

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Измеряемые величины

Контролируемыми параметрами являются:

- среднеквадратичное значение ускорения м/с, в диапазоне частот от 2 до 3000 Гц;
- среднеквадратичное значение скорости мм/с, в диапазоне частот от 2 до 1000 Гц;
- среднеквадратичное значение перемещения мкм, в диапазоне частот от 2 до 200 Гц.

Измерения ускорения в диапазоне частот от 2 до 3000 Гц используют для оценки вибрационного состояния. В целях углубленного исследования для выявления причин неисправностей (диагностирования) рекомендуется проводить измерения ускорения в расширенном диапазоне частот до 10000 Гц и выше.

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Границы зон вибрационного состояния для некоторых видов оборудования

Параметр	Границы зон	Критерий 1						Критерий 2
		Насос			Электродвигатель			
		Мощность, кВт			Высота оси вала, мм			
		<50	<200	≥200	≤132	≤225	≤400	
$a_{r.m.s.}$ , м/с <sup>2</sup>	A/B	6,5	9	13,5	6,5	9	13,5	-
	B/C	8	12	16	8	12	16	2,5 м/с <sup>2</sup> /ч
	C/D	12	16	24	12	16	24	5 м/с <sup>2</sup> /ч
$v_{r.m.s.}$ , мм/с	A/B	2,8	4,1	5,4	2,8	4,5	7,1	-
	B/C	6,3	8,7	11,2	4,5	7,1	11,2	1,5 мм/с/ч
	C/D	8,7	11,2	14,1	7,1	11,2	18	3 мм/с/ч
$d_{r.m.s.}$ , мкм	A/B	9	14,1	18	9	18	28	-
	B/C	18	28	36	14,1	28	36	4 мкм/ч
	C/D	28	36	45	23	36	57	8 мкм/ч

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Границы зон вибрационного состояния для некоторых видов оборудования

Параметр	Границы зон	Критерий 1				Критерий 2
		Вентилятор	Компрессор	Мультипликатор (редуктор)	Паропривод	
$a_{r.m.s.}$ , М/С <sup>2</sup>	A/B	4,5	12	12	7,1	-
	B/C	7,1	24	24	11,2	2,5 м/с <sup>2</sup> /ч
	C/D	11,2	36	36	14,5	5 м/с <sup>2</sup> /ч
$v_{r.m.s.}$ , ММ/С	A/B	2,8	4,5	4,5	2,8	-
	B/C	4,5	7,1	7,1	4,5	1,5 мм/с/ч
	C/D	6,3	11,2	11,2	7,1	3 мм/с/ч
$d_{r.m.s.}$ , МКМ	A/B	9	18	18	18	-
	B/C	14,1	28	28	28	4 МКМ/ч
	C/D	23	45	45	45	8 МКМ/ч

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- ХОРОШО (до достижения параметром вибрации границы между зонами А и В). Этой оценке должны отвечать агрегаты при приемочных испытаниях после монтажа или капитального (среднего) ремонта. Оценка соответствует исправному состоянию агрегата и характеризует высокое качество ремонтных и монтажных работ;
- ДОПУСТИМО (до достижения параметром вибрации уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ).  
При такой оценке допустима длительная работа агрегата. Она соответствует работоспособному агрегату при малой вероятности его отказа;
- ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР (до достижения параметром вибрации уровня ОСТАНОВ). При этой оценке допустима непродолжительная работа агрегата. Она предупреждает о приближении технического состояния к предельному, о наличии развивающихся неисправностей, постепенной утрате работоспособности и росте вероятности отказа;
- НЕДОПУСТИМО (по превышении параметром вибрации уровня ОСТАНОВ). При такой оценке работа агрегата недопустима. Она свидетельствует о наличии развитых дефектов или высокой скорости их развития, о достижении агрегатом предельного либо опасного состояния с высокой вероятностью отказа;

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Зоны вибрационного состояния

Для качественной оценки вибрации машины и принятия решений о необходимых действиях в конкретной ситуации установлены следующие зоны состояния.

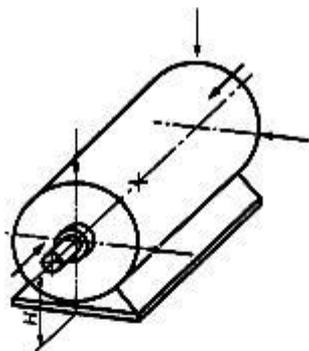
**Зона А** - в эту зону попадает, как правило, вибрация новых машин, вводимых в эксплуатацию.

**Зона В** - машины, вибрация которых попадает в эту зону, обычно считают пригодными для эксплуатации без ограничения сроков.

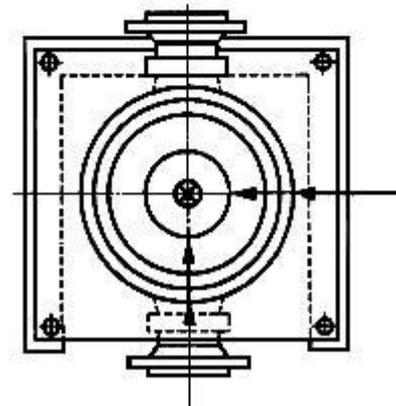
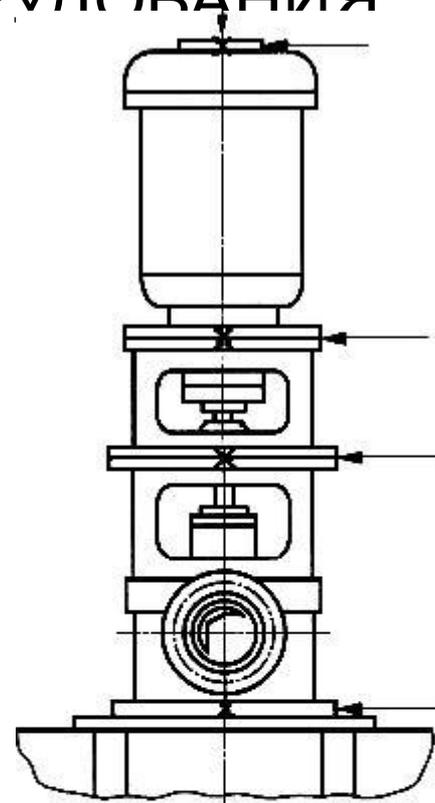
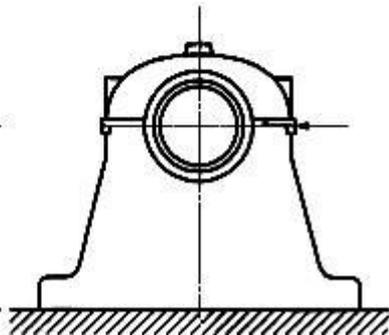
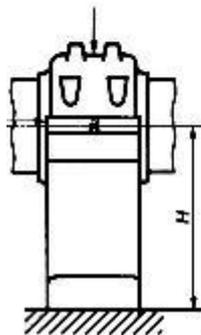
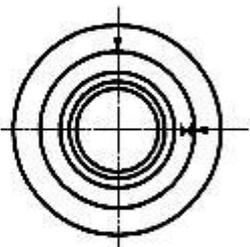
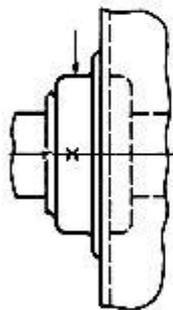
**Зона С** - машины, вибрация которых попадает в эту зону, обычно считают непригодными для длительной непрерывной эксплуатации. Такие машины могут функционировать ограниченный период времени до начала ремонтных работ.

**Зона D** - уровни вибрации в данной зоне обычно могут вызывать серьезные повреждения машин.

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Гочки измерений



# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Границы зон вибрационного состояния для машин **группы 1**.

- Машины номинальной мощностью более 300 кВт, но не более 50 МВт;
- Электрические машины с высотой оси вращения вала выше 315 мм

Класс опоры	Граница зон	С.К.З. перемещения, мкм	С.К.З. скорости, мм/с
Жесткие	A/B	29	2,3
	B/C	57	4,5
	C/D	90	7,1
Податливые	A/B	45	3,5
	B/C	90	7,1
	C/D	140	11,0

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Границы зон вибрационного состояния для машин **группы 2**.

- Машины номинальной мощностью от 15 до 300 кВт;
- Электрические машины с высотой оси вращения вала от 160 до 315 мм

Класс опоры	Граница зон	С.К.З. перемещения, мкм	С.К.З. скорости, мм/с
Жесткие	A/B	22	1,4
	B/C	45	2,8
	C/D	71	4,5
Податливые	A/B	37	2,3
	B/C	71	4,5
	C/D	113	7,1

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Границы зон вибрационного состояния для машин **группы 3**.

- Насосы центробежного типа со смешанными или осевыми потоками с отдельным приводом и номинальной мощностью более 15 кВт

Класс опоры	Граница зон	С.К.З. перемещения, мкм	С.К.З. скорости, мм/с
Жесткие	A/B	18	2,3
	B/C	36	4,5
	C/D	56	7,1
Податливые	A/B	28	3,5
	B/C	56	7,1
	C/D	90	11,0

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

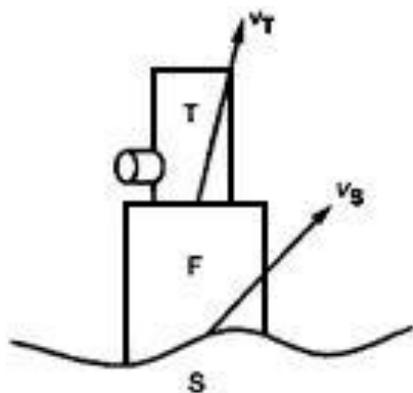
Границы зон вибрационного состояния для машин **группы 4**.

Насосы центробежного типа со смешанными или осевыми потоками с встроенным приводом и номинальной мощностью более 15 кВт

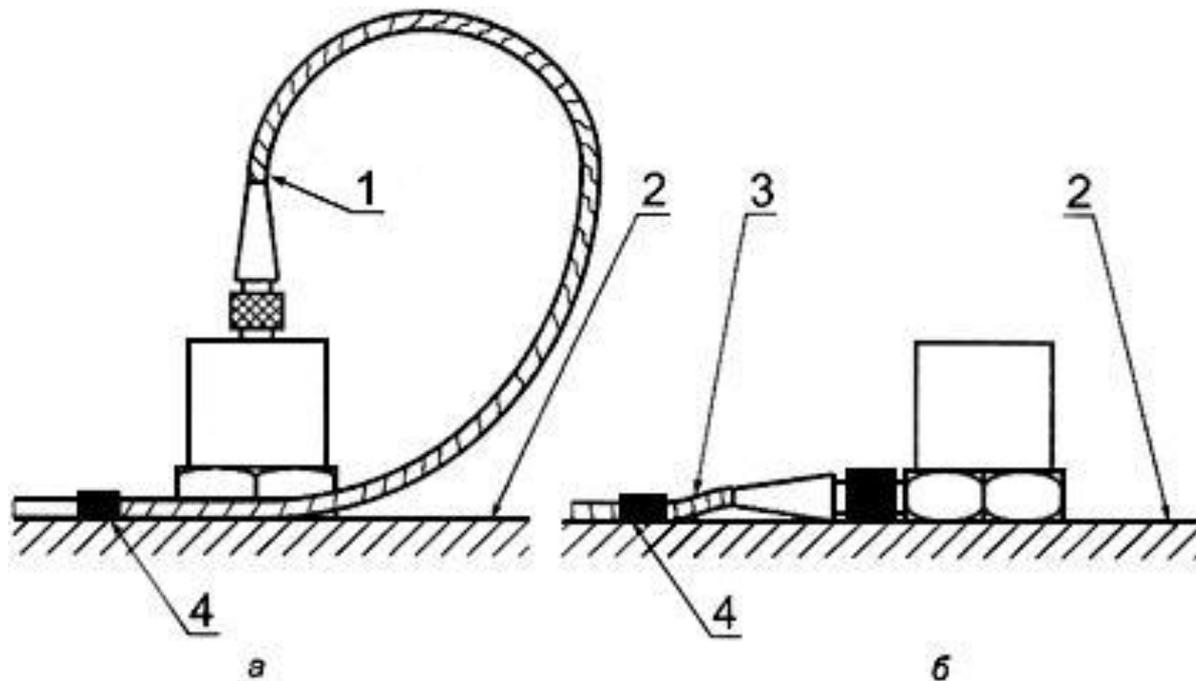
Класс опоры	Граница зон	С.К.З. перемещения, мкм	С.К.З. скорости, мм/с
Жесткие	A/B	11	1,4
	B/C	22	2,8
	C/D	36	4,5
Податливые	A/B	18	2,3
	B/C	36	4,5
	C/D	56	7,1

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Механическое крепление акселерометров



Схематическое изображение установки акселерометра



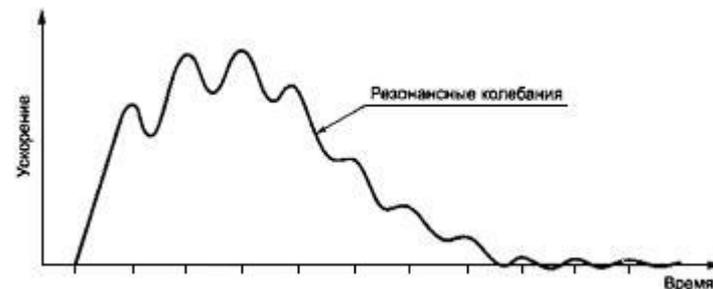
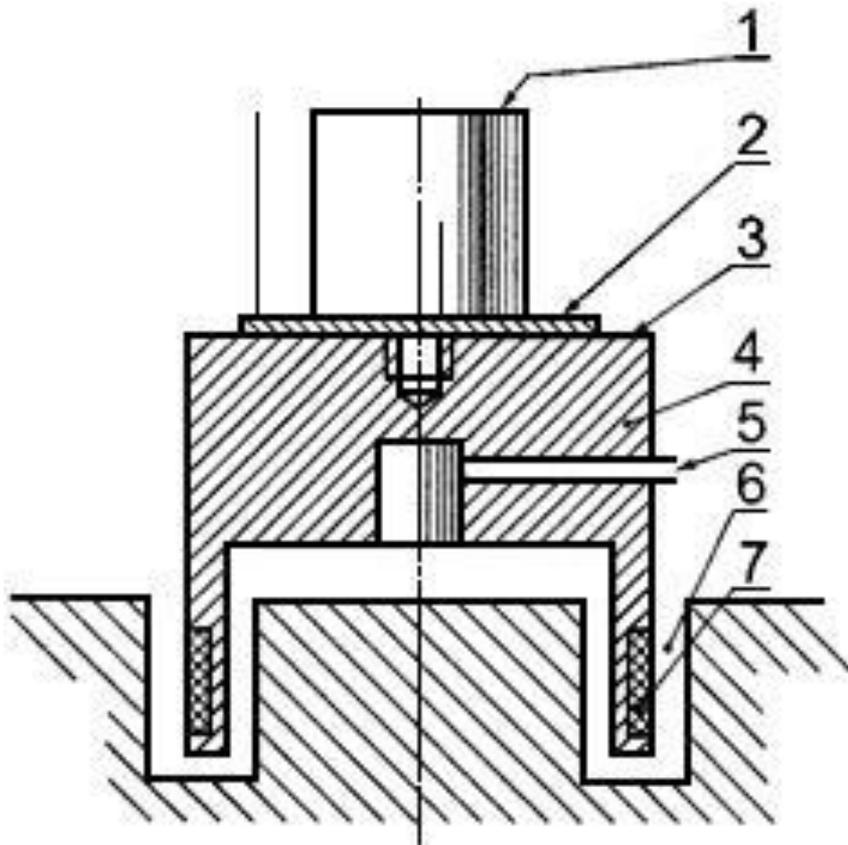
а - осевое соединение кабеля; б - радиальное соединение кабеля

1 - отсутствие напряжения; 2 - вибрирующая поверхность; 3 - отсутствие напряжения;  
4 - кабель зафиксирован на вибрирующей поверхности

Способы фиксации кабеля для разных типов его соединения с акселерометром

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Испытание акселерометра



Отклик акселерометра на удар

- 1 - акселерометр; 2 - образец материала поверхности; 3 - обработанная эталонная поверхность;  
4 - эталонный стальной блок; 5 - эталонный акселерометр; 6 - магнитное поле; 7 - катушка возбуждения

Стенд для испытаний акселерометра

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

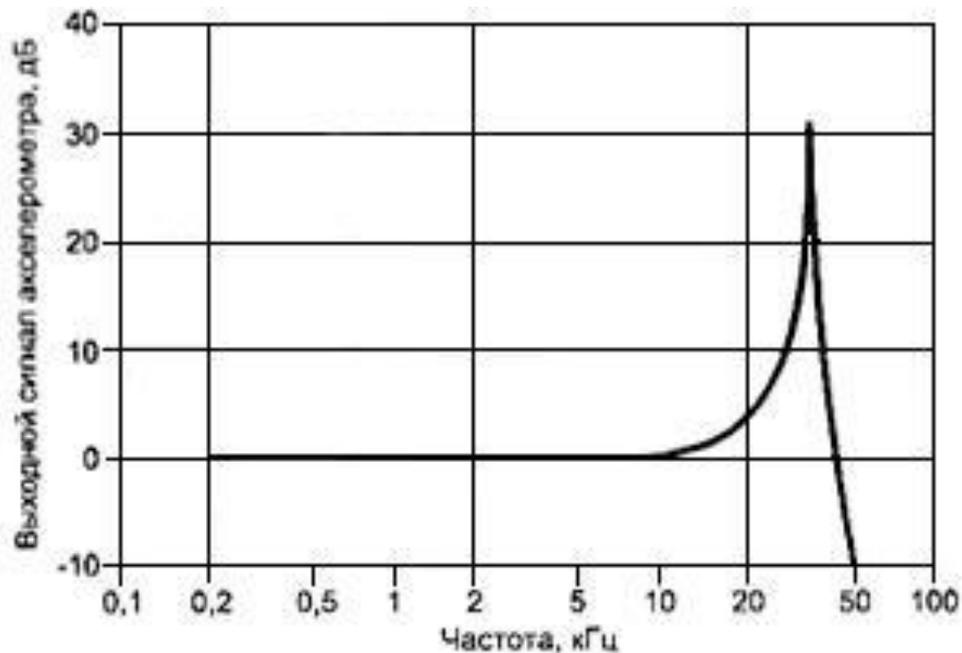
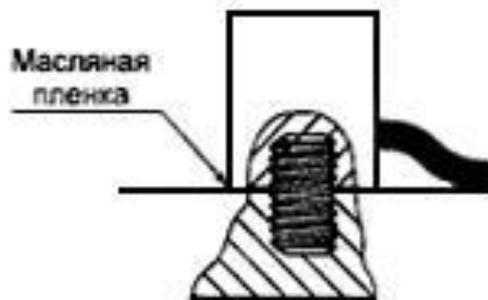
## Выбор метода крепления (на основе практики)

Крепление	Резонансная частота	Температура	Масса датчика и жесткость крепления	Добротность на резонансе $Q$	Необходимость подготовки поверхности
Шпилька	●	●	●	●	●
Метилцианоакриловый клей	●	●	●	●	○
Пчелиный воск	○	○	○	●	●
Двусторонняя липкая лента	○	○	○	○	●
Устройство быстрого крепления	○	●	○	○	○
Вакуумное крепление	○	●	●	○	○
Магнит	○	●	○	○	●
Ручной щуп	○	○*	○	○	○

\* Зависит только от расстояния между рукой и точкой, где измеряют вибрацию. Обозначения: Удовлетворение критерию: ● - высокое; ● - среднее; ○ - низкое.

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

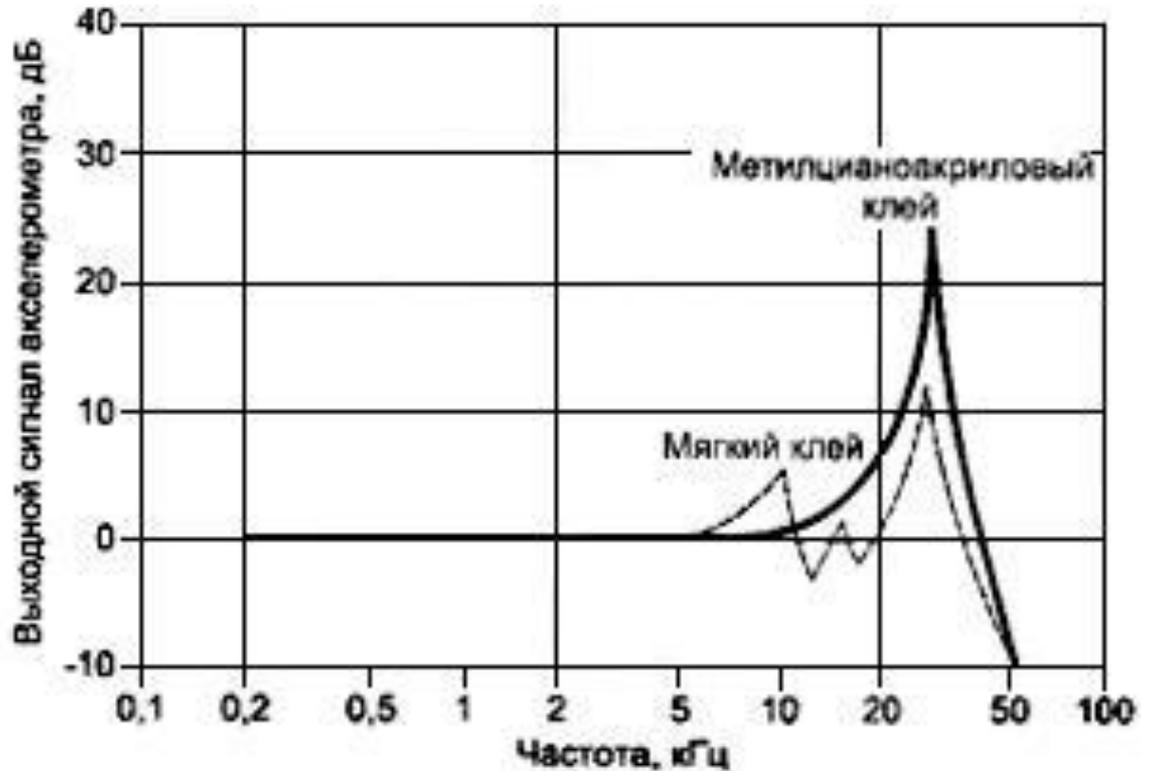
Выбор метода крепления (на основе практики)



Типичная частотная характеристика акселерометра на шпильке с масляной пленкой в месте крепления

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

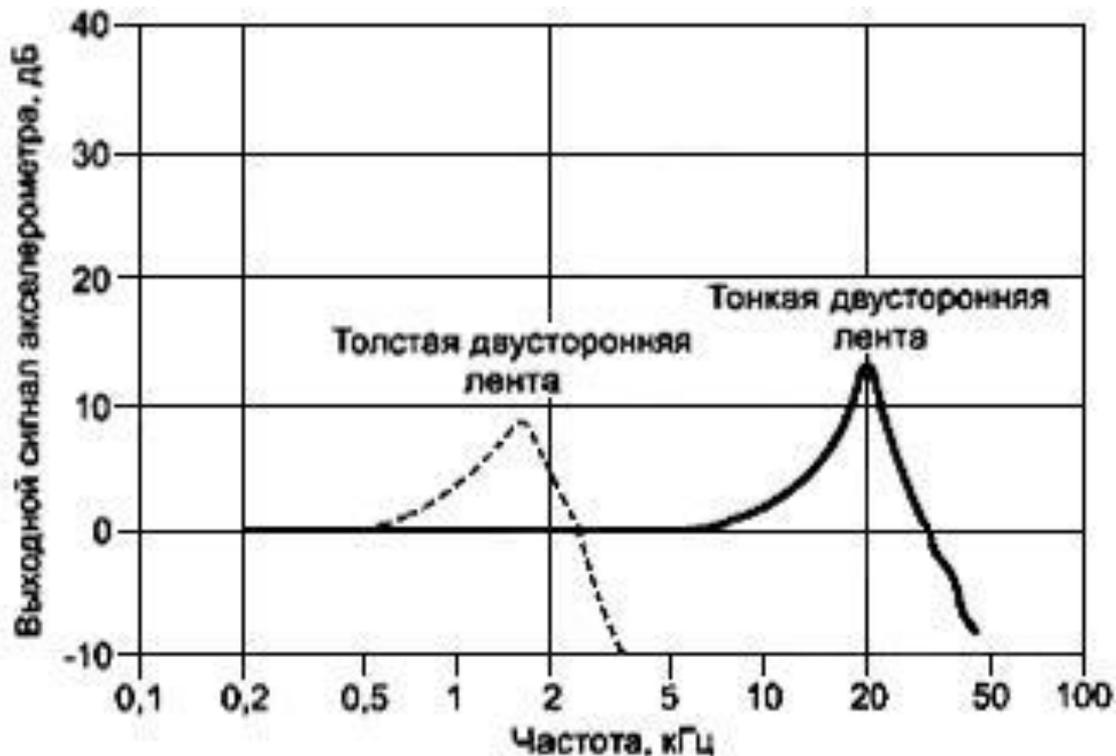
Выбор метода крепления (на основе практики)



Типичная частотная характеристика акселерометра при клеевом соединении

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

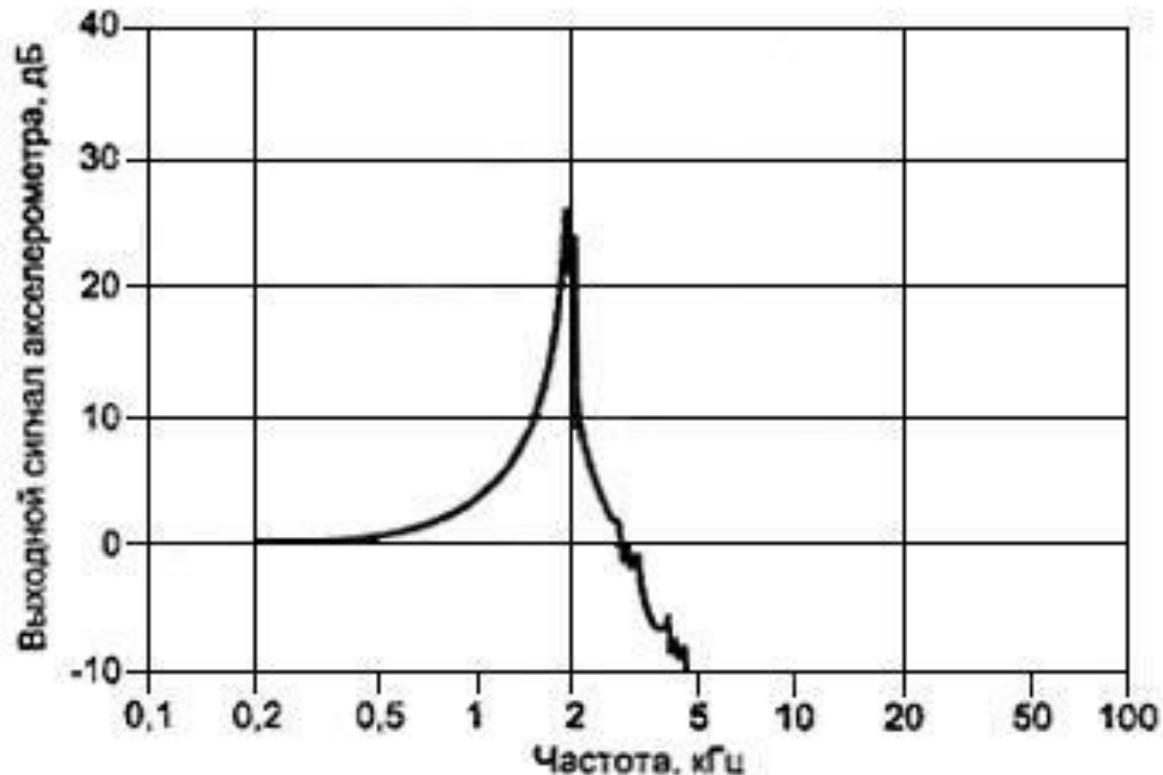
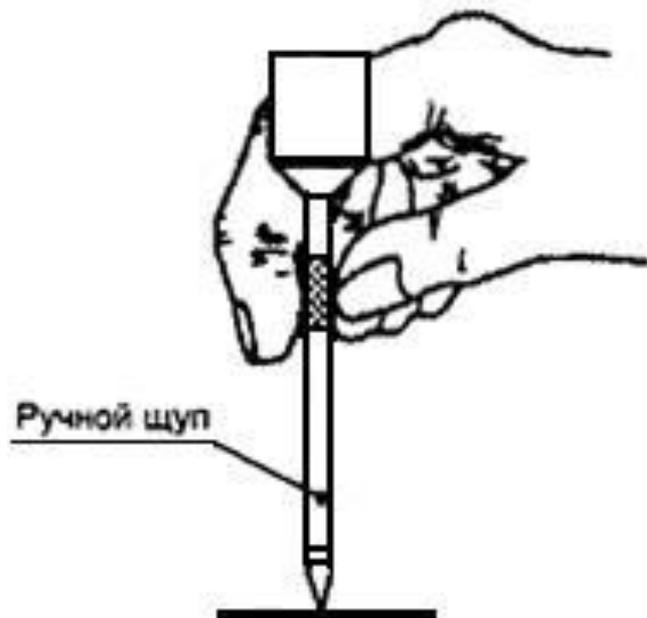
Выбор метода крепления (на основе практики)



Типичная частотная характеристика акселерометра, установленного с помощью ленты с двусторонней клеящей поверхностью

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

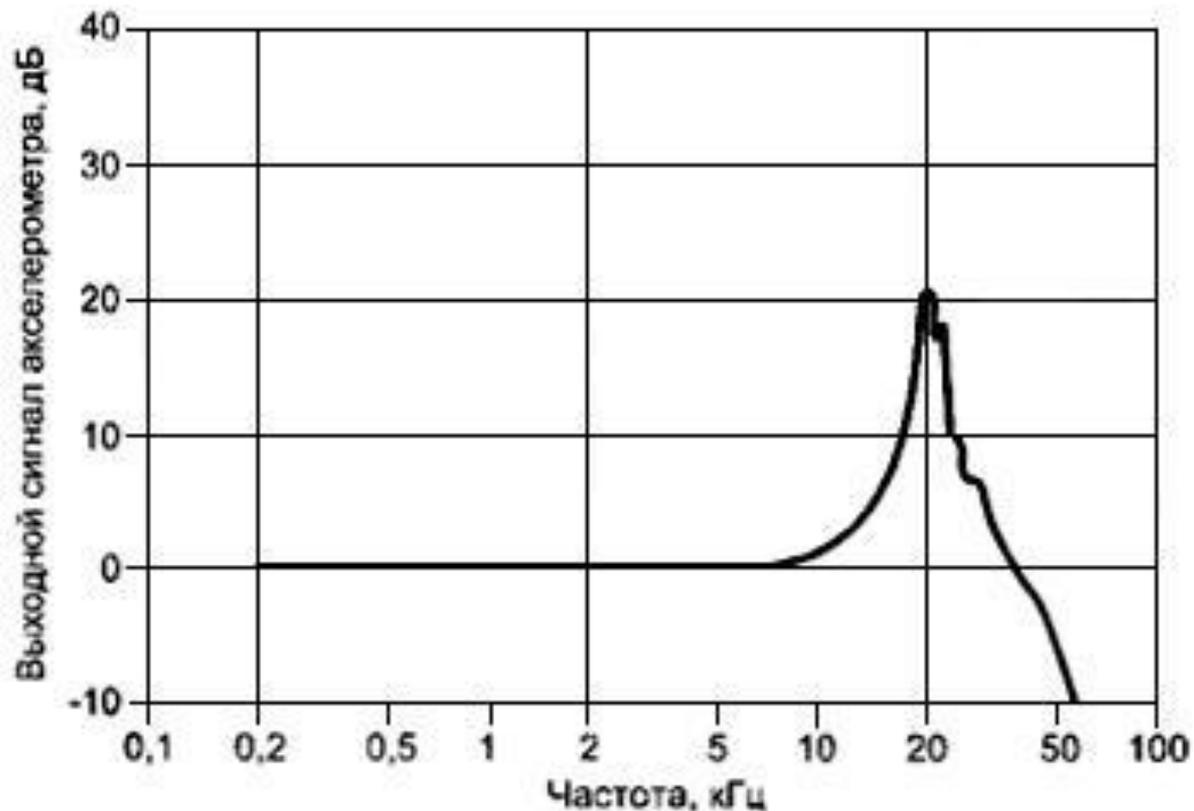
Выбор метода крепления (на основе практики)



Типичная частотная характеристика акселерометра с щупом

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

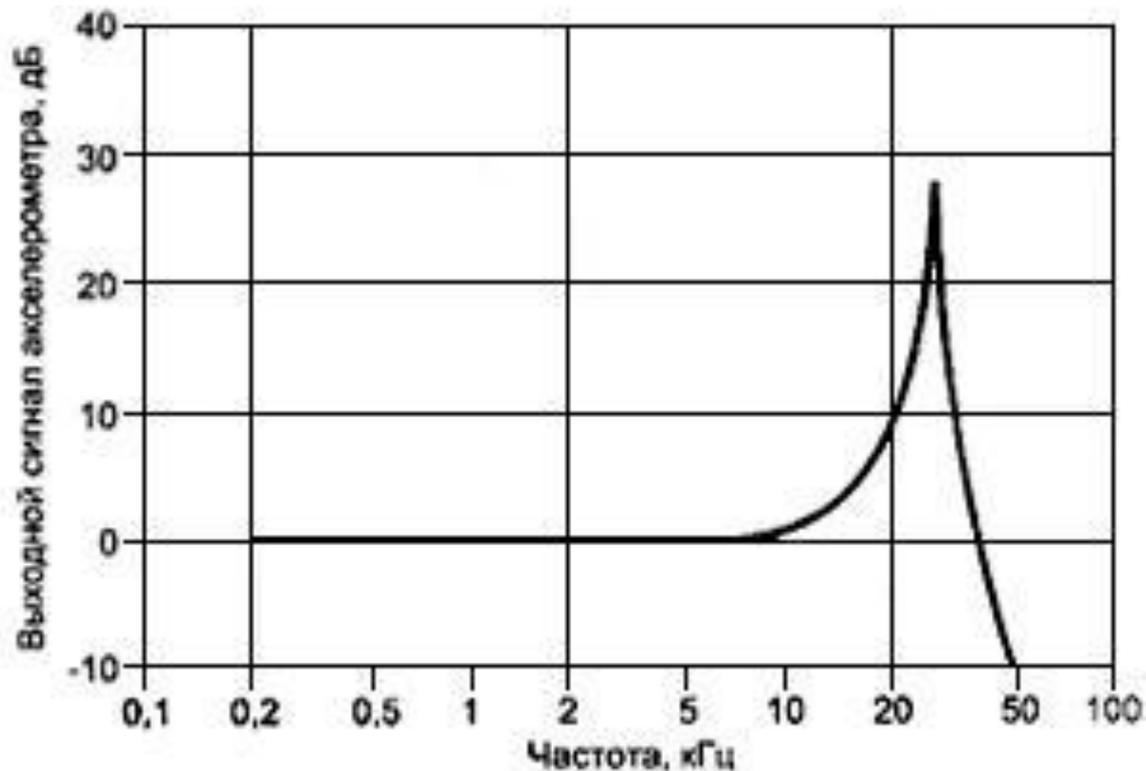
Выбор метода крепления (на основе практики)



Частичная частотная характеристика акселерометра на магните

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

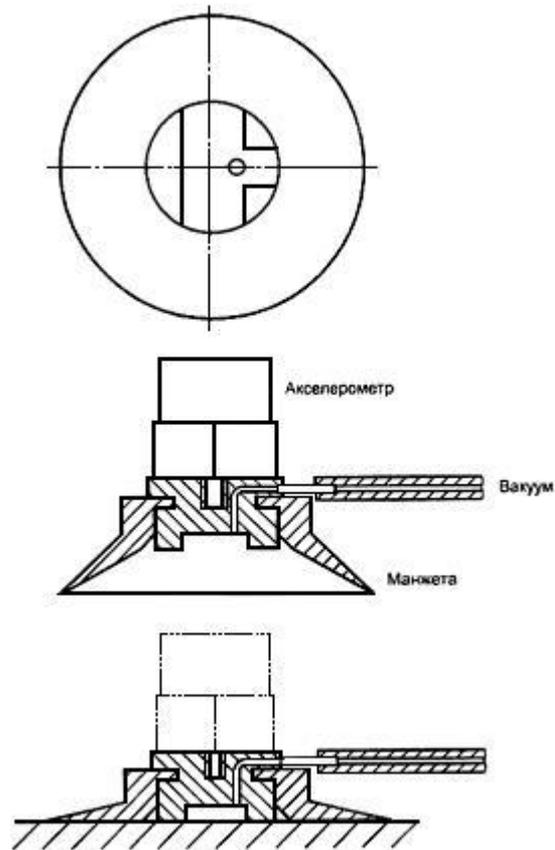
Выбор метода крепления (на основе практики)



Типичная частотная характеристика акселерометра, установленного на тонкий слой воска

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор метода крепления (на основе практики)



Вакуумное крепление



# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО- КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Испытание акселерометра

# ВИБРОДИАГНОСТИКА НАСОСНО- КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Испытание акселерометра