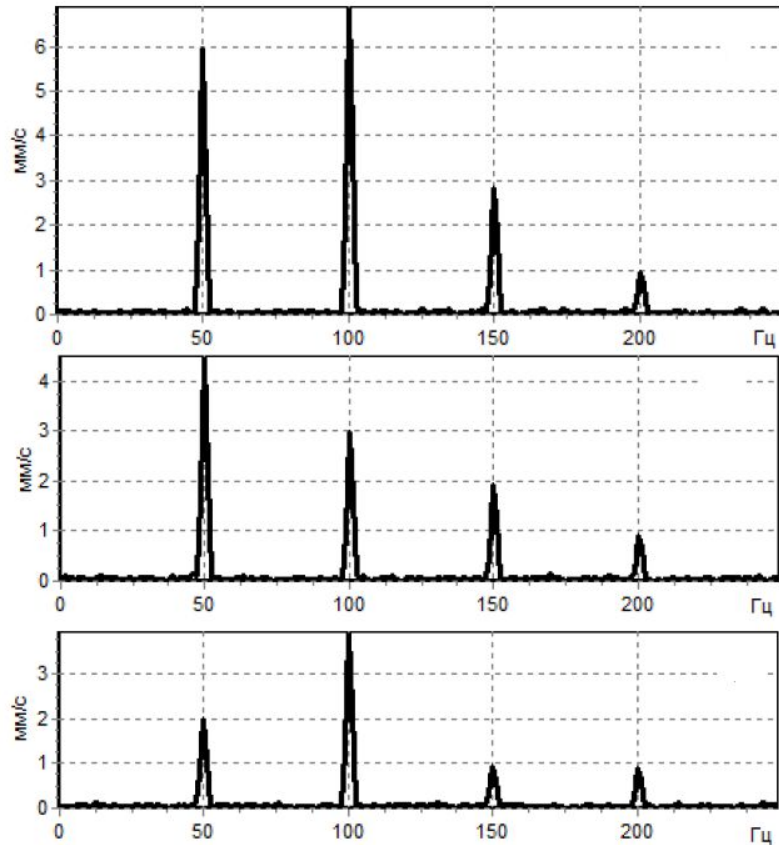
Критерии допустимости центровки оборудования



Нормы смещения и излом (I – хорошо, II – допустимо, III – недопустимо)

Данные взяты из монографии Розенберг Г.Ш. Вибродиагностика. Санкт-Петербург, 2001 г. с. 247. Нормы представляют обобщение данных следующих фирм: ЦНИИ МФ, SKF и Prüftechnik

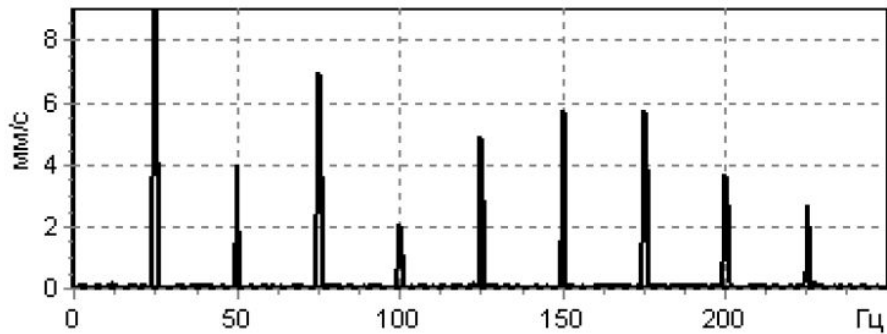
Определение неисправностей связанных с износом муфт



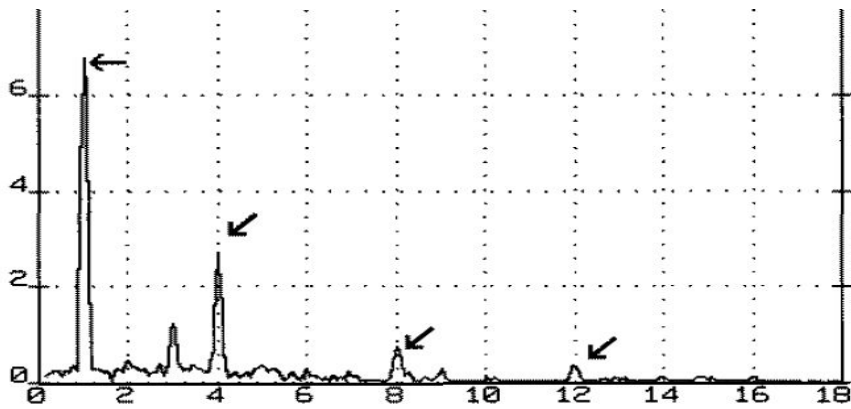
Под несоосностью понимается смещение и излом осей между механизмами. Признаками несоосности на спектре являются:

- Дефект проявляется на частотах: $f_m = k \cdot z_M \cdot n$, где z_M – число пальцев, кулачков (имеет место только при параллельной расцентровке) $k=1$ – повреждение муфты, $k=2, 3, 4$ – заклинивание муфты; n – оборотная частота;
- Вторая или третья гармоники больше первой;
- Неисправность диагностируется на спектре виброскорости. Подтвердить износ муфты можно благодаря сравнению фаз вибрации на смежных подшипниковых опорах. Если фазы вибрации в осевом направлении составляют 0 или 180 градусов то вероятнее всего причиной связана с муфтой.

Определение неисправностей связанных с механическим ослаблением (люфт)



Наличие люфта

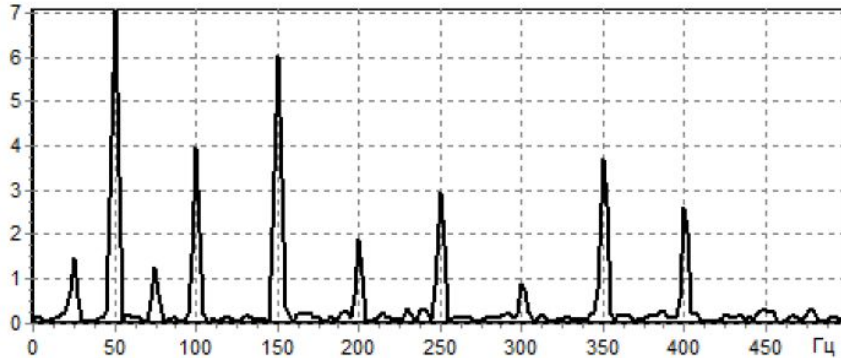


Ослабление фундамента

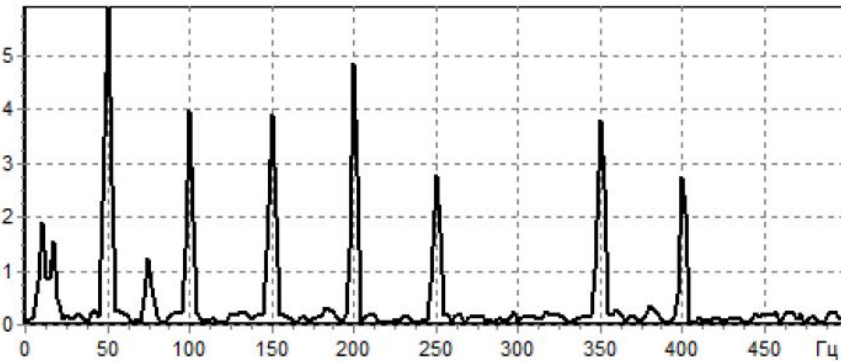
Механические ослабления возникают ввиду нарушений процесса сборки или ремонта оборудования, а также по причине износа элементов оборудования. Признаками механического ослабления в спектре являются:

- Дефект проявляется на частотах: $f_m = k \cdot n$, где $k = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5$ и до 10; n – оборотная частота;
- Преобладает не первая гармоника, дробные гармоники минимальны, либо отсутствуют;
- Неисправность диагностируется на спектре виброскорости. Наибольшее значение в радиальном или осевом направлениях, могут возникать боковые субгармоники.
- Форма сигнала нестабильна и может значительно изменяться от замера к замеру.

Определение неисправностей связанных с механическим ослаблением (трещины)



Спектр вибрации агрегата с трещиной в лапе подшипниковой стойки

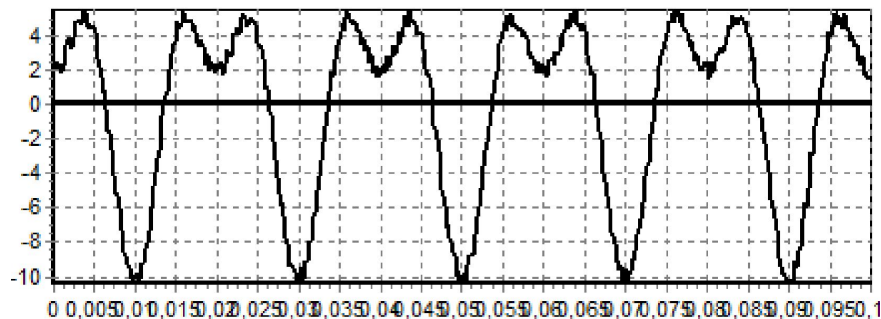


Спектр вибрации агрегата с трещиной в фундаменте

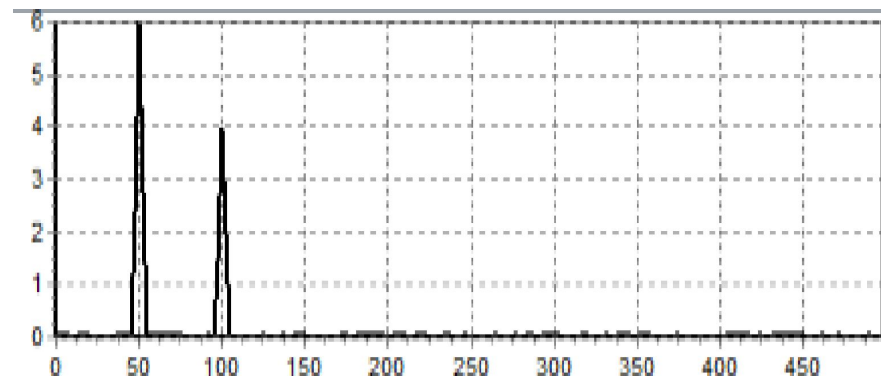
Механические ослабления вызванные трещинами. Признаками механического ослабления в спектре являются:

- Дефект проявляется на частотах: $f_m = k \cdot n$, где $k = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5$ и до 10; n – оборотная частота;
- Преобладают четные гармоники присутствуют дробные гармоники, при том они могут не иметь кратных гармоник;
- Неисправность диагностируется на спектре виброскорости. Наибольшее значение в радиальном или осевом направлениях, могут возникать боковые субгармоники.
- Форма сигнала нестабильна и может значительно изменяться от замера к замеру.

Задевание при вращении деталей механизма



Форма вибрационного сигнала

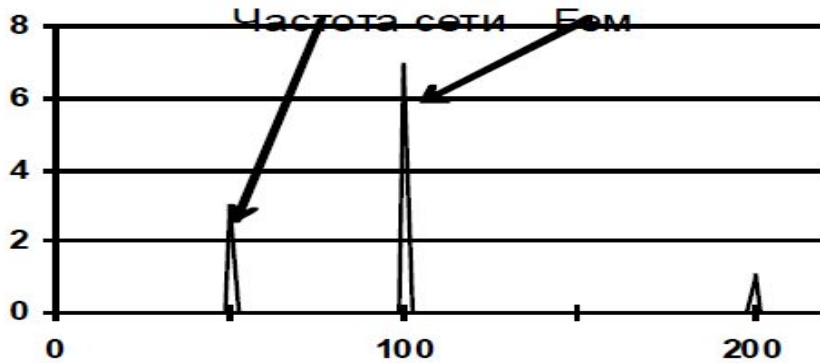


Спектр вибрации соответствующий случаю задевания ротора о статор эл.дв.

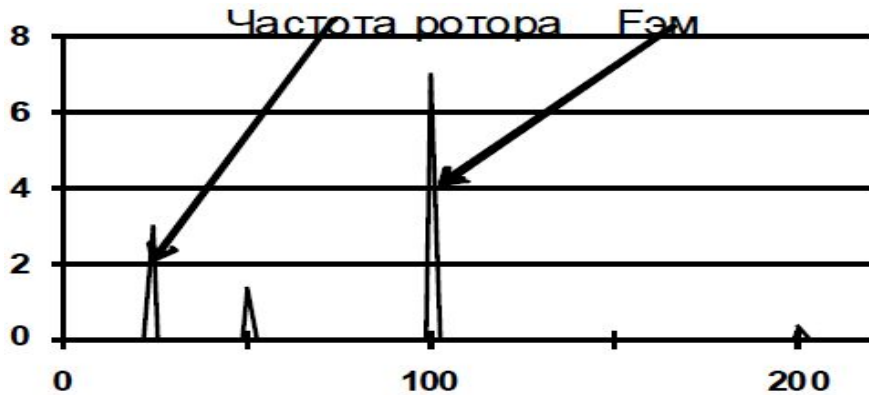
Задевание механизмов может быть как конструктивным (работа герметизирующих уплотнений), так и аварийным, вызванным износом опорных подшипников или разрушением элементов конструкции:

- Дефект проявляется на частотах: $f_m = k \cdot n$, где $k = 1; 2; 3$, при этом k в большинстве случаев соответствует количеству задеваний за оборот; n – оборотная частота;
- Регистрируется при контроле виброскорости в радиальном направлении. Вибрация нарастает при пуске механизма. Форма сигнала нестабильна и может значительно изменяться от замера к замеру.
- Первым признаком наличия является шум, который отличается от нормальной работы механизмов. Дефект можно определить при анализе формы сигнала, в которой будут «зеркальные отскоки»

Определение неисправностей связанных с дефектами статора электродвигателя



Спектр вибрационного сигнала при замыкании витков статора



Спектр вибрационного сигнала при эллипсности статора

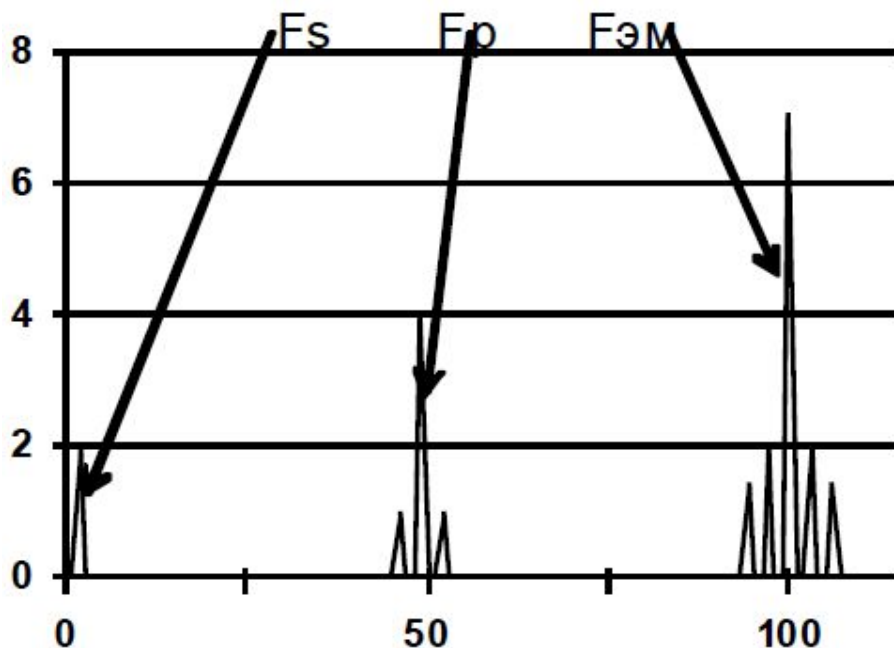
Электромагнитные дефекты выявляемые при вибродиагностике делятся на **дефекты статора** и **дефекты ротора**. Основные дефекты статора, которые мы можем определить:

- ослабление прессовки пакета стали, замыкание стержней, витков;
- Эллипсность внутренней расточки статора относительно оси вращения;
- Неправильный осевой монтаж.

Признаками дефектов статора являются:

- Дефект проявляется на частотах: $f_{эм} = 2 \cdot k \cdot F$, где F – частота питающей сети, $F = 50$ Гц; $k=0,5; 1; 2; 3$.
- Преобладает первая электрическая гармоника (100Гц). В случае ослабления прессовки появляются дробные гармоники.
- Можно обнаружить зависимость в изменении амплитуды вибрации в радиальном направлении.

Определение неисправностей связанных с эксцентриситетом ротора электродвигателя



Спектр вибрационного сигнала эксцентриситета ротора

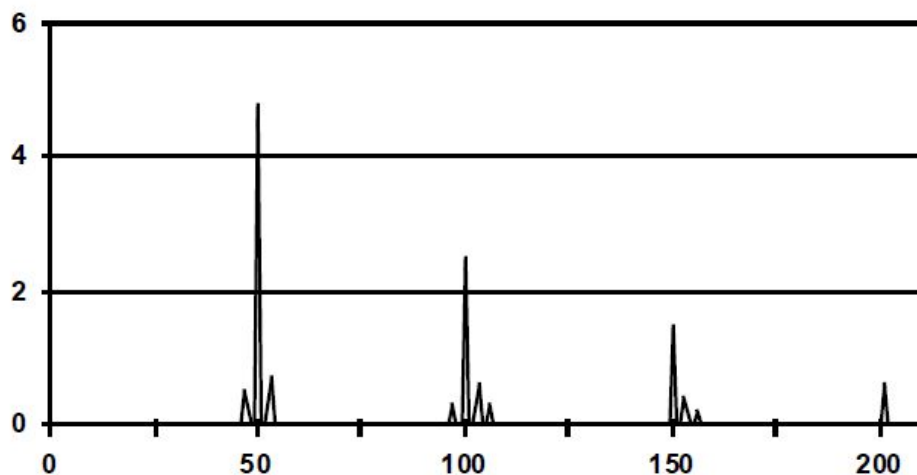
Электромагнитные дефекты выявляемые при вибродиагностике делятся на *дефекты статора* и *дефекты ротора*. Основные дефекты ротора, которые мы можем определить:

- Эксцентриситет ротора;
- Обрыв стержней ротора;
- Неправильный осевой монтаж.

Признаками дефекта эксцентриситета является:

- Дефект проявляется на частотах: $f_m = 2 \cdot k \cdot F$, где F – частота питающей сети, $F = 50$ Гц; $k=1; 2$ совместно с $F_p = k \cdot n$.
- Около оборотной частоты и электрической частоты возникают боковые гармоники.
- Величина вибрации в радиальном направлении примерно одинакова вне зависимости от точки контроля.

Определение неисправностей связанных с обрывом стержней ротора электродвигателя

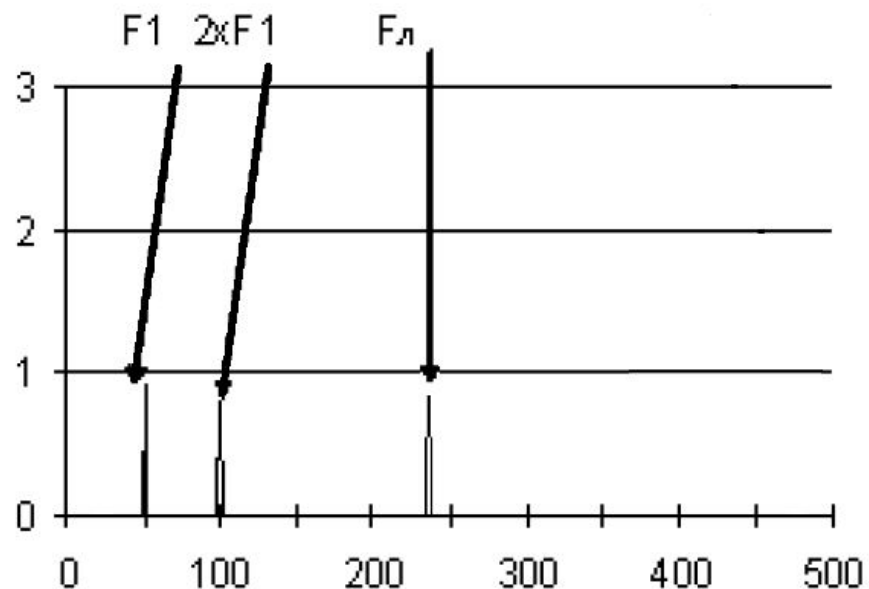


Спектр вибрационного сигнала при обрыве стержней ротора электродвигателя

При пуске асинхронного эл.дв. происходит повышенный нагрев контактов стержней с замыкающими кольцами, что в свою очередь приводит к повышенной нагрузке на оставшиеся стержни и последующему их выгоранию. Основными признаками обрыва стержней являются:

- Спектр вибрации схож со спектром вибрации при эксцентриситете ротора.
- Боковые гармоники появляются только с ростом нагрузки на двигателе, при низкой нагрузке они отсутствуют, в случае, если величина боковых гармоник составляет 10% и более от пиков, то вероятность наличия отгоревших стержней очень велика.
- Боковые гармоники несимметричны относительно пиков.

Общие характеристики спектра при диагностике насосов

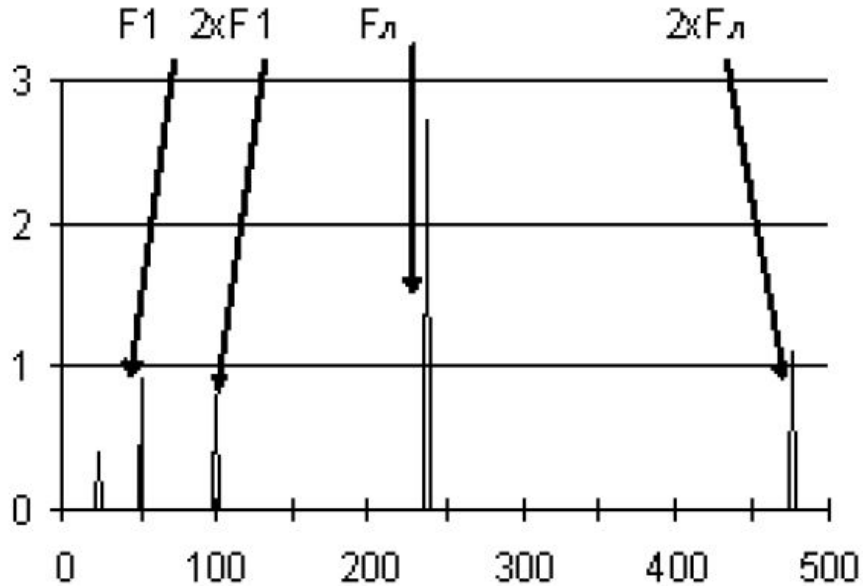


Спектр вибрационного сигнала
бездефектного насоса

При анализе сигналов полученных при диагностике насосов необходимо всегда помнить, что на спектре вибросигнала мы всегда можем видеть лопаточную вибрацию ($f_{л} = k \cdot n$, где k - количество лопастей; n - оборотная частота) ввиду одной из двух причин:

- Лопаточная вибрация является итогом взаимодействия лопаток рабочего колеса с неподвижным направляющим аппаратом;
- Лопаточная частота возникает при прохождении рабочего колеса насоса мимо какого-либо препятствия в проточной части или элемента конструкции типа выходного канала насоса;

Определение неисправностей насосов связанных с дефектом в проточной части



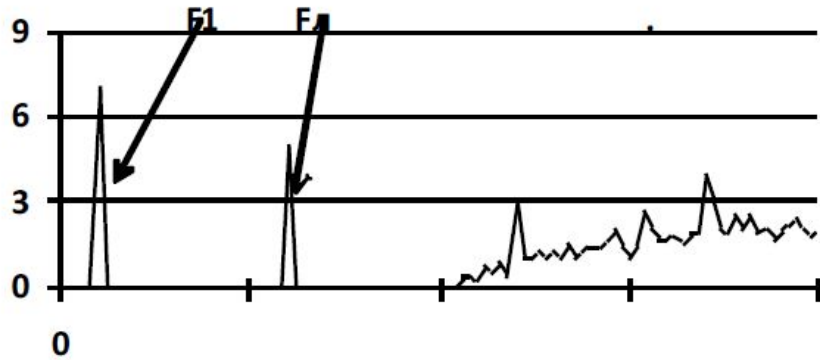
Спектр вибрационного сигнала с повышенными лопаточными гармониками

В случае возникновения дефектов в проточной части на спектре вибросигнала появятся следующие изменения:

- Существенно увеличится величина лопаточной гармоники относительно оборотной гармоники;
- Наряду с первой лопаточной гармоникой появится вторая и возможно третья лопаточные гармоники;
- При развитии дефекте возможно возникновение возле лопаточной гармоники боковых гармоник находящихся на расстоянии оборотной частоты от неё;

Следует помнить, что причиной появления лопаточных гармоник высокого порядка и боковых гармоник может быть как конструктивная несимметрия вращающегося тела, так и выкрашивание части лопатки или её рабочей поверхности.

Определение неисправностей насосов связанных с кавитацией

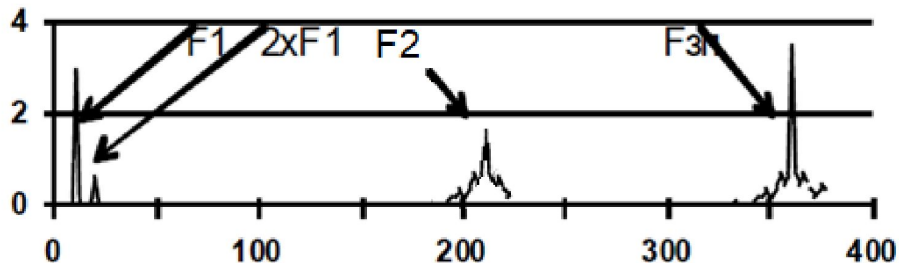


Спектр вибрационного сигнала от подшипника насоса при наличии кавитации

Дефект кавитации связан с неравномерностью протекания рабочей жидкости через насос. В районе лопаток насоса происходит сжатие газовых пузырьков в рабочей зоне и их возникновение в зоне разряжения насоса. На спектре вибросигнала появятся следующие признаки:

- Лопаточная и оборотная частота не имеют боковых гармоник;
- При схлопывании большого количества пузырьков газа разного размера происходит общее поднятие гармоник в высокочастотной области имеющее широкую полосу захватываемых частот.

Общие характеристики спектра при диагностике редукторов

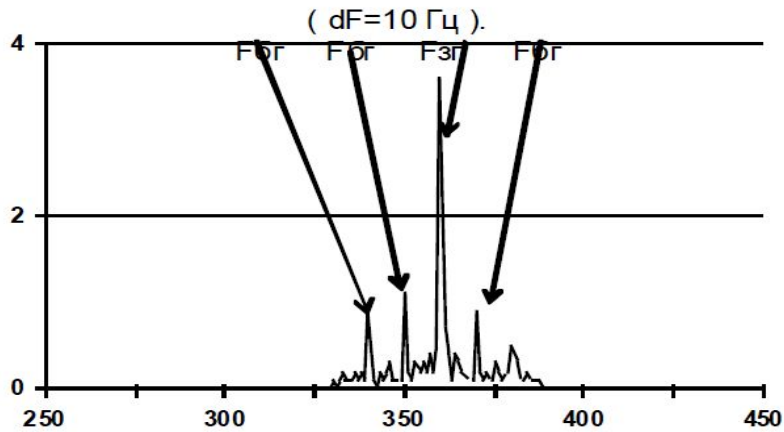


Спектр вибрационного сигнала бездефектной зубчатой пары

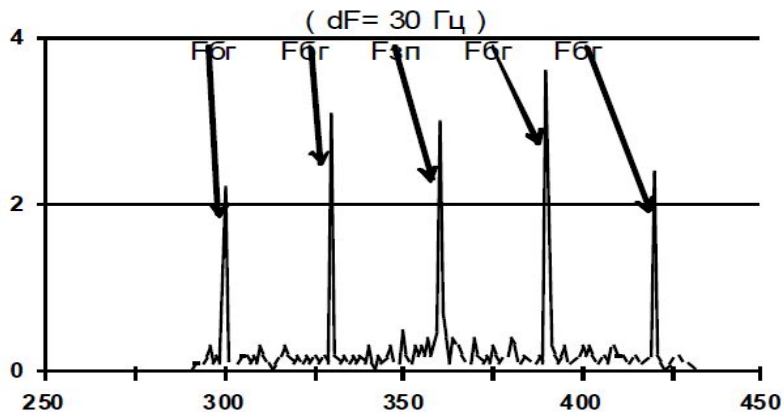
При анализе сигналов полученных при диагностике редукторов необходимо всегда помнить, что на спектре вибросигнала мы всегда будем видеть 3 системы гармоник:

- Обратная гармоника $F1$ и её производные, относящиеся к входному валу редуктора;
- Обратная гармоника $F2$, и её производные, относящиеся к выходному валу, и связанная с оборотной частотой коэффициентом передачи зубчатой пары;
- Обратная гармоника Fz и её производные, относящиеся к частоте зубозацепления зубчатых колёс.

Определение неисправностей связанных с износом зубьев редуктора



Спектр вибрационного сигнала вызванного износом зубчатой пары

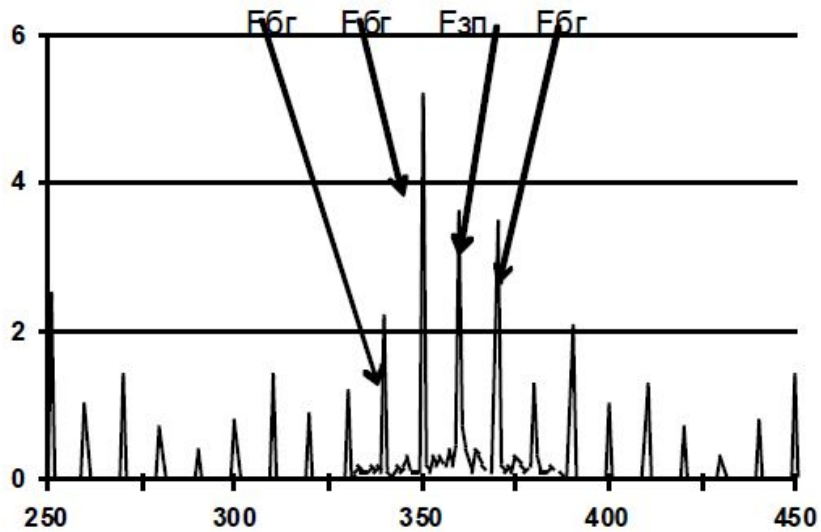


Наиболее распространённым дефектом в редукторах является износ зубчатых пар. Признаком износа зубчатых пар является:

- Появление вокруг оборотной гармоники зубозацепления ряда мелких боковых гармоник, промежутки между которыми заполнены «белым шумом» при этом амплитуда боковых гармоник с развитием дефекта будет расти;

Расстояние между боковыми гармониками зависит от частоты вращения вала, на подшипниках которого проводится контроль.

Определение неисправностей связанных с эксцентриситетом зубчатых колёс

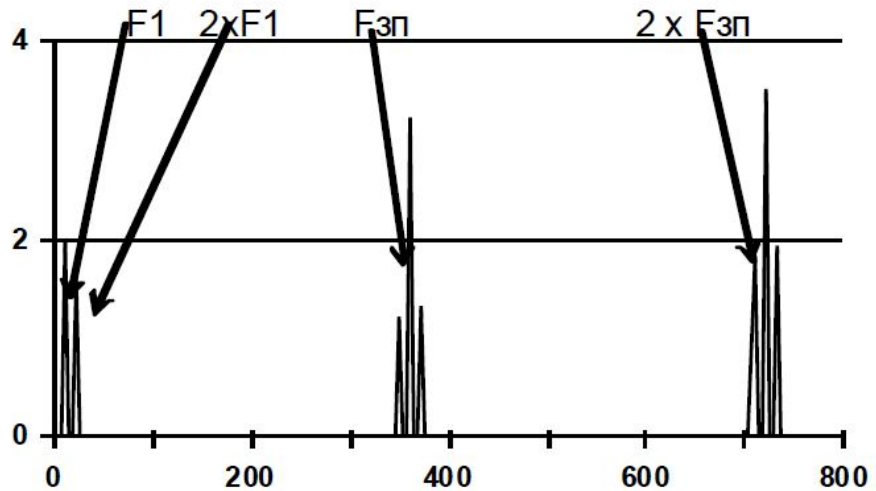


Спектр вибрационного сигнала вызванного увеличением зазора в опорном подшипнике

Эксцентриситетом называют группу дефектов вызванную неправильной посадкой зубчатого колеса на вал, изгиб вала-шестерни непараллельность валов зубчатой пары. Признаком эксцентриситета являются:

- Появление достаточного большого количества вокруг оборотной гармоники зубозацепления боковых гармоник. Их количество всегда больше 4-х.
- Амплитуда боковых гармоник изменяется бессистемно;
- Боковые гармоники разделены друг от друга на частотный шаг, уровень «белого шума» минимален.

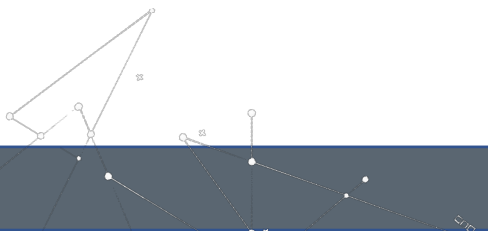
Определение неисправностей связанных с расцентровкой



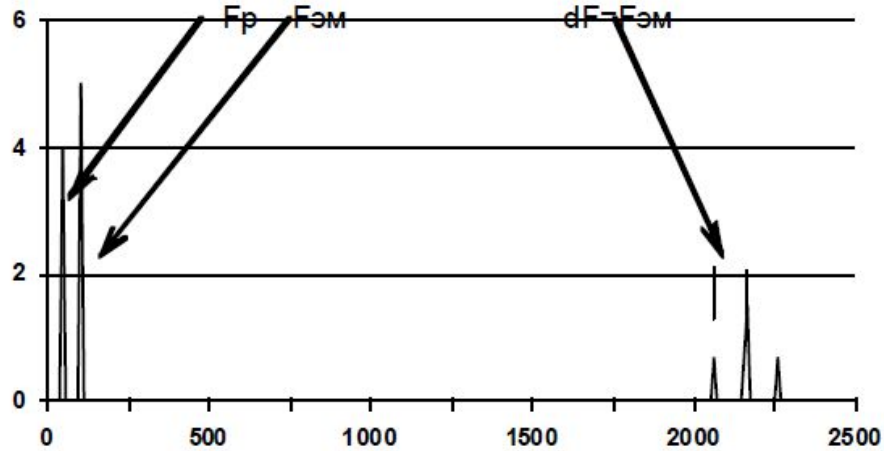
При расцентровке возникают не только ряд оборотных гармоник после оборотной частоты ротора, но также возникает ряд дополнительных боковых гармоник возле частот зубозацепления. Признаком расцентровки на зубчатых передачах являются:

- Наличие гармоники частоты зубчатой пары боковых гармоник расположенных на расстоянии оборотной частоты.
- Наличие второй гармоники частоты зубчатой пары.

Спектр вибрационного сигнала вызванного расцентровкой сборки редуктор-электродвигатель со стороны приводного подшипника редуктора



Определение неисправностей связанных с зубцово-пазовой структурой электродвигателя



Спектр вибрационного сигнала вызванного нарушением зубцово-пазовой структуры эл.дв.

Эту неисправность условно можно представить в виде ротора, у которого отсутствует один ферромагнитный зуб. Признаком наличия этого дефекта является:

- Наличие пика на частоте, равной произведению частоты вращения ротора на число пазов статора.
- Вблизи пика зубцовой частоты появятся два боковые гармоники, сдвинутые на удвоенную частоту питающей сети (на 100 Гц).

Методы определения неисправностей связанных с подшипниками



Этапы развития дефектов в подшипнике качения

Неисправности в подшипниках качения определяются на высокочастотных и особо высокочастотных частях спектров. Для идентификации дефектов подшипников качения применяют следующие методы контроля:

- Контроль СКЗ виброскорости;
- Контроль спектра виброскорости и виброускорения;
- Контроль спектра огибающей;
- Методы ударных импульсов;
- Методы пик-фактора;
- Контроль высокочастотных характеристик вибрации.

Частоты, характерные для элементов подшипников

Независимо от методов контроля частоты неисправностей элементов подшипника определяются исходя из геометрических характеристик подшипника и динамических характеристик оборудования, где они установлены:

• Частота наружной обоймы $f_{\text{нар}}$:

$$f_{\text{нар}} = k_1 \frac{z}{2} n \left(1 - \frac{d}{D} \cos \beta \right)$$

• Частота внутренней обоймы $f_{\text{вн}}$:

$$f_{\text{вн}} = k_1 \frac{z}{2} n \left(1 + \frac{d}{D} \cos \beta \right)$$

• Частота тел качения $f_{\text{т.к.}}$:

$$f_{\text{т.к.}} = k_2 \frac{d}{2D} n \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \cos^2 \beta \right)$$

• Частота сепаратора, f :

$$f = k_2 \frac{n}{2} \left[1 - (d \cos \beta) / D \right]$$

• Частота перекоса подшипника

в корпусе:

$$f = k_2 n \quad \text{Где: } k_2 = 0,5; 2$$

Где:

$k_1 = 2$ при износе наружного кольца;

$k_1 = 3$ при трещинах и раковинах;

$k = 1, 2, 3$;

z – число тел качения;

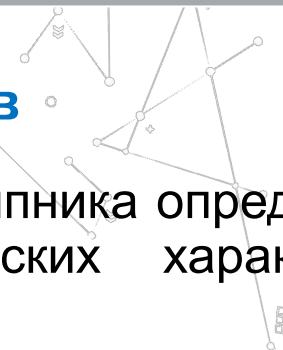
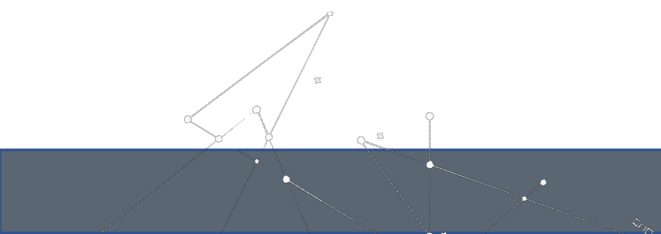
n – частота вращения ротора;

d – диаметр тел качения;

D – диаметр окружности проходящий через центр тел качения;

β – угол контакта тел качения с обоймой;

β – угол контакта тел качения с обоймой;



Определения неисправностей подшипника по СКЗ виброскорости



Этапы развития дефектов в подшипнике качения

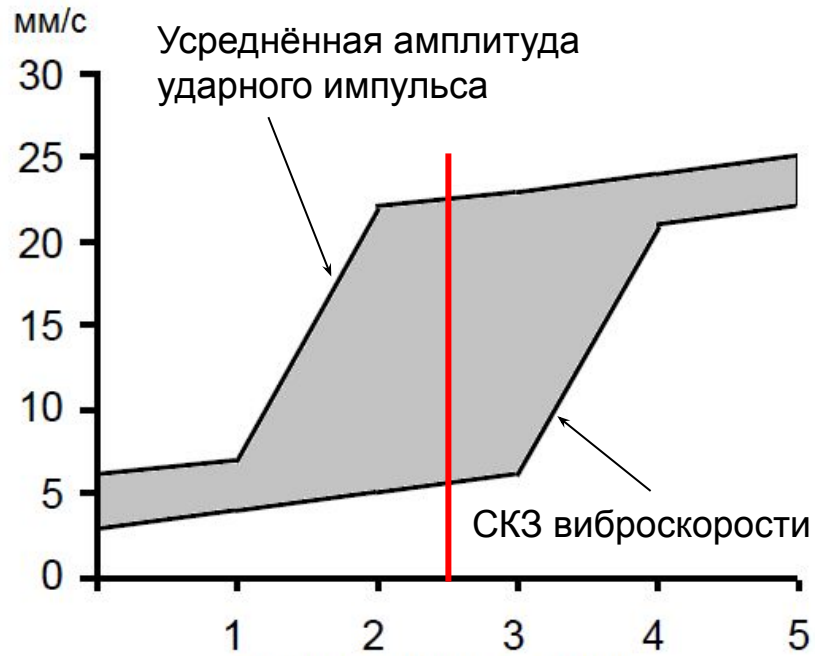
Данный метод имеет следующие преимущества:

- Наиболее быстрый метод;
- Технические затраты минимальны;
- Не требует обучения.

Однако у него есть ряд значительных недостатков:

- Нельзя определить причину возникновения вибрации;
- Низкая чувствительность;
- Выявление дефектов подшипников на последней стадии. Обнаружение возможно только с **середины третьего этапа.**

Определения неисправностей подшипника по спектрам вибрационных сигналов



Этапы развития дефектов в подшипнике качения

Данный метод имеет следующие преимущества:

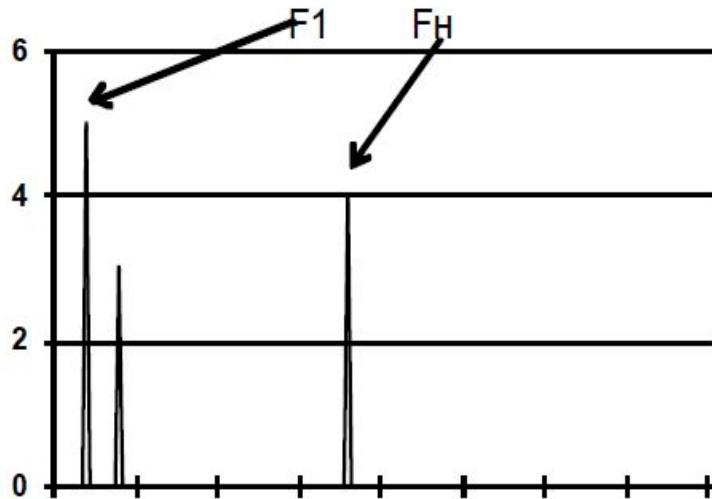
- Позволяет определять большое количество других дефектов;
- Позволяет проводить диагностику дефектов примерно с **середины второго этапа**;
- Возможность анализа спектров реализована практически на любом виброметре и на каждом виброанализаторе, включая приборы низкого ценового диапазона.

Недостатки:

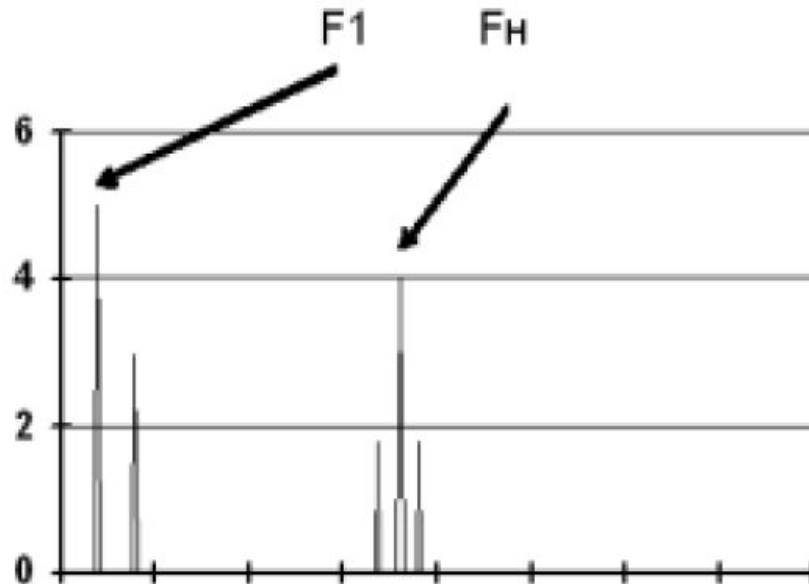
- Низкая чувствительность ввиду большого количества паразитных шумов
- Необходимо хорошее обучение и наличие опыта

Определения неисправностей подшипника по спектрам вибрационных сигналов

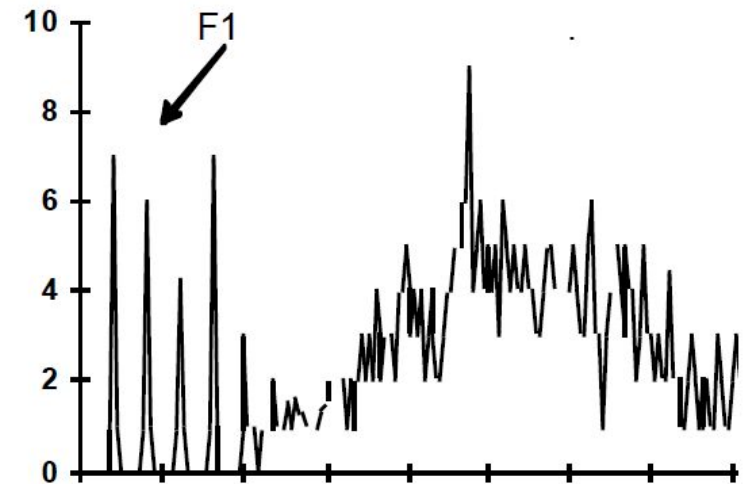
Спектр вибрации, вызванный выходом из строя подшипников имеет 3 диагностические стадии:



1 стадия: Наступает примерно через пару месяцев с момента начала развития дефекта. На спектре появляется «подшипниковая гармоника»

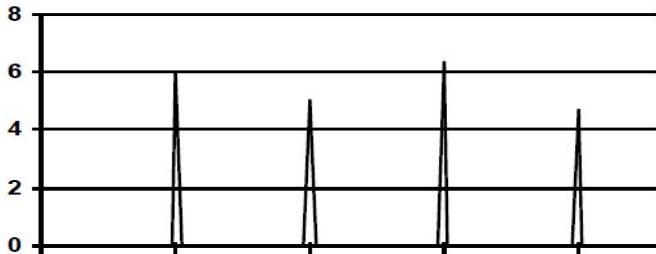


2 стадия: Происходит появление боковых гармоник, на последних этапах 2-й стадии появляются кратные подшипниковые гармоники

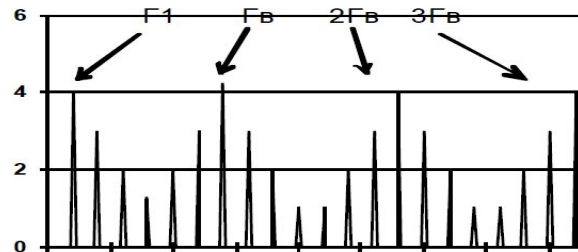


3 стадия: Подшипниковая частота нестабильна. Модулируется многократное наложение гармоник

Определения неисправностей подшипника по спектрам огибающих



Спектр огибающей подшипника, имеющего раковину на наружном кольце



Спектр огибающей подшипника, имеющего раковину на внутреннем кольце



Этапы развития дефектов в подшипнике качения

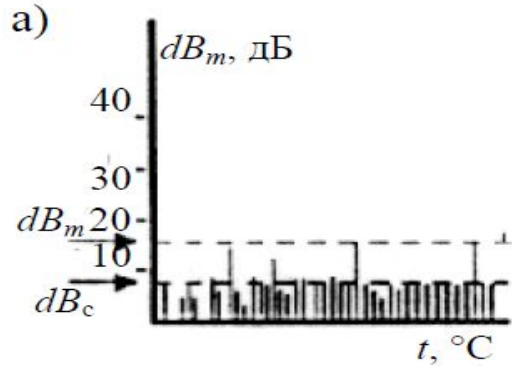
Данный метод имеет следующие преимущества:

- Позволяет достаточно успешно проводить диагностику подшипников;
- Позволяет проводить диагностику дефектов примерно с начала второго этапа;

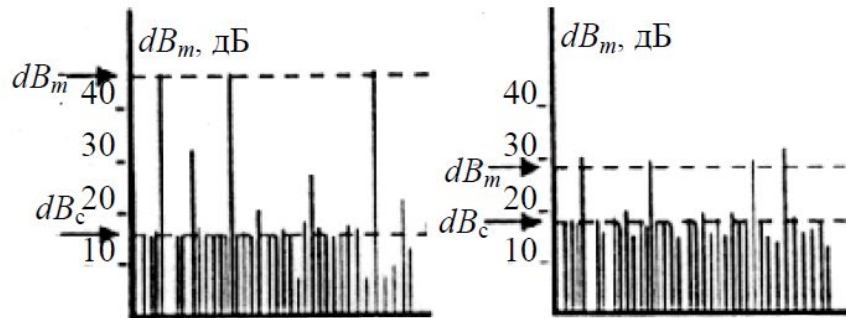
Недостатки:

- Сложность в проведении контроля, ввиду необходимости выбора требуемого фильтра. Наиболее эффективным считается треть-октавный фильтр.
- Сложность выбора необходимой полосы частот для проведения контроля, т.к. для каждого типоразмера подшипника диапазон должен быть индивидуальным.

Определения неисправностей подшипника методами ударных импульсов



Бездефектный уровень ударных импульсов



Спектр огибающей подшипника, имеющего раковину на внутреннем кольце

Данный метод имеет следующие преимущества:

- Позволяет определять состояние не только элементов подшипника, но и состояние смазки подшипников;
- Позволяет выявлять дефекты примерно с конца первого этапа;
- Простота применения метода.

Недостатки:

- Метод ударных импульсов определяет только дефекты которые могут быть зарегистрированы в высокочастотном и особо высокочастотном диапазонах.
- Высокая стоимость приборов.

Определения неисправностей подшипника методами пик-фактора

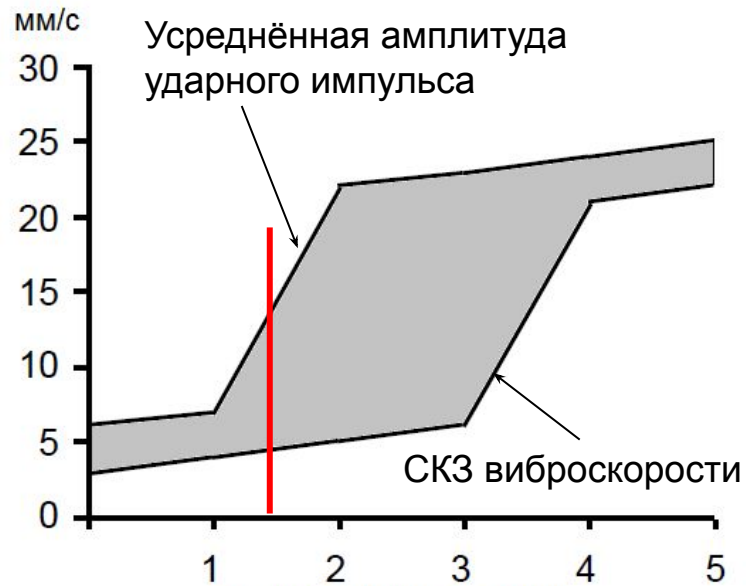
Метод заключается в сравнении уровней пиков с общим фоновым уровнем сигналов. Самыми известными разновидностями являются методы обнаружения высокочастотного сигнала (HFD), метод измерения импульса (SE). Данные методы имеют общие преимущества и недостатки отличаясь только реализацией:

- Дают возможность определить состояние смазки но с достаточно большой погрешностью;
- Позволяет выявлять дефекты примерно **с конца первого этапа**;
- Приборы имеют невысокую стоимость и просты в применении.

Недостатки:

- Браковочные уровни устанавливаются эмпирическим путём для каждого конкретного типоразмера объектов контроля.
- При контроле есть вероятность забраковать новое оборудования в случае проведения диагностики в период приработки оборудования.

Определения неисправностей подшипника методами высокочастотных характеристик



Этапы развития дефектов в подшипнике качения

Метод заключается в анализе высокочастотных гармоник. Самыми известными разновидностями являются метод вычисления эксцесса виброускорения в частотных диапазонах (Метод Куртозиса), метод вычисления кинетической энергии высокочастотных колебаний (VCU), метод анализа акустической эмиссии. Данные методы имеют следующие преимущества:

- Позволяет выявлять дефекты примерно с **середины первого этапа**;
- Простота применения метода, результаты анализа представлены в виде числового значения.

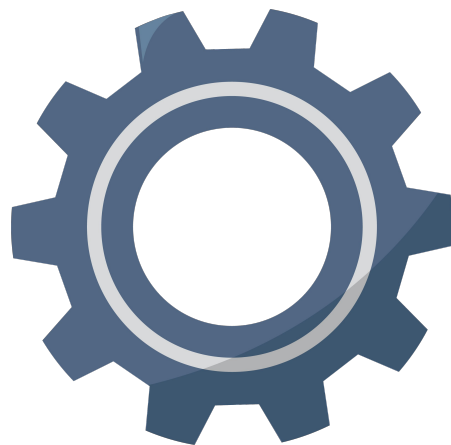
Недостатки:

- Определяет только состояние подшипников.

Баллы состояния по SKF	Характер дефекта	Классы состояния по градации ЦНИИМФ	Методы обнаружения неисправности							
			Ударные импульсы SPM – Shock Pulse Measurement	Общий уровень вибрации Overjol Measurement	Спектральный анализ Spektrum Analysis	Измерение энергии импульса Spine Energy (Метод BCU – Bearing Condition Unit)	Обнаружение высоко-частотного сигнала HFD – High Frequency Detektion	Анализ излучаемой спектральной энергии (акустическая эмиссия) SEE – Spectral energu Emitted	Метод огибающей Envelope Analysis	Метод Куртозиса
	Нет дефекта	I. Хорошее								
1	Зарождение дефекта	II. удовлетворительное (у нижней границы)						┐		
2	Незначительный дефект	II удовлетворительное (у верхней границы)	┐			┐	┐	┐	┐	┐
3	Умеренный дефект	III. неудовлетворительное	┐		┐	┐	┐	┐	┐	┐
4	Значительный дефект	IV. отказ	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐
Возможность определения состояния смазки			+	-	+			+	-	-
Частотный диапазон			28+32 кГц	10+1000 Гц	10+1000 Гц	5+20 кГц (20+40 кГц)	5+60 кГц	350 кГц	10+15000 Гц	2,5+80 кГц
				v	v	a	a			

Список литературы:

1. **Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам, Русов В.А., 2012 – 252 с.**
2. **Вибродиагностика: Моногр. / Розенберг Г.Ш., Мадорский Е.З., Голуб Е.С. и др.; Под ред. Г.Ш. Розенберга. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 284 с.**
3. **Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования, Ширман А.Р. – Москва, 1996г. – 276 с.**



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**

