

ООО «Импульс»

ВТБ
Виброметр-балансировщик
Комплектация 2М
Сертификат RU.C.28.001.A № 28308
ПАСПОРТ
ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

2015

Оглавление

1 . ПАСПОРТ ВТБ500.000.000.ПС	3
1.1 . НАЗНАЧЕНИЕ.....	3
1.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	4
1.3 . КОМПЛЕКТНОСТЬ	5
1.4 . СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ	5
1.5 . СВЕДЕНИЯ О ПОВЕРКЕ.....	6
1.6 . АЧХ ПРИБОРА	7
1.7 . ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ (ПОСТАВЩИКА)	8
2 . ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВТБ500.000.000.ИЭ	9
2.1 . ВНЕШНИЙ ВИД И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРА,	9
2.2 УСТРОЙСТВО ПРИБОРА	10
2.3 Режимы работы	11
2.3.1 Режим «Контроль».....	11
2.3.2 Режим «Виброметр».....	12
2.3.2.1 Сохранение результатов измерений	13
2.3.3 Режим «Диагностика»	14
2.3.4 Измерения по маршруту.....	15
2.3.5 Режим «Балансировка»	16
2.3.5.1 «Параметры»	17
2.3.5.2 «Нач. измерение».....	18
2.3.5.3 «Пробный пуск».....	19
2.3.5.4 «Результаты»	20
2.3.5.5 «Ввод ДКВ»	21
2.3.5.6 Работа со стробоскопом	22
2.3.6 Режим «Расчеты»	23
2.3.7 Режим «Связь с ПК»	26
2.4 РАБОТА С ПРИБОРОМ ВТБ	27
2.4.1 Подготовка к работе.....	27
2.4.2 Начало работы.....	27
2.4.3 Окончание работы с прибором	28
2.5 Типовые работы с ВТБ	29
2.5.1 Контроль вибрации механизмов	29
2.5.2 Определение типа и возможного источника вибрации.....	29
2.5.3 Балансировка в собственных опорах.....	30
2.5.3.1 Автоматический режим.....	30
2.5.3.2 Ручной режим.....	31
2.5.4 Измерение частоты вращения вала	33
2.5.5 Сбор данных виброизмерений.....	33
2.5.6 Специальные измерения	34
2.6 ПРИМЕЧАНИЯ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИБОРОМ	35
2.6.1 Правила обращения с никель-металл гидридными аккумуляторами.....	35
2.7 Меры безопасности	36
3 ПРИЛОЖЕНИЯ	37
3.1 ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Подготовительные работы	37
3.1.1 Установка акселерометра.....	37
3.1.2 Установка таходатчика, угловая разметка ротора.....	38
3.1.3 Подготовка балансировочных грузов	40
3.2 ПРИЛОЖЕНИЕ 2. НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	42
3.2.1 Стандарт ГОСТ- ISO-10816. Инструкция VDI-2056.....	42
3.2.2 Стандарт ISO-2373, Норма DIN-45 665.....	42
3.2.3 Нормы вибрации газоперекачивающих агрегатов	43
3.3 ПРИЛОЖЕНИЕ 3 . НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ВИБРОАКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ	44
3.4 ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Методические основы балансировки.....	47
3.4.1 Общие положения.....	47
3.4.2 Типы роторов	47
3.4.3 Статическая и динамическая балансировка	47
3.4.4 Принципы динамической балансировки.....	48
3.4.5 Основные допущения	50

3.4.6	<i>Исходные данные для балансировки</i>	52
3.4.7	<i>Одноплоскостная балансировка</i>	52
3.4.8	<i>Многоплоскостная балансировка</i>	54
3.4.9	<i>Установка грузов и оценка результатов</i>	54
3.4.10	<i>Балансировка многорежимных механизмов</i>	55
3.5	ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Расположение контактов разъема внешних устройств ВТБ	56
4	СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТАХ И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ	57

**В ВАШЕМ ПРИБОРЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ НИКЕЛЬ-МЕТАЛЛ-ГИДРИДНЫЕ
АККУМУЛЯТОРЫ ЕМКОСТЬЮ _1800_ МА/ЧАС.
ВРЕМЯ ЗАРЯДА ПРИЛАГЕМЫМ ЗАРЯДНЫМ УСТРОЙСТВОМ_15 ЧАСОВ.
ДОПУСКАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ
ЩЕЛОЧНЫЕ ПОЛУТОРАВОЛЬТОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА V-6833 "VANSON" Порядок работы

1. Вставьте 2 или 4 Ni-Cd или Ni-Mh аккумулятора размера AA или AAA согласно полярности, обозначенной в аккумуляторном отсеке; аккумуляторы должны заряжаться попарно.
2. Проверьте полярность (+/-) в соответствии с обозначением.
3. Если Вы заряжаете только два аккумулятора, то поместите их попарно в переднюю панель отсека для аккумуляторов
4. Для зарядки аккумуляторов размера AAA сначала установите в соответствующее положение контактную панель, а затем вставьте аккумуляторы. ЗУ автоматически настроится на зарядный ток для аккумуляторов размера AAA.
5. Включите ЗУ в розетку. На ЗУ загорится индикатор, удостоверяющий его правильную работу.
6. Следите за временем заряда в соответствии с приведенной ниже таблицей. По прошествии соответствующего времени выключите ЗУ из розетки. Перед каждым новым зарядом ЗУ должно быть выключено из розетки.

ВРЕМЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ

Емкость	Время заряда
AA 1000 – 1200 мАч	8-10 часов
AA 1200 – 1400 мАч	10 – 12 часов
AA 1400 – 1800 мАч	12 – 15 часов
AAA 400 – 600 мАч	10 -12 часов

Примерно после 15 часов зарядки , ЗУ прекратит свою работу автоматически и индикатор погаснет.
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Данное ЗУ предназначено только для заряда Ni-Cd или NiMH аккумуляторов

Попытка заряда батареек может привести к их вытеканию и повреждению ЗУ

Не заряжайте одновременно аккумуляторы разных типов

Не заряжайте аккумуляторы дольше, чем им положено по характеристикам

Перезаряд может испортить аккумуляторы или ЗУ

После использования выключайте ЗУ из розетки

1. ПАСПОРТ ВТБ500.000.000.ПС

1.1. Назначение

1.1. Виброметр-балансировщик **ВТБ** (Госреестр средств измерений № 18673-07) в комплектации **2М** технические условия ВТБ 4277-020-46250819-2007ТУ, предназначен для измерения, регистрации и анализа параметров вибрации работающих роторных машин и механических конструкций с целью контроля и диагностики их технического состояния, а также для динамической балансировки роторов в собственных опорах и на зарезонансных балансировочных станках. Указанному контролю могут подвергатьсяся электродвигатели, насосы, вентиляторы, дымососы, компрессоры, турбины, генераторы в процессе эксплуатации в различных отраслях промышленности и науки. Прибор имеет модули измерения частоты вращения ротора. Для решения задач балансировки роторов в собственных подшипниках имеется встроенный процессор для вычисления значений корректирующих грузов и углов их установки в балансировочных плоскостях механизмов.

Прибор ВТБ является простым, удобным, портативным виброизмерительным прибором, обеспечивающим не только объективный, количественный контроль текущего технического состояния механизмов, но и позволяющим технически обоснованно определять необходимые сроки, объем и содержание ремонтных и наладочных работ на механизмах, а также объективно контролировать качество выполнения данных работ.

1.2.Прибор ВТБ позволяет выполнять следующие задачи:

- контроль текущего технического состояния механизмов в соответствии с рекомендациями международного стандарта ISO-10816 (российский аналог ГОСТ ИСО 10816-1-97), других международных и отечественных стандартов, а также ведомственных нормативов;

- контроль качества сбалансированности роторов механизмов в процессе их эксплуатации;

- выполнение необходимых измерений и расчетов для проведения динамической балансировки роторов механизмов на месте их установки, в эксплуатационных режимах;

- контроль качества центровки составных валов на базе анализа их вибрационных параметров в режимах эксплуатации;

- бесконтактный контроль оборотов вращающихся роторов;

- анализ вибрации в 1/4 октавных полосах частот в диапазоне 10÷500 Гц;

- измерение уровней вибрации на гармониках частоты вращения

1.3.Прибор ВТБ укомплектован первичными преобразователями:

- преобразователь вибрации ВТБ 500.210.000 (_ДН3М1);

- преобразователь частоты вращения ротора ВТБ.500.220.000.

1.4.Прибор ВТБ может использоваться в комплекте с пьезоэлектрическими вибропреобразователями с рабочим диапазоном частот от 5 до 6000 Гц и коэффициентом преобразования на базовой частоте (160 Гц) от 10 до 200 пКл/г.

1.5.По устойчивости и прочности к климатическим и механическим воздействиям прибор удовлетворяет требованиям, установленным для приборов группы 3 ГОСТ 22261.

1.2 Технические характеристики

1.2.1. Рабочие условия применения:

- температура окружающего воздуха, °С от -5 до +40
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С,% до 98
- атмосферное давление, кПа (мм.рт.ст.) от 84 до 106,7 (630-800)
- величина внешнего магнитного поля частотой 50 Гц до 400 А/м

Рабочие условия применения первичных преобразователей, входящих в комплект прибора определяются техническими требованиями, установленными на них в соответствующих стандартах и (или) технических условиях.

Питание прибора осуществляется от никель-кадмийевых (никель-металл-гидридных) аккумуляторов или от однофазной сети переменного тока напряжением (220±22)В, частотой (50±0,5) Гц через гальванически связанный адаптер с выходным напряжением 5 – 9 Вольт. Предельное отклонение частоты и содержание гармоник по ГОСТ 13109.

Допускается питание от щелочных элементов напряжением 1,5 Вольт

2.2. Технические характеристики прибора, представленные в Таблице 1.1, соответствуют требованиям технических условий ВТБ 4277-020-46250819-2007ТУ.

Таблица 1.1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРА

Диапазон частот измерения виброскорости виброперемещения, Гц	3 - 500 3 - 250
Диапазон измерения виброскорости в среднеквадратическом значении, мм/с	0,1 - 99,9
Диапазон измерения виброперемещения, размах, мкм	1-999
Нелинейность амплитудной характеристики прибора в диапазоне измеряемых вибропараметров, %	± 4
Неравномерность частотной характеристики прибора в диапазоне частот 5-250 Гц, %	± 8
В диапазоне частот 3-5 Гц и 250-500 Гц	+10 / - 20
Предел допустимой основной относительной погрешности измерения виброскорости и виброперемещения, %	±10 + 1 мэр
Диапазон измерения частоты вращения, оборотов/мин	120 - 30000
Предел допустимой основной относительной погрешности измерения частоты вращения ротора, %	±0.1 + 1 мэр
Индикация фазы вектора вибрации, град	0÷359
Относительная ширина полосы пропускания полосового фильтра в режиме балансировщика, %	10±0,5
Время выхода на режим после включения, сек	не более 15
Напряжение питающей сети переменного тока, В (сетевой адаптер)	220 ±22
Частота питающей сети, Гц	50±0,5
Напряжение на выходе сетевого адаптера, В	5±1
Напряжение на выходе аккумуляторного отсека, В	5± 1
Потребляемый ток, мА	150±10
Время непрерывной работы от аккумуляторов, час	не менее 12
Электрическая прочность изоляции цепи питания, В	1000
Электрическое сопротивление изоляции, МОм	не менее 40
Масса прибора, кг	0,6±0,1
Масса прибора в транспортировочном кейсе, кг	4,8±0,1
Длина соединительного кабеля, м	2,±0,2

1.3. Комплектность

1.3.1. Комплект поставки приведен в Таблице 1.2

Таблица 1. 2

КОМПЛЕКТНОСТЬ

Наименование	Обозначение	Ед изм.	Отметка вложения в комп-кт поставки	Кол-во фактически
Измерительный прибор	ВТБ.500.100.000	шт.		1
Вибропреобразователь _ДН3М1_В6 (608А11)	ВТБ 500.210.000	комплект		1
Удлинитель вибропреобразователя (по запросу)	ВТБ.500.220.000	м		-
Преобразователь частоты вращения (таходатчик)	ВТБ 500.310.000	комплект		1
Датчик температуры цифровой (поставляется по запросу)	ВТБ 500.410.000	шт.		-
Зарядное устройство	ВТБ 500.710.000	шт.		1
Аккумуляторы NiMH	тип АА NMH1800	шт.		4
Сетевой адаптер	ВТБ 500.720.000	шт.		1
Коммутатор двухканальный	ВТБ.500.230.000	шт.		-
Стойка магнитная	ВТБ 500.311.000			1
Маркер меток датчика оборотов	ВТБ 500.312.000	шт.		1
Кабель интерфейсный (при поставке с ПО)	ВТБ.500.730.000	шт.		-
Транспортировочный сумка	ВТБ 500.900.000	шт.		1
Паспорт и инструкция по эксплуатации	ВТБ500.000.000.ПС ВТБ500.000.000.ИЭ	шт.		1
Методика поверки (поставляется по запросу)	ВТБ500.000.000.МП	шт.		-
Весы электронные МВМ500 (оциально)		шт.		-
Струбцины крепежные		шт.		-
ПО ведения базы данных по измерениям (Опционально)	ВТБ500.000.000ПО	комплект.		-

По отдельному соглашению прибор может комплектоваться дополнительными аксессуарами

1.4. Свидетельство о приемке

1.4.1. Виброметр-балансировщик **ВТБ** комплектация **2М № _____** в комплекте поставки по п.1.3.1 соответствует техническим условиям ВТБ 4277-020-46250819-2007ТУ и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска "____" 2015г.

М.П.

должность и подпись представителя предприятия-изготовителя (поставщика)

4.2. Дата ввода в эксплуатацию "____" 2015г.

/ /
Подпись лица отв.за эксплуатацию

1.5. Сведения о поверке

1.5.1. Проверка виброметра **ВТБ** (виброметра-балансировщика) производится по Методике поверки виброметра-балансировщика ВТБ.500.000.000.МП.

1.5.2 Проверка прибора производится как при выпуске из производства (первичная), так и в процессе эксплуатации и после ремонта (периодическая).

1.5.3. Периодичность поверки для виброметра (виброметра – балансировщика) ВТБ 1 раз в год.

Нормативными документами для проведения работ по поверке прибора является Методика поверки виброметра (виброметра-балансировщика) ВТБ.500.000.000.МП. (поставляется по запросу)

Таблица 1.3.

1.6. АЧХ прибора

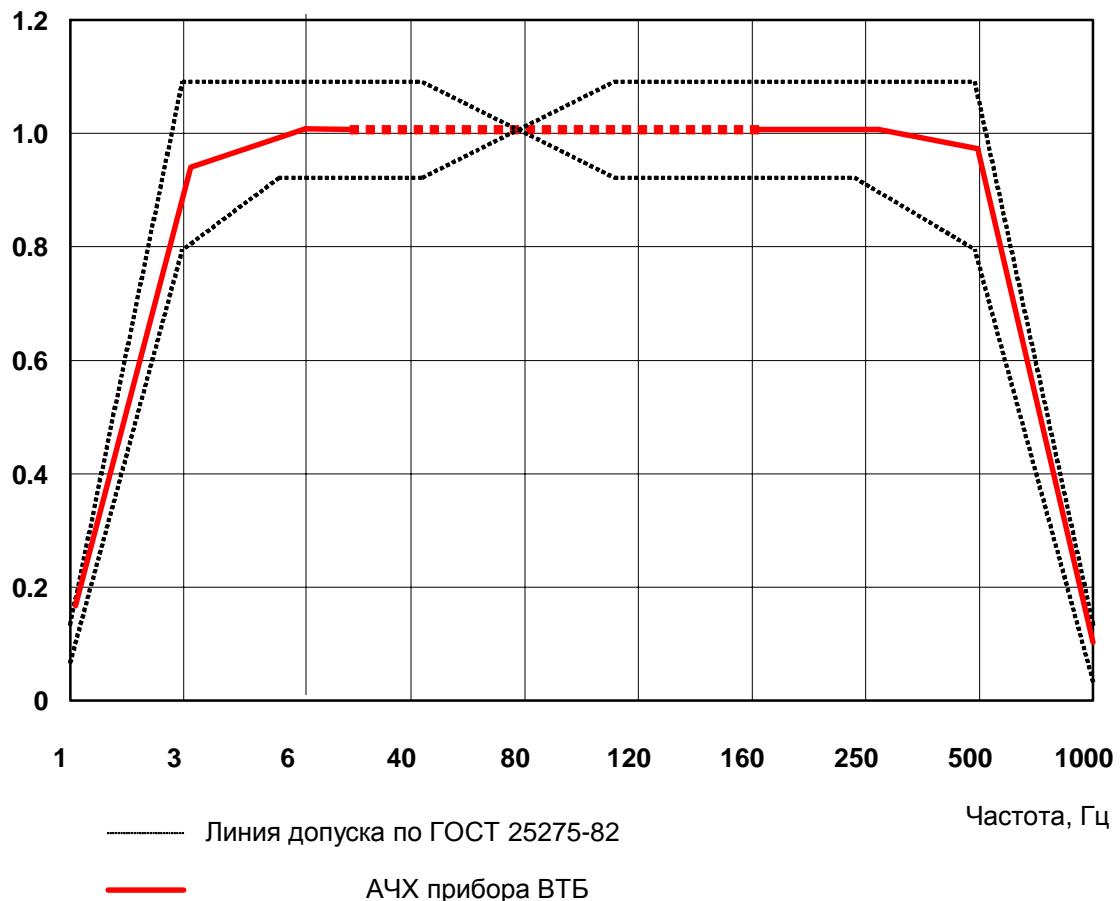


Рисунок 1.1 Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) виброметра-балансировщика ВТБ зав. №

Таблица1.4 - Показания виброметра-балансировщика ВТБ зав. № 301.11 в режиме “КОНТРОЛЬ”

Параметр	Значение	Допуск
V, мм/с (S, мкм)		5%
Φ, градус		5%
N, об/м	3840	-+-1
T, сек	1	1-

Виброметр-балансировщик ВТБ укомплектован вибропреобразователем

ДН3М1	Зав. №	3	1	5	2
-------	--------	---	---	---	---

1.7. Гарантии изготовителя (поставщика)

1.7.1. Изготовитель гарантирует соответствие выпускаемых виброметров-балансировщиков ВТБ всем требованиям Технических условий ВТБ 4277-020-46250819-2007ТУ при соблюдении условий эксплуатации, технического обслуживания, хранения, транспортирования, установленных эксплуатационной документацией.

1.7.2. Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев на электронный блок и датчик оборотов, 12 месяцев на пьезоакселерометр со дня отгрузки прибора потребителю. Гарантийный срок хранения - 6 месяцев с момента изготовления прибора.

6.3. Действие гарантийных обязательств прекращается:

-при наличии видимых механических повреждений;

-при использовании источников питания прибора, не соответствующих настоящей технической документации.

2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВТБ500.000.000.ИЭ

2.1. Внешний вид и органы управления прибора,

Внешний вид прибора показан на рисунке 2.1.

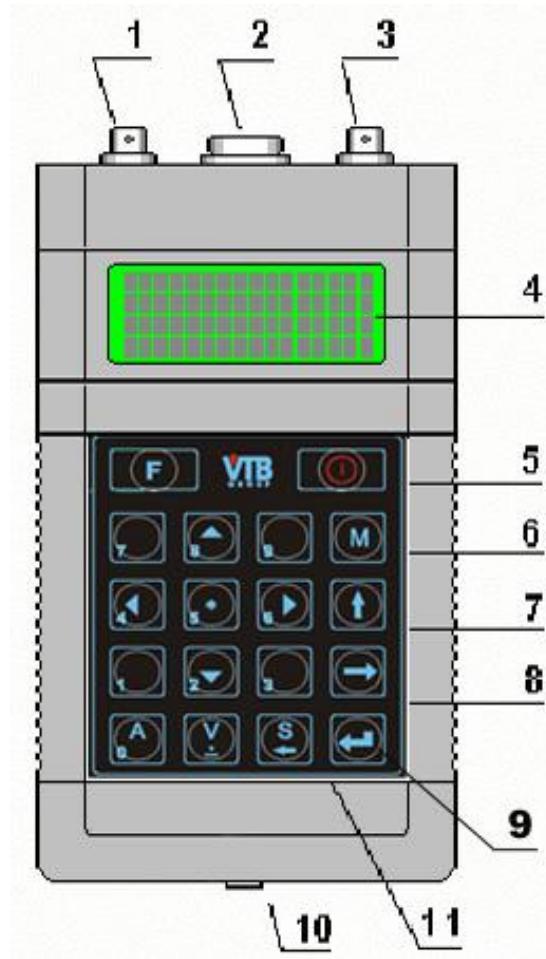


Рисунок 2.1. Внешний вид прибора ВТБ

- 1 - Разъем подключения акселерометра. (**Вход**)
- 2 - Разъем подключения таходатчика, интерфейсного кабеля или стробоскопа.
- 3 - Разъем подключения вибросигнала на внешнюю аппаратуру (**Выход**).
- 4 - Индикатор прибора, 4 строки по 16 знаков.
- 5 –Кнопка включения и выключения прибора
- 6 Кнопка “**M**” – запоминание результатов измерений
- 7- Кнопка “**↑**” - возврат прибора из любого состояния в меню режимов.
- 8 – Кнопка включения-выключения однократного или многократного режима измерения
- 9 - Кнопка “**↙** ” - запуск прибора в выбранный из меню режим работы.
- 10 - Гнездо подключения внешнего источника питания 5 - 9 В.
- 11- Двенадцать кнопок цифровой клавиатуры для ввода данных.
Кнопки **▲▼** – выбор режимов работы из меню.
Кнопка F в данной версии не задействована.

2.2. Устройство прибора

Конструктивно прибор выполнен в корпусе из ударопрочной пластмассы, габариты корпуса 200×100×45 мм. Корпус имеет встроенный отсек для четырех аккумуляторов типа АА. На лицевой стороне корпуса расположен ЖКИ-индикатор с подсветкой (4 строки по 16 знаков) и клавиатура управления. На верхней торцевой стенке корпуса установлены три разъема: для подключения датчика вибраций и таходатчика, а также разъем, на который выведен измеряемый вибросигнал (для внешних приборов: осциллограф, частотомер, анализатор и т.д.). Электронная схема прибора выполнена в виде трех модулей:

- модуль предварительной обработки вибросигнала;
- модуль управления и расчетов;
- модуль индикатора.

Модуль предварительной обработки вибросигнала представляет собой универсальный виброизмерительный тракт, обеспечивающий работу прибора практически с любым первичным вибропреобразователем типа пьезоакселерометра. На входе модуля осуществляется импедансное согласование с датчиком по заряду. Далее сигнал необходимым образом фильтруется, усиливается, интегрируется и поступает на детектор СКЗ. Выходным сигналом модуля является напряжение, пропорциональное среднеквадратичному значению виброскорости в заданной полосе частот. Модуль предварительной обработки вибросигнала расположен во внутреннем дюралевом корпусе, обеспечивающем его экранировку.

Центральной частью модуля управления и расчетов является микроконтроллер, который осуществляет все основные вычислительные функции, реализующие заложенные в прибор алгоритмы и режимы работы. Работа модуля происходит по программе, загруженной в энергонезависимую перезаписываемую память микроконтроллера. Подобное построение прибора обеспечивает очень широкие возможности последующей модификации его измерительных и вычислительных функций без каких-либо схемных доработок, только за счет модификации загружаемой в него рабочей программы. На плате формируются все необходимые сигналы для управления индикатором и элементами платы предварительной обработки вибросигнала. Здесь же расположены элементы сопряжения с таходатчиком, а также преобразователь питания для формирования всех рабочих напряжений модулей прибора.

Модуль индикатора обеспечивает представление информации в процессе работы прибора на жидкокристаллическом индикаторе с подсветкой.

2.3. Режимы работы

Прибор может работать в следующих режимах: «ВИБРОМЕТР», «ДИАГНОСТИКА», «БАЛАНСИРОВКА», «КОНТРОЛЬ», «СВЯЗЬ с ПК», «РАСЧЕТЫ». Режимы «КОНТРОЛЬ», «СВЯЗЬ с ПК», «РАСЧЕТЫ» сгруппированы в меню «СЕРВИС».

Краткое описание режимов работы приводится ниже.

2.3.1 Режим «Контроль»

Это режим самопроверки, позволяющий убедиться в исправности электронной схемы прибора и правильности функционирования рабочего программного обеспечения микропроцессорного модуля. Перед использованием прибора всегда рекомендуется проверить его работоспособность. Проверку можно проводить как с подключенными датчиками, так и без них - это значения не имеет, поскольку проверяется только сам прибор, датчики и кабели не тестируются. Вид индикатора в режиме контроля показан на рисунке 2.2. Точные численные значения и допуски на тестируемые параметры указаны в паспортных данных на прибор, см. п.1.6.

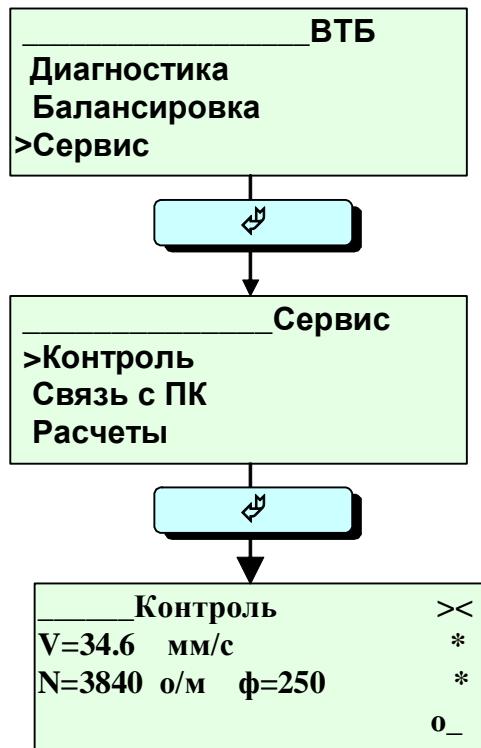


Рисунок 2.2 - Вид индикатора в режиме КОНТРОЛЬ.

Использование цифровой клавиатуры

В этом режиме используются кнопки:

- **(V)** и **(S.)**. Однонажатие кнопки переключает единицы измерения уровней вибрации мм/с (**V**) ⇔ мкм. (**S.**).
- ▲ ▼ – управление временем усреднения. Отображается в последней позиции внизу экрана.
- ⇒ - управление режимом отображения – однократный/циклический. Отображается в предпоследней позиции внизу экрана.

2.3.2 Режим «Виброметр»

В этом режиме прибор выполняет измерения общего уровня вибрации в соответствии с рекомендациями стандарта ГОСТ ИСО-10816-97 для роторных механизмов, т.е. среднеквадратичное значение виброскорости в полосе частот 10-1000 Гц, в **мм/с**. Вид индикатора показан на рисунке 2.3. Во второй строке отображается в цифровом виде измеряемый общий уровень вибрации, в третьей строке уровень вибрации отображается в аналоговой форме в виде ленточного индикатора с цифровым значением выбранной шкалы.

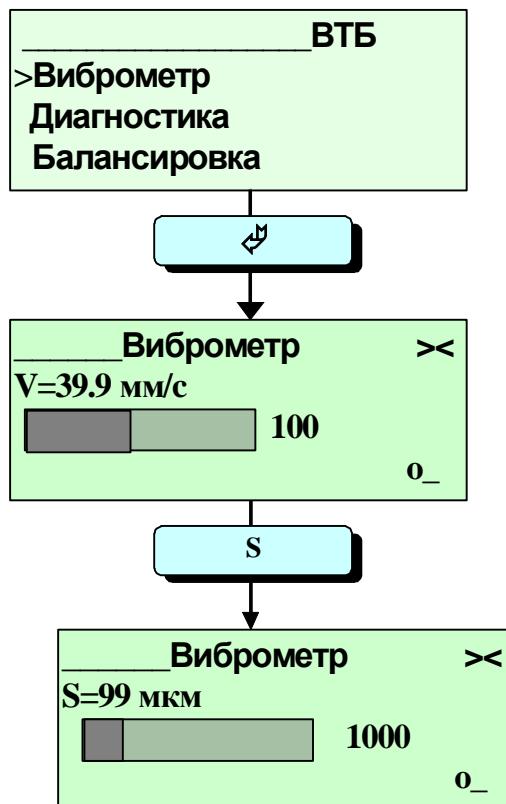


Рисунок 2.3 - Вид индикатора в режиме ВИБРОМЕТР

В этом режиме используются кнопки:

- (**V**) и (**S**). Однократное нажатие кнопки переключает единицы измерения уровней вибрации **мм/с** ⇔ **мкм**.
- ▲▼ – управление временем усреднения. Отображается в последней позиции внизу экрана.
- ⇒ - управление режимом отображения – однократный/циклический. Отображается в предпоследней позиции внизу экрана.
- ◀▶ - задание диапазона представления на ленточном индикаторе.

2.3.2.1 Сохранение результатов измерений

Возможно сохранение до 50 результатов измерений с возможной последующей передачей их в компьютер(при наличии программы сбора данных). Для перехода в режим запоминания требуется нажать кнопку «М» на панели прибора. Внешний вид экрана при этом изменится следующим образом

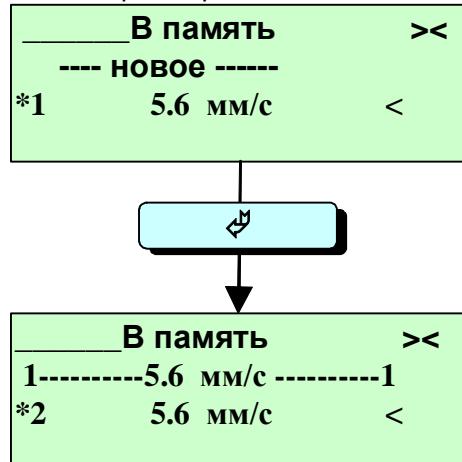


Рисунок 2.4 Вид индикатора при сохранении результатов в режиме **ВИБРОМЕТР**

Надпись «**новое**» в верхней строчке обозначает начало нового массива измеренных значений. На нижней строчке цифра «*1» указывает номер ячейки памяти, а знак «*» перед ней указывает, что эта ячейка готова к записи и на экране отображается текущее значение уровня вибрации. При нажатии клавиши «» в первую ячейку памяти запоминается значение уровня вибрации, а прибор переходит на ячейку 2. При этом запомненное значение ячейки «1» отображается на верхней строчке. При следующем нажатии кнопки «» осуществляется запись в ячейку «2» и прибор переходит режим готовности записи в ячейку «3». Далее процесс повторяется аналогично. При работе в этом режиме возможен выбор регистрируемого параметра (виброскорость или виброперемещение).

После окончания записи всего массива можно перейти в любой другой режим кнопкой «», либо просмотреть измеренные значения кнопками ▲ (просмотр от большего номера к меньшему) или ▼ (от меньшего номера к большему).

Запомненные значения можно передать в персональную ЭВМ по последовательному каналу в режиме «**Связь с ПК**» для дальнейшей обработки.

Для запоминания нового массива необходимо с помощью кнопок просмотра выбрать первую ячейку и произвести в нее запись. При этом все остальные ранее записанные значения будут удалены из памяти.

Более полным режимом сбора данных является подобная процедура в режиме «**ДИАГНОСТИКА**», но он активизируется при приобретении программы ведения базы данных и прогностического анализа.

2.3.3 Режим «Диагностика»

Режим предназначен для анализа типа и источников вибрации.

По данным измерений в этом режиме можно определить, вызвана повышенная вибрация дисбалансом, дефектом подшипников или др.

При включении режима **ДИАГНОСТИКА** прибор автоматически измеряет общий уровень вибрации V (СКЗ по выброскорости в мм/с) и частоту вращения F (Гц).

В нижней строке экрана расположено меню для измерений уровней вибрации от 1/2-ой до 9 гармоник частоты вращения. Нажатием кнопок **◀▶** можно переходить на измерение нужной гармоники, включая общий уровень.

При отсутствии таходатчика можно устанавливать частоту вращения вручную. Режим измерения частоты показывается буквой после символа частоты (**Ft** - тахометрический или **Fp** – ручной)

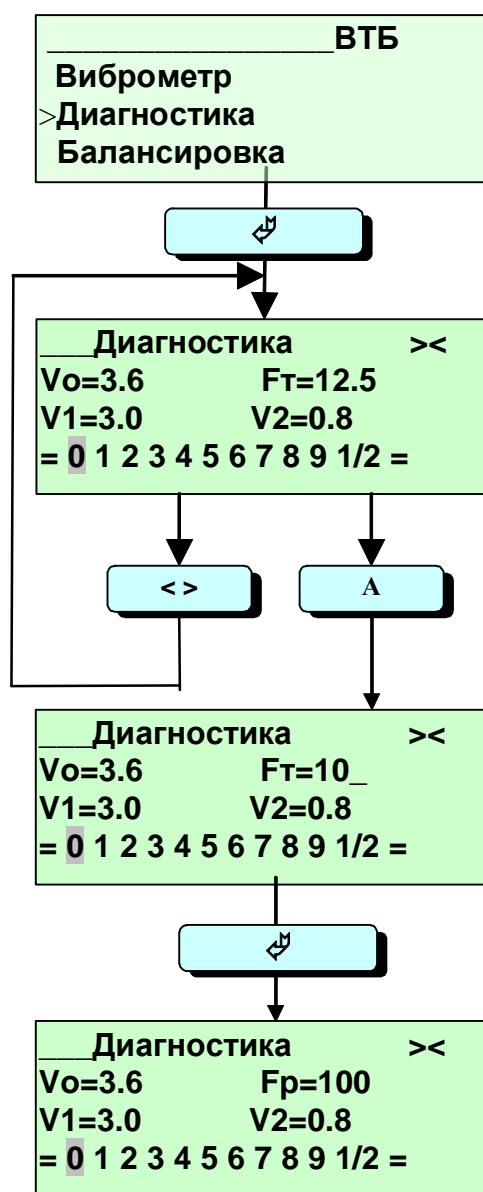


Рисунок 2.5 - Вид индикатора в режиме **ДИАГНОСТИКА**

В этом режиме используются кнопки:

- (**V**) и (**S.**). Однократное нажатие кнопки переключает единицы измерения уровней вибрации мм/с ⇔ МКМ.
- ▲▼ – управление временем усреднения. Отображается в последней позиции внизу экрана.
- ◀▶ - выбор измеряемого параметра – значения выбросигнала.
- **A** - ручной ввод частоты оборотов. Ручной ввод показывается буквой «р» после знака частоты.
- **M** - переход в режим измерений по маршруту

2.3.4 Измерения по маршруту

Режим «МАРШРУТ» предназначен для запоминания данных измерений при прохождении маршрута, заданного из программы ведения базы данных. В этом режиме в памяти прибора запоминаются общие уровни виброскорости и виброперемещения, уровни на обратной частоте и при наличии тахометрического датчика – частота вращения и фаза колебаний на обратной частоте. Подробное описание работы с маршрутом приведено в описании программы ведения базы данных (поставляется по отдельному соглашению).

2.3.5 Режим «Балансировка»

В этом режиме осуществляются необходимые измерения и расчеты для динамической балансировки механизма.

В приборе реализован универсальный алгоритм, так называемой, амплитудно – фазовой балансировки, позволяющий определить величины и положения уравновешивающих грузов, минимизирующие среднеквадратичные уровни вибрации механизма на частоте вращения ротора. Количество точек измерения вибрации – до 4, плоскостей балансировки – до 3.

Прибор измеряет **уровень вибрации (СКЗ по выброскорости в мм/с или двойной размах колебаний в мкм)** на частоте вращения ротора, **фазу вектора вибрации** относительно метки на роторе для таходатчика (**ГРАДУСЫ**) и **скорость вращения ротора (об/м)**.

Работа организована в виде следующих пунктов меню – **«Параметры», «Нач.измерение», «Пробный пуск» или «Ввод ДКВ», «Результаты»**. Последовательное прохождение этих пунктов обеспечивает полный процесс балансировки.

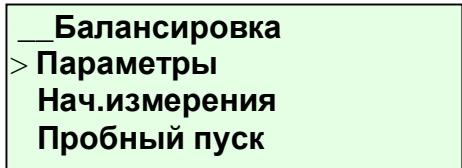


Рисунок 2.6. - Вид индикатора в режиме БАЛАНСИРОВКА

2.3.5.1 «Параметры»

Вводятся параметры балансировки, такие как количество плоскостей, количество точек измерений, метод балансировки – пробный пуск или ввод ДКВ.

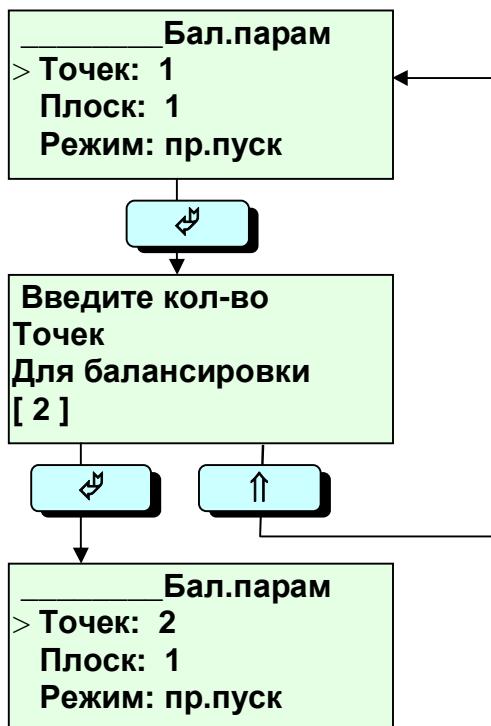


Рис. 2.7 Установка кол-ва точек измерений

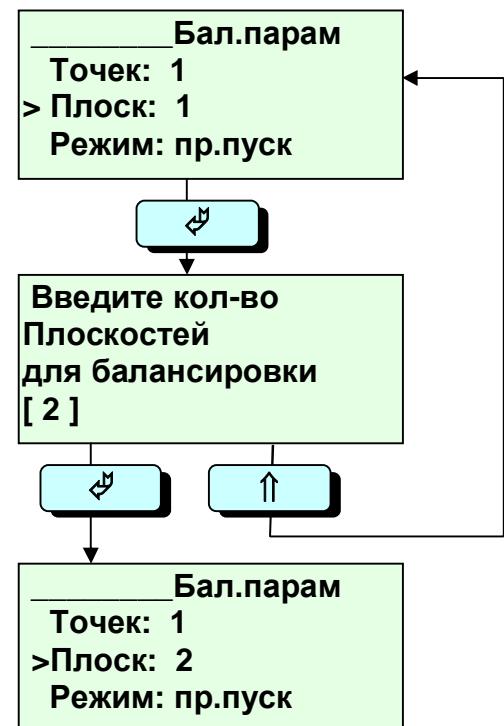


Рис. 2.8 Установка кол-ва плоскостей балансировки

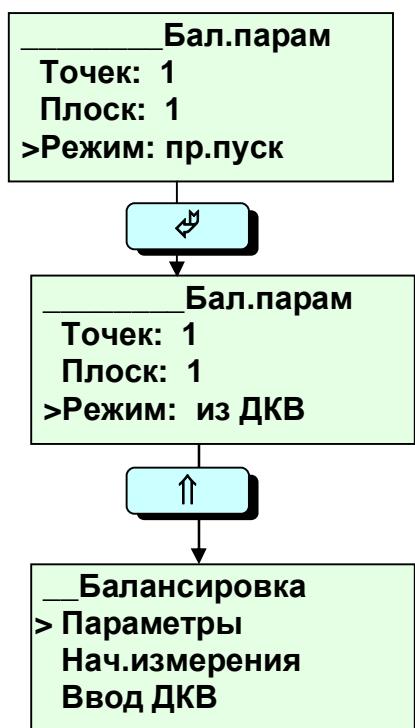


Рис.2.9 Установка метода балансировки

2.3.5.2 «Нач. измерение»

Проводятся первоначальные измерения по всем точкам контроля во всех плоскостях балансировки.

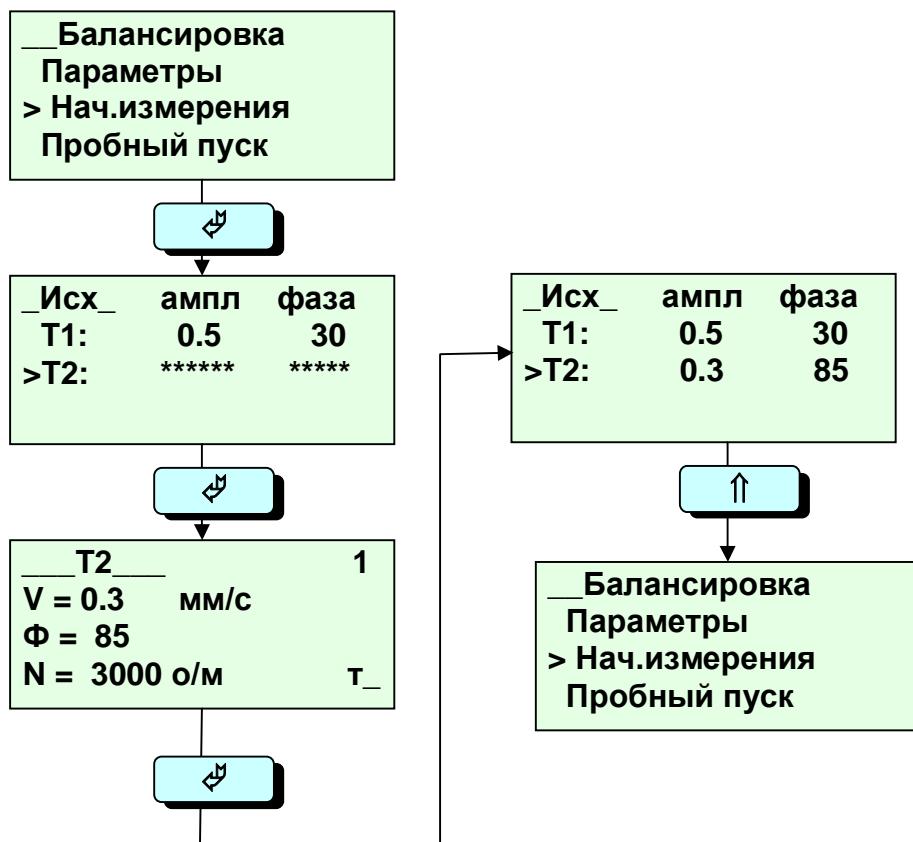


Рисунок 2.10. Начальные измерения

В этом режиме возможно ручное задание частоты оборотов нажатием клавиши «F»

2.3.5.3 «Пробный пуск»

Проводятся измерения по всем точкам контроля во всех плоскостях балансировки после установки пробных грузов.

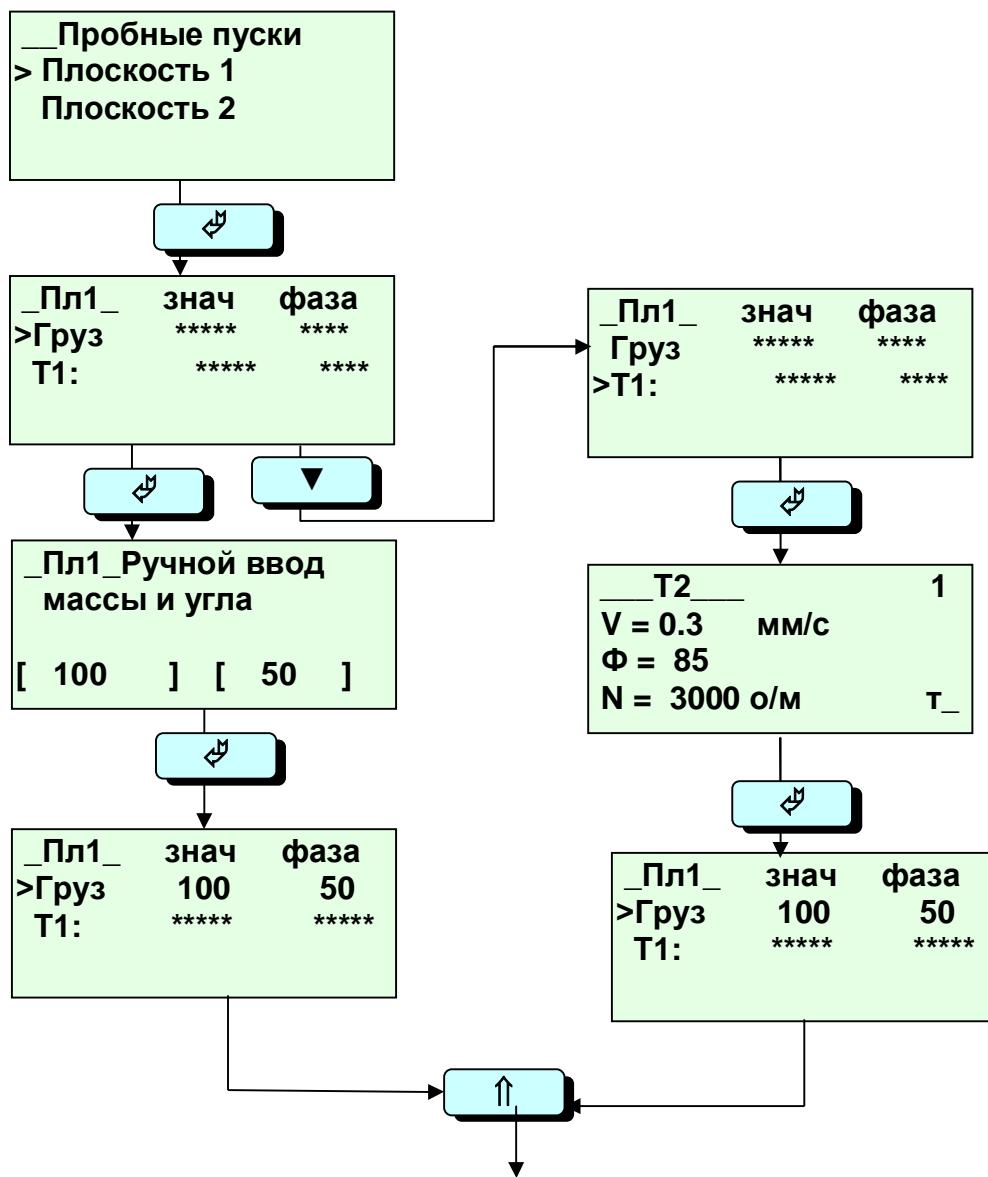


Рисунок 2.11. Пробные пуски

2.3.5.4 «Результаты»

Содержит следующие пункты:

- Расчет грузов – индикация требуемых величин и мест установки грузов для балансировки механизма
- Расчет ДКВ – индикация рассчитанных по пробному пуску динамических коэффициентов влияния механизма.

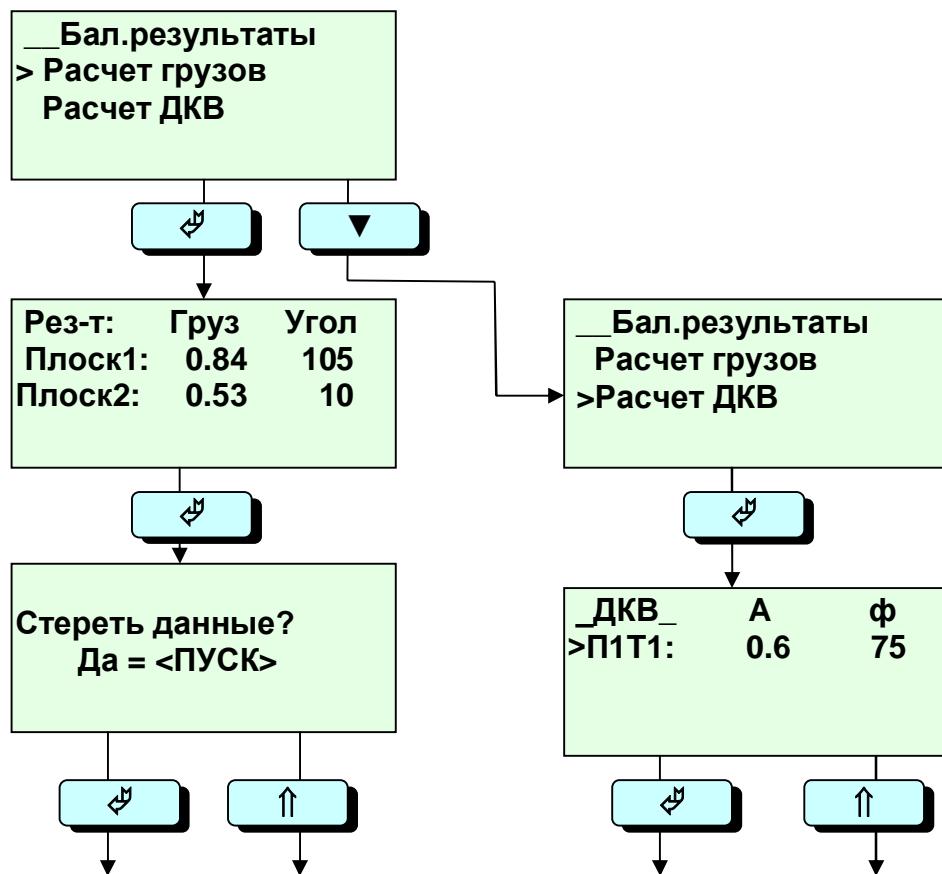


Рисунок 2.12 Результаты

2.3.5.5 «Ввод ДКВ»

Ввод ДКВ для балансировки без пробного пуска

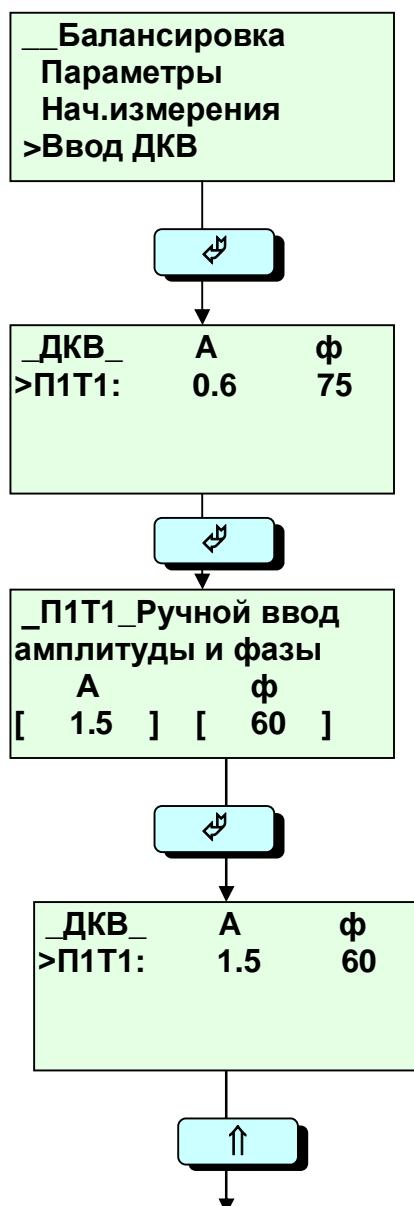


Рисунок 2.13. Ввод ДКВ

Примечание Все амплитуды вводятся в линейных единицах (мм/с или мкм – в зависимости от того, как проводились измерения при балансировке).
Все фазы – в градусах, веса пробных грузов рекомендуется вводить в граммах, тогда величины уравновешивающих грузов также будут получены в граммах. Если величины пробных грузов с достаточной точностью неизвестны, вводите число 100 (т.е. принимая их за 100%), тогда и уравновешивающие грузы получите в процентах от пробных.

Использование цифровой клавиатуры. ¼ октавный анализ

В режиме « БАЛАНСИРОВКА » прибор позволяет выполнить анализ вибрации механизма в $\frac{1}{4}$ октавных полосах частот в диапазоне от 10 до 500 Гц (600 – 30000 об/м). Для этого нужно:

- отключить разъем датчика оборотов, (поз.2 рисунка 2.1);
- нажать кнопку «0»(F), при этом на индикаторе (рисунок 2.6) вместо значения оборотов появится курсор для ввода данных;
- набрать цифровыми клавишами нужную частоту (число оборотов);
- нажать кнопку «». Прибор начинает процесс измерения вибрации в $\frac{1}{4}$ октавной полосе частот с заданной средней частотой.

В процессе набора значения частоты, возможно стирание неправильно введенных чисел нажатием кнопки «» - каждым нажатием кнопки стирается одно число перед курсором.

Для перехода к следующей фиксированной частоте анализа нужно нажать кнопку «A» и набрать на клавиатуре новое значение частоты. При последующем нажатии кнопки «ПУСК «» прибор переходит в режим измерений.

Переключение мм/с – мкм (размах) осуществляется кнопками (V) и (S)

В этом же режиме возможно использование стробоскопа, синхронизация которого осуществляется от профильтрованного вибrosигнала. Синхросигнал стробоскопа выведен на разъем таходатчика.

2.3.5.6 Работа со стробоскопом

Использование стробоскопа позволяет получить информацию об изменении вектора вибрации при установке пробных грузов без использования тахометрического датчика. Для того чтобы начать работу со стробоскопом, необходимо приблизительно установить частоту оборотов ротора (как описано выше), установить датчик вибрации, подключить стробоскоп к разъему «ТД-РС» и нажать кнопку запуска на корпусе стробоскопа. Вспышки ламп будут происходить синхронно с вибролебеданиями опор ротора.

Длительность вспышек можно регулировать подстроечным сопротивлением на корпусе стробоскопа. При большей длительности вспышек световое пятно более яркое, но метка отображается менее четко. Более четкое, но менее яркое изображение метки можно получить уменьшением длительности вспышек..

2.3.6 Режим «Расчеты»

Режим предназначен для проведения расчетов, сопровождающих динамической балансировке механизмов:

- определения оптимальной величины пробного груза,
- расчета величины двух заменяющих грузов по заданным местам установки.(в случае невозможности установки груза в расчетное место)
- суммы нескольких векторов
- разности 2-х векторов

Смена экранов при входе в меню «**РАСЧЕТЫ**» представлена на рисунке 2.8. Переключение осуществляется последовательным нажатием кнопок «**▲**» и «**▼**», исполнение выбранной программы – кнопкой «**▷**».

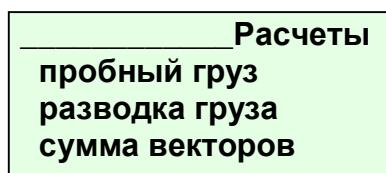


Рисунок 2.14 - Вид индикатора в режиме РАСЧЕТЫ

Использование цифровой клавиатуры

Во всех расчетных программах используются кнопки:

- ❖ **0-9**- для ввода запрашиваемых прибором чисел
- ❖ **/.** - разделительная запятая десятичных знаков
- ❖ **⬅**- стирание последнего числа перед курсором ввода.

A) Расчет пробного груза

Программа позволяет вычислить оптимальную величину пробного груза, исходя из весовых характеристик балансируемого ротора, уровней вибрации механизма до проведения балансировки, радиуса вращения устанавливаемого пробного груза и оборотов ротора при балансировке.

Последовательность переключения индикатора при выполнении программы показана на рисунке 2.15. Все переключения – кнопкой «». На месте запрашиваемых прибором данных находится курсор. Ввод «пустых» данных невозможен – индикатор не переключается. В любом месте можно выйти из программы кнопкой «».

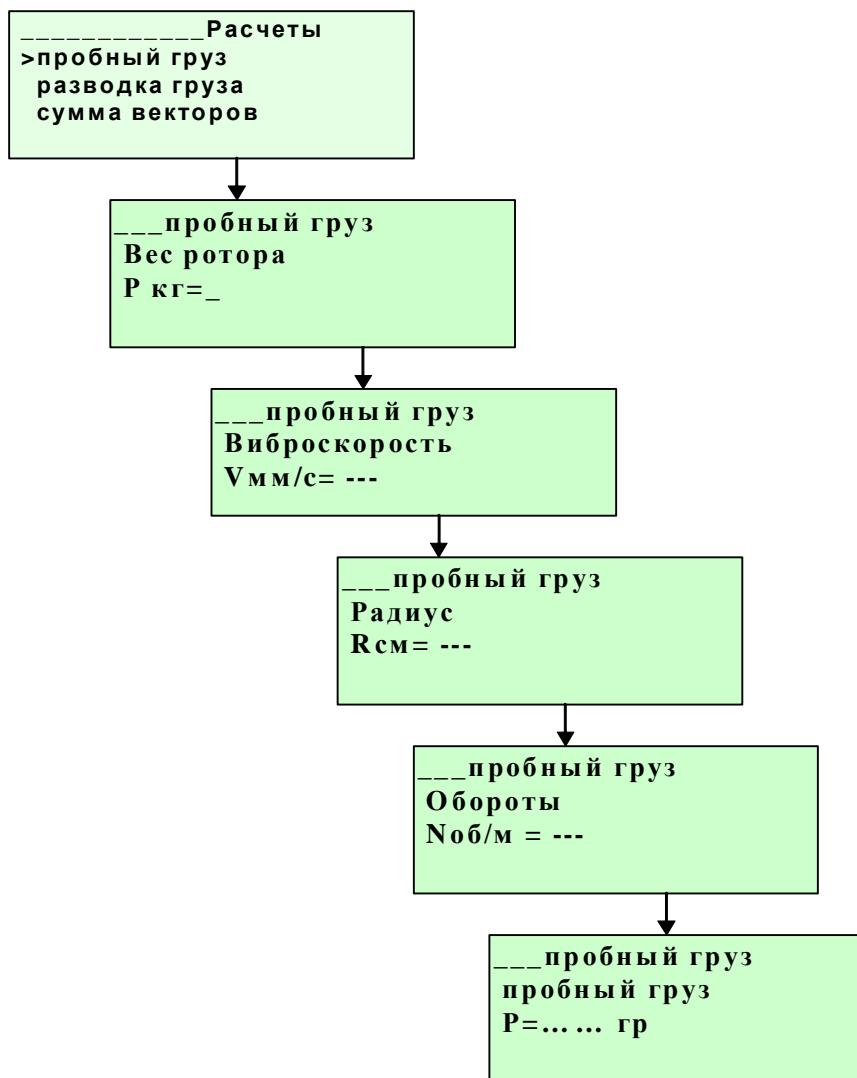


Рисунок 2.15 Виды индикатора при расчете пробного груза

В) Разводка грузов

Программа позволяет вычислить веса двух грузов, которые в сумме являются аналогом расчетному грузу, в том случае, если по конструктивному исполнению балансировочной плоскости установка расчетного груза в требуемом месте невозможна, но есть возможность установить груза и справа и слева от расчетного положения. При этом углы установки грузов влево и вправо от расчетного груза могут быть любыми, но в сумме должны быть меньше 180 градусов. Программа выполняется аналогично программе определения пробного груза. Порядок смены экранов при проведении вычислений приведен на рисунке 2.16.

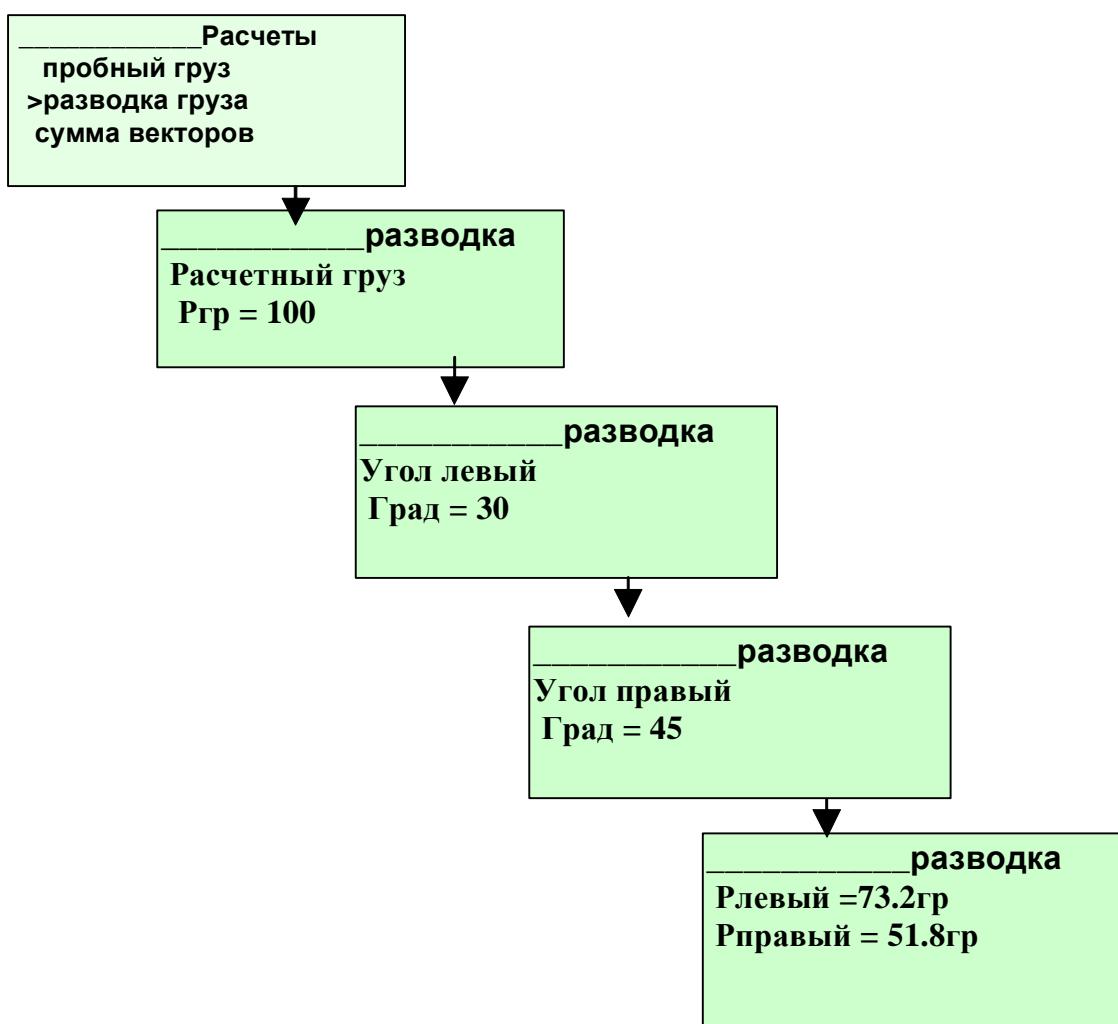


Рисунок 2.16 Пример состояния индикаторов при вычислении разводки грузов

Г) Сумма и разность векторов

Программа векторных вычислений (сумма векторов и разность векторов) может быть полезна при выполнении векторных расчетов при настройке механического оборудования. Вычисления осуществляются в полярной системе координат (используются модуль и фаза векторов). Ввод значений векторов аналогичен вводу данных в программе «Балансировка». Программа позволяет вычислять сумму до 10 векторов с одновременным выводом на экран суммы векторов, полусуммы векторов и среднего значения суммы векторов.

Работа с программой заключается в следующем:

1. вводится число векторов
2. последовательно вводятся значения этих векторов (амплитуда и фаза)
3. после ввода последнего вектора на экране появляются результаты расчетов

Разность векторов вычисляется аналогично, но она имеет место только для двух векторов.

2.3.7 Режим «Связь с ПК»

Данный режим предназначен для ввода данных, запомненных в энергонезависимой памяти прибора в персональный компьютер, для дальнейшего ведения базы данных по измерениям вибрационного состояния механизмов. Для этого необходимо соединить прибор и компьютер интерфейсным кабелем, входящим в состав прибора. Прибор подключается к последовательному порту компьютера (9-штыревой разъем) специальным кабелем, входящим в комплект поставки базы данных.

ВО ВРЕМЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КАБЕЛЯ ПРИБОР ДОЛЖЕН БЫТЬ ВЫКЛЮЧЕН!

После подключения прибор можно включить, выбрать режим «Связь с ПК» и далее работать согласно инструкциям программы передачи данных в компьютер или программы ведения базы данных (поставляется отдельно).

2.4. Работа с прибором ВТБ

2.4.1 Подготовка к работе

- Ознакомьтесь с инструкцией по проведению выбранного режима работы
- Выполните подготовительные работы по установке датчиков согласно п. «Подготовительные работы»

ВНИМАНИЕ: Невыполнение этих пунктов может привести к неверным результатам или порче оборудования прибора.

2.4.2 Начало работы

Включите прибор нажатием кнопки **(I)**. После прохождения теста прибор устанавливается в режим ВИБРОМЕТР. Выбор нужного режима работы осуществляется нажатием на клавиши **«▲»** и **«▼»** до выделения символом **«>»** нужной надписи на экране прибора. На рис.2.17 показаны вид индикатора и последовательность прохождения режимов работы по нажатию клавиши **«▼»**.

Кроме того, возможен выбор режимов работы по горячим клавишам (см. рис.2.17 справа)

Примечание: при пользовании прибором необходимо иметь в виду, что прибор не всегда мгновенно реагирует на нажатие кнопок. Время реакции может составлять от нескольких «мс» до примерно 1 сек, в зависимости от того, какой алгоритм работы отрабатывается в данный момент прибором. Не спешите повторно нажимать кнопки.

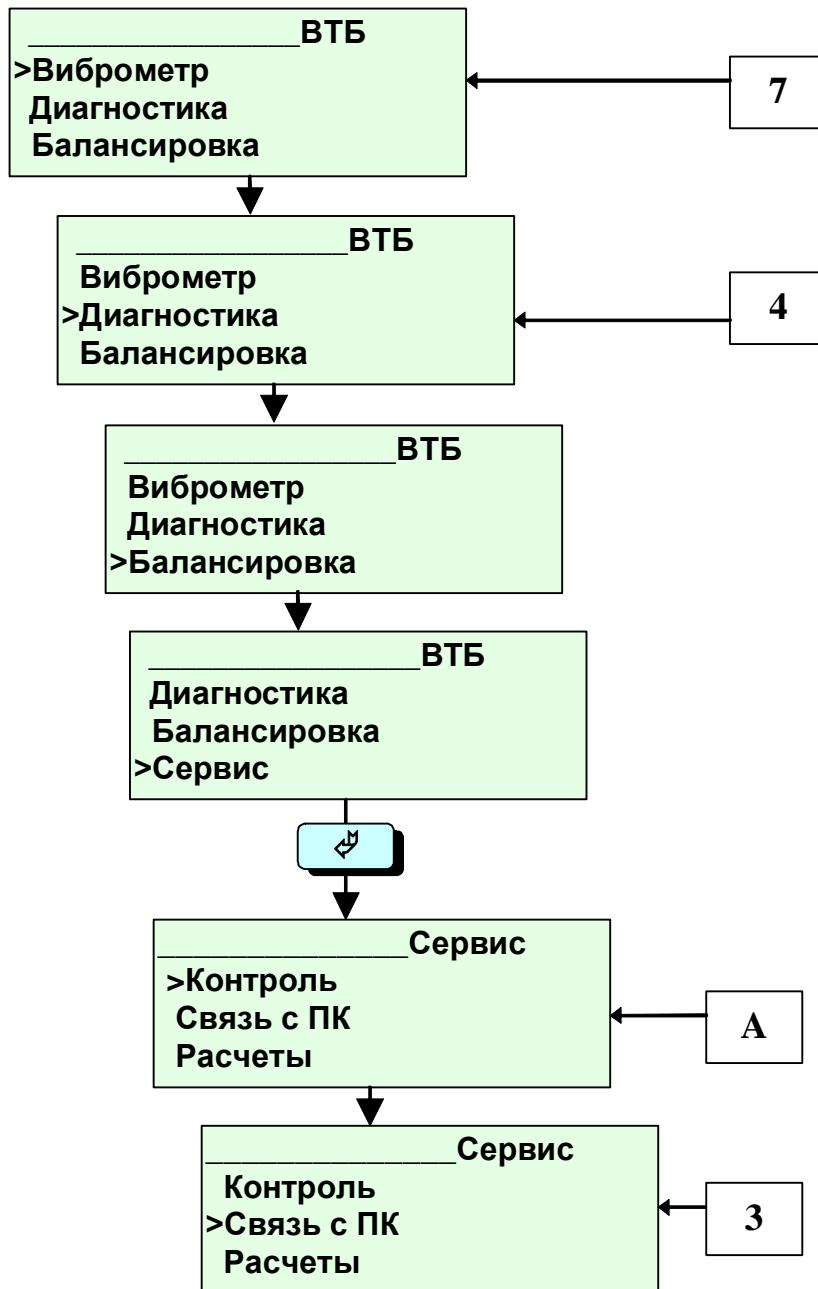


Рисунок 2.17 Последовательность переключения режимов работы прибора

После того, как в основном меню выбран необходимый режим работы прибора, нажать кнопку «» - прибор начинает работать в выбранном режиме.

Примечание: При нажатии на «горячие» кнопки в основном меню прибор сразу входит в выбранный режим без нажатия кнопки «ПУСК»

2.4.3 Окончание работы с прибором

- Кнопкой “” выведите прибор в основное меню
 - Выключите питание прибора нажатием кнопки **(I)**
 - Демонтируйте и аккуратно сложите датчики и кабели

2.5 Типовые работы с ВТБ

Основные работы, выполняемые с помощью прибора

- Контроль вибрации механизмов
- Диагностика - определение типа и возможного источника вибрации
- Балансировка в собственных опорах
- Измерение частоты вращения вала
- Сбор данных
- Специальные измерения

Для проведения всех видов работ необходимо тщательно провести подготовительные работы, описанные в Приложении 1.

2.5.1 Контроль вибрации механизмов

Для использования прибора в режиме виброметра необходимо выполнить следующие действия:

а) выбрать и подготовить точки измерения в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

б) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) перевести прибор в режим **ВИБРОМЕТР** и выполнить измерения уровней вибрации последовательно во всех точках контроля. Если по наблюдению в процессе измерений в какой-либо из точек видно, что выбранные рабочие параметры не оптимальны, измените параметры по своему усмотрению для получения наиболее достоверных результатов. Можно изменить:

- постоянную времени усреднения = от 1 сек до 30 сек нажатием клавиш «▲» и «▼». При этом время усреднения будет отражаться в правом верхнем углу как убывающее до 0 значение, так и в правом нижнем углу экрана в виде столбика определенной высоты.

- диапазон показаний аналоговой шкалы = нажатием клавиш «◀» и «▶». При этом будет меняться значение размаха шкалы от 10 до 100 для виброскорости и от 100 до 1000 для виброперемещения.

Установки параметров по умолчанию: время усреднения 1 секунда, шкала максимальная 100 мм/с или 1000 мкм.

Все результаты измерений можно фиксировать в рабочем журнале. Форма журнала может быть произвольной и определяется самим пользователем. Важно только, чтобы в рабочем журнале содержалась не только чисто измерительная информация, но и разнообразная дополнительная информация, позволяющая, при необходимости, повторить измерения или напомнить какие-либо особенности их проведения. Рекомендуется, чтобы рабочий журнал содержал следующую информацию:

- дата, время и место;
- название, тип, заводской и инвентарный номер механизма;
- режим работы механизма;
- схема компоновки механизма, расположение и нумерация точек контроля;
- нормативные требования по виброактивности для данного механизма;
- результаты измерений по точкам контроля в табличном виде;
- собственные примечания по проведению измерений и вашей визуальной и слуховой оценке механизма, его фундамента, креплений и пр.

Оценка по результатам измерений технического состояния механизма проводится **ПО МАКСИМУМУ**, т.е. с нормативными требованиями сравнивается наибольшее из измеренных значений, независимо в какой точке и в каком направлении измерений оно получено. Это общий подход практически всех отечественных и зарубежных норм по виброактивности. Исключения из этого общего правила происходят только тогда, когда нечто иное оговорено в паспортных данных на сам механизм, что бывает редко и только для механизмов специального назначения.

При приобретении программного обеспечения ведения базы данных с работой по маршруту эта информация будет поддерживаться программой на персональном компьютере.

2.5.2 Определение типа и возможного источника вибрации

Для использования прибора в режиме «ДИАГНОСТИКА» необходимо выполнить следующее:

а) выбрать и подготовить точки измерения в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

б) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) перевести прибор в режим **ДИАГНОСТИКА** и выполнить измерения уровней вибрации.

По соотношению общего уровня вибрации и уровней вибрации на оборотной частоте и гармониках можно определить возможную причину повышенной вибрации.

Возможные причины повышенной вибрации механизмов и их диагностические признаки приведены в приложении.

2.5.3 Балансировка в собственных опорах

2.5.3.1 Автоматический режим

Как правило, балансировку можно провести в режиме автоматического ввода данных. Это возможно, когда механизм работает стабильно, и значения вибрации достаточно постоянны.

В этом случае необходимо выполнить следующее:

а) выполнить подготовительные работы в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

б) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) установить и настроить таходатчик. При этом зеленый светодиод на корпусе усилителя таходатчика должен гореть (наличие питания), а **красный светодиод**, при правильной установке метки и датчика, должен мигать или гореть постоянно. Убедиться по показаниям индикатора прибора в том, что обороты ротора соответствуют ожидаемым. Для этого используйте режим **ДИАГНОСТИКА** или пункт измерений в режиме **БАЛАНСИРОВКА**;

Если прибор показывает нулевые обороты, или его показания существенно отличаются от ожидаемых, красный светодиод не горит или горит хаотично, необходимо проверить установку таходатчика (варьировать расстояние фотоприемной головки от ротора). Если это не помогает, то остановить механизм и проверить состояние метки на роторе и установку таходатчика, чтобы они соответствовали требованиям, изложенным в Приложении 1 «Подготовительные работы».

г) перевести прибор в режим **БАЛАНСИРОВКА**.

- Установить желаемое количество точек контроля и плоскостей
- Перейти в пункт **НАЧАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ** и выполнить автоматический съем данных в соответствующей точке (клавиша «»).

д) по всем, выбранным для контроля точкам механизма, выполнить измерения амплитуд и фаз векторов вибрации.

Надежным показателем того, что механизм **может** быть отбалансирован, является повторяемость результатов измерений при нескольких пусках механизма. Обычно отличия по амплитуде не превышают 5-10% от измеренного первоначально значения, отличия по фазе лежат в пределах нескольких градусов. Если вы видите, что от пуска к пуску хотя бы один из параметров (амплитуда или фаза) существенно меняется - продолжать балансировку бесполезно. Необходимо остановить механизм и устранить причину нестабильности. Как правило, это бывает связано с двумя группами причин:

- повышенные люфты в подшипниковых узлах ротора;
- разболтанность крепления механизма или дефекты фундамента.

е) остановить механизм, установить в плоскости балансировки пробный груз (**Мпр., ф пр**). Угол установки пробного груза произволен, масса пробного груза ориентировочно может быть определена из следующего соотношения

$$P \times A$$

$$M_{\text{пр.}} = 804 \times \frac{}{R \times N}, \text{ грамм.} \quad (1)$$

где:

P - вес ротора, кг;

A - уровень вибрации в точке, выбранной для балансировки, мм/с;

R - радиус, на котором будут устанавливаться груза в балансировочной плоскости, см;

N - обороты ротора, об/м.

Расчет пробного груза можно производится согласно режима “РАСЧЕТЫ” → «ПРОБНЫЙ ГРУЗ»;

ж) включить механизм, убедиться в том, что он вышел на рабочие обороты и режим его работы стабилизировался. Выполнить измерения амплитуды и фазы вектора вибрации с установленным Вами пробным грузом по п. «ПРОБНЫЙ ГРУЗ».

При проведении измерений с пробным грузом важно, чтобы от внесения пробного груза изменилась относительно исходного состояния фаза вектора вибрации и не менее чем на 20-30 градусов, либо заметно изменился (уменьшился или увеличился) уровень вибрации. Если этого не произошло, это означает, что механизм “не чувствует” пробного груза, т.е. либо он установлен не в том месте, либо мала его масса. Обычно в таких случаях следует один -два раза переместить груз на 90 градусов, не меняя его величины и повторить измерения. Если это не дает желаемого результата, можно повторить эти же операции с грузом, увеличенным по массе процентов на 50. В любом случае, до тех пор, пока машина не “почувствует” пробный груз, двигаться дальше и делать балансировочный расчет бесполезно.

и) По результатам измерений в исходном состоянии и с пробным грузом выполните балансировочный расчет (п. «РЕЗУЛЬТАТЫ→РАСЧЕТ ГРУЗОВ». Остановите механизм, снимите с ротора пробный груз и установите расчетный уравновешивающий груз. Включите механизм, дождитесь выхода на рабочие обороты и стабилизации режима, измерьте получившиеся амплитуду и фазу вектора вибрации в точке контроля;

к) если достигнутый в результате балансировки уровень вибрации вас удовлетворяет, на этом балансировка заканчивается. Если уровень вибрации понизился, но еще недостаточно, то необходимо просто повторить балансировочный расчёт.

Для этого необходимо записать на бумаге результаты, полученные в п. «РАСЧЕТ ГРУЗОВ», и вручную ввести их в качестве данных с пробным грузом. Результаты в исходном изменять не следует. Повторите расчет по п. «РЕЗУЛЬТАТЫ→РАСЧЕТ ГРУЗОВ». Расчет покажет вам на сколько надо изменить величину и переместить груз, стоящий у вас сейчас на роторе, для того, чтобы еще понизить вибрации ротора. Как правило, одной/двух описанных итераций всегда оказывается достаточно, чтобы добиться необходимого результата по сбалансированности ротора;

л) после завершения балансировки необходимо проконтролировать уровни и фазы вибрации, получившиеся при этом на остальных контрольных точках механизма (если они были), которые не учитывались при проведении балансировки по точкам с максимальными уровнями вибрации, чтобы убедиться в том, что на них не произошло увеличения уровней до неприемлемых величин. Если это произошло, то необходимо выполнить балансировку с учетом и этих точек. На этом балансировка закончена.

ПРИМЕЧАНИЕ – удобно величину пробного груза принимать равной 100%, тогда уравновешивающий груз будет выражен в процентах от пробного груза. Фазу установки пробного груза можно принять за «0», тогда место установки уравновешивающего груза будет определяться от места установки пробного груза против направления вращения.

После завершения балансировки остановить механизм, снять с него датчики и кабели и обеспечить надежное закрепление балансировочного груза на роторе.

2.5.3.2 Ручной режим

При нестабильных показаниях вибрации возможен ручной режим работы. Для этого:

а) выполнить подготовительные работы в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

б) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) становить таходатчик как описано выше

г) перевести прибор в режим **БАЛАНСИРОВКА**.

- Установить требуемое количество точек контроля и плоскостей
- Перейти в пункт **НАЧАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ** и выполнить автоматический съем данных в соответствующей точке.

д) по всем, выбранным для контроля точкам механизма, выполнить измерения амплитуд и фаз векторов вибрации, результаты занести в рабочий журнал вместе с показаниями оборотов, на которых проводились измерения. Выбрать точки с наибольшими уровнями вибрации, все последующие измерения и балансировку можно выполнять по результатам измерений в этих точках;

Создайте таблицу балансировки. Для балансировки в одной точке и одной плоскости она может иметь вид

Исходные измерения		Пробный груз		Пробные измерения		Результаты	
Вибро-скорость V	Фаза, F	Масса, P	Угол установки, Ф	Вибро- скорость, V	Фаза, F	Масса груза, M	Угол установки, Ф

е) остановить механизм, дождаться полной остановки ротора (не применяя для торможения каких-либо подручных средств), опять запустить механизм, убедиться, что он вышел на те же рабочие обороты ($\pm 5...10$ об/м) и повторить измерения амплитуды и фазы в выбранных для балансировки точках контроля.

Повторить операции по пункту е) 2-3 раза, чтобы убедиться в воспроизводимости и повторяемости результатов измерения при независимых запусках ротора из произвольных угловых положений.

Полученные по нескольким пускам результаты измерения амплитуды и фазы усреднить. Это и будет исходным состоянием вектора вибрации (A, α) с неизвестным нам дисбалансом ротора, который и необходимо минимизировать в результате балансировки.

ж) остановить механизм, установить в плоскости балансировки пробный груз (**Mпр.**, ϕ пр). Угол установки пробного груза произведен, масса пробного груза приблизительно может быть вычислена по приведенной выше формуле.

з) включить механизм, убедиться в том, что он вышел на рабочие обороты и режим его работы стабилизировался. Выполнить измерения амплитуды и фазы вектора вибрации с установленным Вами пробным грузом. Теперь эти и, при необходимости, последующие измерения можно выполнять по одному пуску механизма. Полученные результаты (**B**, β) характеризуют вектор вибрации, получаемый при добавлении к исходному, неизвестному нам дисбалансу, определенно известного дисбаланса от пробного груза. Полученных данных достаточно для балансировочного расчета, т.е. определения необходимых величины и места установки (**Mур.**, ϕ ур.) уравновешивающего груза, минимизирующего исходный дисбаланс ротора;

При проведении измерений с пробным грузом важно, чтобы от внесения пробного груза изменилась относительно исходного состояния фаза вектора вибрации и не менее чем на 20-30 градусов, либо заметно изменился (уменьшился или увеличился) уровень вибрации. Если этого не произошло, это означает, что механизм "не чувствует" пробного груза, т.е. либо он установлен не в том месте, либо мала его масса. Обычно в таких случаях следует один-два раза переместить груз на 90 градусов, не меняя его величины и повторить измерения. Если это не дает желаемого результата, можно повторить эти же операции с грузом, увеличенным по массе процентов на 50. В любом случае, до тех пор, пока машина не "почувствует" пробный груз, двигаться дальше и делать балансировочный расчет бесполезно.

Заполните таблицу. Теперь она должна иметь вид

Исходные измерения		Пробный груз		Пробные измерения		Результаты	
Вибро- скорость V	Фаза, F	Масса, P	Угол установки, Ф	Вибро- скорость, V	Фаза, F	Масса груза, M	Угол установки, Ф
A	α	Mпр	ϕ пр	B	β	Mур	ϕ ур

и) По табличным данным выбрать нужное количество точек и плоскостей в пункте ПАРАМЕТРЫ. Внести вручную данные по пунктам НАЧ.ИЗМЕРЕНИЕ и ПРОБНЫЙ ПУСК (переход в режим ручного ввода с помощью кнопки «0»). По результатам измерений в исходном состоянии и с пробным грузом выполните балансировочный расчет (п. «РЕЗУЛЬТАТЫ→РАСЧЕТ ГРУЗОВ». Остановите механизм, снимите с ротора пробный груз и установите расчетный уравновешивающий груз. Включите механизм, дождитесь выхода на рабочие обороты и стабилизации режима, измерьте получившиеся амплитуду и фазу вектора вибрации в точке контроля;

к) если достигнутый в результате балансировки уровень вибрации вас удовлетворяет, на этом балансировка заканчивается. Если уровень вибрации понизился, но ещё недостаточно, то необходимо просто повторить балансировочный расчёт, но вводя в качестве данных с пробным грузом результаты, полученные при предыдущем расчете. Результаты в исходном состоянии вводятся те же самые, что и при первоначальном расчёте. Расчёт покажет вам на сколько надо изменить величину и переместить груз,

стоящий у вас сейчас на роторе, для того, чтобы ещё понизить вибрации ротора. Как правило, одной/двух описанных итераций всегда оказывается достаточно, чтобы добиться необходимого результата по сбалансированности ротора;

л) после завершения балансировки необходимо проконтролировать уровни и фазы вибрации, получившиеся при этом на остальных контрольных точках механизма (если они были), которые не учитывались при проведении балансировки по точкам с максимальными уровнями вибрации, чтобы убедиться в том, что на них не произошло увеличения уровней до неприемлемых величин. Если это произошло, то необходимо выполнить балансировку с учетом и этих точек. На этом балансировка закончена.

Следует отметить, что если Вы уверены в механизме, то проводить несколько пусков для проверки воспроизводимости результатов перед началом балансировки не обязательно

ПРИМЕЧАНИЕ – удобно величину пробного груза принимать равной 100%, тогда уравновешивающий груз будет выражен в процентах от пробного груза. Фазу установки пробного груза можно принять за «0», тогда место установки уравновешивающего груза будет определяться от места установки пробного груза против направления вращения.

После завершения балансировки остановить механизм, снять с него датчики и кабели и обеспечить надежное закрепление балансировочного груза на роторе.

2.5.4 Измерение частоты вращения вала

Частоту вращения вала можно измерять как в режиме «ДИАГНОСТИКА» - в оборотах/секунду, так и в пунктах измерений в режиме «БАЛАНСИРОВКА» - в оборотах/минуту.

Диапазон измерений **60-30000** об./м., индикация в **об/м**.

Вибродатчик при этом можно не подключать.

2.5.5 Сбор данных виброизмерений

2.5.5.1. Сбор данных по общему уровню вибрации (до 50 точек)

а) выполнить подготовительные работы в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

б) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) перевести прибор в режим **ВИБРОМЕТР**. Установить постоянную времени усреднения = 1 сек.

г) Нажать кнопку **“M”** и далее действовать согласно описанию режима **“ВИБРОМЕТР”** (п 2.2.2.1).

Закончить запоминание нажатием на кнопку **“↑”**

д) Передать данные в компьютер согласно п 2.2.7 (**Режим «Связь с ПК»**)

2.5.5.2 Сбор полных данных согласно заданному маршруту (до 200 точек)

а) Получить информацию о маршруте из компьютера согласно п.2.2.7(**Режим «Связь с ПК»**) и инструкций программы ведения базы данных;

б) выполнить подготовительные работы в соответствии с рекомендациями Приложения 1 «Подготовительные работы»;

в) включить прибор в режим **КОНТРОЛЬ** и убедиться в работоспособности прибора по соответствию показаний паспортным данным на прибор;

в) перевести прибор в режим **ДИАГНОСТИКА**.

г) Нажать кнопку **“M”** и далее действовать согласно описанию режима **“ДИАГНОСТИКА”**.

д) Выполнять пункты б)-г) до окончания маршрута

е) Закончить запоминание нажатием на кнопку **“↑”**

2.5.6 Специальные измерения

1/4 октавный анализ

В режиме « БАЛАНСИРОВКА » прибор позволяет выполнить анализ вибрации механизма в 1/4 октавных полосах частот в диапазоне от 10 до 500 Гц (600 – 30000 об/м). Для этого нужно:

- отключить разъем датчика оборотов, (поз.2 рисунок 2.1);
- нажать кнопку «**A**», при этом на индикаторе (рисунок 2.7) вместо значения оборотов появится курсор для ввода данных;
- набрать цифровыми клавишами нужную частоту (обороты/минуту);
- нажать кнопку «». Прибор начинает процесс измерения вибрации в 1/4 октавной полосе частот с заданной средней частотой.

В процессе набора значения частоты, возможно стирание неправильно введенных чисел нажатием кнопки «» - каждым нажатием кнопки стирается одно число перед курсором.

Для перехода к следующей фиксированной частоте анализа нужно нажать кнопку «**A**» и набрать на клавиатуре новое значение частоты. При последующем нажатии кнопки «**ПУСК**» прибор переходит в режим измерений.

Аналогичные работы можно проводить в режиме «ДИАГНОСТИКА», при этом вводиться должна частота (об/сек)

контроль качества центровки составных роторов

В режиме **БАЛАНСИРОВКА** или **ДИАГНОСТИКА** прибор может быть также использован для объективного контроля качества центровки составных роторов, что достигается просто сопоставлением результатов измерений при изменении направления ориентации датчика вибраций. Если уровни вибрации на частоте вращения ротора в осевом направлении соизмеримы или превышают уровни вибрации в радиальном направлении (вертикальном или поперечном), это означает, что необходимо как следует сцентровать линию вала.

2.6 Примечания по пользованию прибором

Прибор может работать в режимах **многократного** и **однократного** измерения. Режим многократного измерения - это штатный режим работы, в который он устанавливается при включении питания. Процесс измерения и возобновления показаний на индикаторе при этом происходит непрерывно с выбранной постоянной времени усреднения.

Режим однократного измерения - это экономичный режим использования, при котором энергопотребление прибора уменьшается в десятки раз, что может иметь значение при необходимости длительного использования прибора с питанием от аккумуляторов. Переход в этот режим осуществляется следующим образом: при измерениях (в режиме **ВИБРОМЕТР** или **БАЛАНСИРОВКА**) один раз нажмите кнопку «» - прибор выполнит один цикл измерений с установленной постоянной времени усреднения и переключится в состояние пониженного энергопотребления, сохраняя на индикаторе результаты измерений. В верхнем правом углу индикатора появится значок «><». Однократные измерения можно повторять неограниченное количество раз, нажимая кнопку . Для возврата в штатный режим многократных измерений нажмите кнопку «». Индикация режима измерения производится в правом нижнем углу экрана символом «» для циклического(непрерывного) режима, и символом «» для однократного.

При снижении напряжения аккумуляторных батарей до **3.75 В** в верхней строке индикатора появляется сообщение **"Battery <3.75"**. Если необходимо, измерения ещё некоторое время можно продолжать (нажмите любую клавишу, чтобы вернуться к режиму измерений), но при этом в средней части верхней строки индикатора будет индицироваться чёрный квадрат, напоминающий о том, что при первой возможности нужно подзарядить аккумуляторы, или перейти на питание от сетевого адаптера.

2.6.1 Правила обращения с никель-металл гидридными аккумуляторами.

Никель-металл-гидридные аккумуляторы являются емкими источниками энергии с многократной возможностью перезаряда

При правильном обращении они прослужат Вам долго и не будут создавать проблем.

1. Заряд аккумуляторов необходимо осуществлять только зарядными устройствами, входящими в комплект прибора, либо стандартизованными зарядными устройствами.
2. Рекомендуется заряжать аккумуляторы током 1/10 от его емкости. В случае использования зарядного устройства с другими номиналами тока заряда время заряда пропорционально пересчитывается. В случае большего тока заряда время уменьшается во столько же раз, во сколько ток заряда больше номинального и наоборот.
3. Соблюдайте время заряда . Перезаряд ведет к уменьшению количества циклов "заряд - разряд"

Мы можем поставить Вам интеллектуальные зарядные устройства для различных типов аккумуляторов по цене от 800 до 2500 рублей.

2.7. Меры безопасности

При работе с прибором необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

1. Обеспечить невозможность попадания датчиков и кабелей прибора, а также частей тела оператора в движущиеся конструкции механизма. Пример – при балансировке вентилятора на кондитерской фабрике частично снятый брезентовый рукав воздуховода засосало в вентилятор вместе с датчиком оборотов, что привело к его выходу из строя.
2. При работе с сетевым адаптером соблюдать меры предосторожности по работе с оборудованием, питающимся от сети 220В. Не допускать механических повреждений адаптера
3. В самом приборе и на его датчиках отсутствуют напряжения, представляющие угрозу для жизни оператора.

3 Приложения

3.1 Приложение 1. Подготовительные работы

3.1.1 Установка акселерометра

Место для установки акселерометра должно представлять собой ровную металлическую поверхность размером порядка 20×20 мм, защищенную от краски, грязи, ржавчины и пыли. Для достоверного и полностью корректного проведения виброизмерений в частотном диапазоне работы прибора (**10-1000 Гц**) наилучшим вариантом крепления датчика в точке контроля является магнитный прижим, входящий в комплект поставки прибора. Он обеспечивает нормированный прижим датчика к поверхности, достоверность и повторяемость результатов измерений.

В ряде случаев возможны другие способы крепления датчика – на шпильке или с помощью щупа.

Крепление на шпильке обеспечивает наилучшую повторяемость при установке датчика, однако оно менее удобно в эксплуатации (большие временные затраты на установку и съем датчика, вероятность повреждения кабеля датчика).

Крепление с помощью щупа используется в тех случаях, когда другие способы неприменимы

Важно: Целесообразно точки периодического контроля вибраций механизмов отмечать каким либо образом так как даже небольшое смещение датчика может изменить показания прибора.

3.1.1.1 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЩЕГО УРОВНЯ ВИБРАЦИИ

При использовании прибора в режиме **ВИБРОМЕТР**, т.е. для оценки общего технического состояния механизма на соответствие нормативным требованиям, точки контроля выбираются исходя из способа крепления механизма.

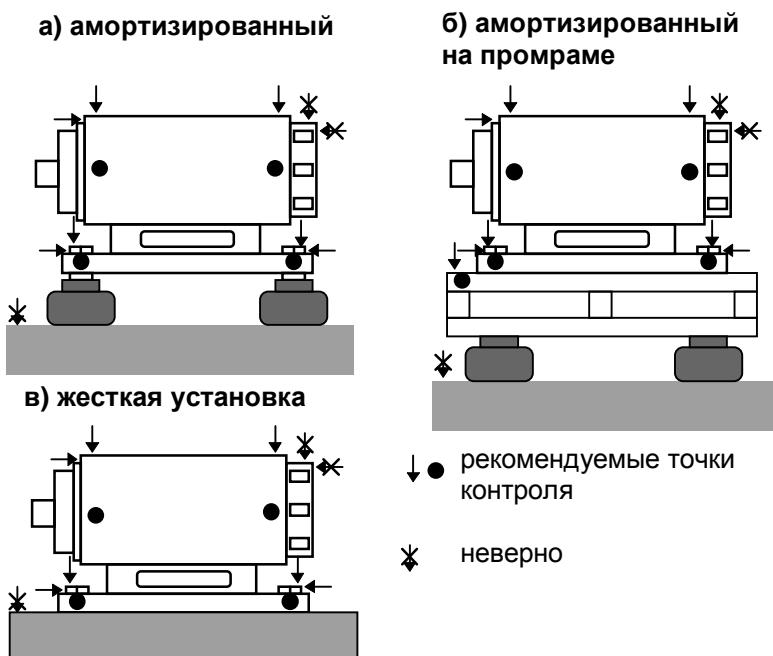


Рисунок 3.1 – Способы крепления механизмов и рекомендуемые точки контроля вибрации

a) Механизм установлен на амортизаторах

Точки контроля должны быть расположены на всех болтах крепления амортизаторов, со стороны механизма, т.е. над амортизацией, или на опорных поверхностях механизма рядом с этими болтами, если

на сами болты датчики установить невозможно. Если механизм имеет промежуточную раму, точки контроля должны быть расположены непосредственно у мест крепления механизма к промежуточной раме.

На механизмах, имеющих доступные для измерения подшипниковые узлы, рекомендуется выполнять измерения также и на них.

Ни в коем случае не следует для виброконтроля устанавливать датчики на различных вспомогательных, технологических узлах механизма: полочки, откосы, кожухи и пр., даже если уровни вибрации на них высокие - всё это не имеет никакого отношения к оценке реального состояния механизма.

В каждой точке контроля измерения необходимо выполнить в трех взаимно перпендикулярных направлениях: вертикальном, поперечном и осевом. Оценка технического состояния механизма дается по наибольшему уровню вибрации из всех измеренных. Сказанное пояснено на рисунке 3.1.

б) Механизм установлен жестко

В целом, для жестко установленных механизмов, правила выбора точек контроля совершенно аналогичны изложенным выше. Единственное отличие может заключаться в том, что, в зависимости от конкретной конструкции фундамента, иногда можно выполнять измерения в каждой точке не в трех направлениях, а ограничиться одним или двумя: в направлениях наименьшей жесткости фундамента. Если по конструкции фундамента видно, что его жесткость во всех трех направлениях примерно одинакова, измерения необходимо выполнять в полном объеме. Если очевидно, что жесткость фундамента может быть существенно различной по направлениям, можно ограничиться измерениями в направлениях наименьшей жесткости. Например, у мощных дымососов консольного типа из-за большого диаметра рабочего колеса часто приходится сооружать достаточно высокие фундаментные конструкции под электродвигатель и подшипниковый узел. Если, к тому же, эти конструкции не монолитного, а рамного типа, их жесткость в поперечном и осевом направлениях обычно значительно ниже жесткости в вертикальном направлении. Соответственно и уровни вибрации в этих направлениях могут быть выше, чем в вертикальном направлении. Наибольшее внимание в таких случаях надо, как правило, обращать на поперечное направление, поскольку здесь не только жесткость ниже, но и всегда существует внутренний источник динамических сил от врачающегося ротора (в отличие от осевого направления, где существенные динамические усилия возникают обычно только при плохой центровке линии вала, если он составной).

3.1.1.2. ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ И ДИАГНОСТИКИ

В этом случае точки контроля вибрации выбираются исходя из следующего:

а) в первую очередь необходимо контролировать уровни вибрации на подшипниковых узлах механизма, поскольку именно эти узлы в полной мере воспринимают динамические усилия от неуравновешенности ротора. Направления измерений (чаще всего) - вертикальное и поперечное, т.е. радиально оси вращения ротора. Саму балансировку целесообразно выполнять по результатам измерений в тех точках (и направлениях), где уровни вибрации максимальны;

б) для контроля качества балансировки перед проведением балансировки и после её окончания необходимо проконтролировать уровни вибрации также и в штатных точках виброконтроля в соответствии с рекомендациями, изложенными выше для режима **ВИБРОМЕТР**;

в) дополнительные точки контроля могут выбираться в зависимости от индивидуальных требований к конкретному механизму по его виброактивности.

Если уровни вибрации на частоте вращения ротора в осевом направлении соизмеримы или превышают уровни вибрации в радиальном направлении (вертикальном или поперечном), это означает, что в первую очередь необходимо как следует сцентровать линию вала, а уж затем решать вопрос о необходимости балансировки.

Во всех случаях выбранные места для точек измерения вибраций необходимо промаркировать для того, чтобы принятая один раз нумерация и расположение точек сохранились для последующих измерений. В противном случае наблюдения за изменениями вибрационного и технического состояния механизма в процессе его эксплуатации теряют смысл.

3.1.2 Установка таходатчика, угловая разметка ротора

Установка оптоэлектрического таходатчика

На открытом участке ротора, в месте, доступном для установки таходатчика, наклеить на ротор полоску световозвратной пленки (входит в комплект поставки) размером примерно **10x20** мм. или более.

Больший размер метки позволяет работать таходатчиком с большего расстояния (до 10 см.). Использование данной пленки позволяет снизить требования к подготовке поверхности ротора. Она может быть светлой или темной, иметь участки различной контрастности. Световозвращающая способность пленки фирмы 3M на несколько порядков превышает аналогичные характеристики любых других материалов.

Для определенности лучше угловое положение метки на роторе совместить с началом угловой разметки ротора, хотя это условие и не является обязательным при работе по описываемой здесь **Методике** (но при использовании других методик это может иметь значение).

Таходатчик необходимо закрепить с помощью магнитной стойки таким образом, чтобы его ось была направлена к оси вращения ротора и сам он был расположен, естественно, в плоскости метки, нанесенной на роторе. Угол между нормалью к поверхности ротора и осью датчика может варьироваться от 0 до 45 град. В условиях сильных внешних засветок путем изменения угла можно повысить помехоустойчивость датчика. Расстояние от торца датчика до вала в диапазоне 10 - 100мм.

При правильной установке датчика при прохождении метки на торце усилительного блока датчика загорается красный светодиод.

Установка токовихревого датчика.

Токовихревой датчик работает на значительно меньших расстояниях от поверхности вращающегося механизма чем оптоэлектронный, поэтому требования к его установке гораздо жестче. Конструкция крепления датчика должна обеспечивать установку расстояния между чувствительным элементом датчика и поверхностью от 10 до 1 мм. и не должна допускать изменение расстояния в процессе эксплуатации. Целесообразно в местах установки токовихревых датчиков установить стационарные приспособления для крепления. Габаритные размеры датчика приведены в документации на него.

На поверхности ротора должен быть проточен паз шириной 8 – 10 мм и глубиной 3 – 4 мм. Длина паза от 15 мм и больше. Контроль правильности установки осуществляется с помощью измерительных приборов, подключенных к датчику.

Угловое положение таходатчика, т.е. в каком месте по образующей ротора он будет установлен, никакого значения не имеет, это определяется только тем, где его удобнее расположить по условиям конструктивного исполнения механизма.

В том случае, если таходатчик используется не только для определения оборотов ротора (когда прибор используется просто как тахометр), а и для определения фазы (т.е. при балансировке), необходимо иметь в виду следующее. **Установленный один раз таходатчик нельзя трогать (перемещать) до полного окончания балансировки.** Если по какой-либо причине таходатчик в ходе выполнения балансировочных работ был сдвинут, лучше повторить все измерения сначала.

Угловая разметка ротора

Угловая разметка ротора по настоящей **Методике** должна быть выполнена при соблюдении только одного обязательного условия: **направление угловой разметки должно быть противоположным направлению вращения ротора.** Где расположить начало разметки - никакого значения не имеет. Как конкретно нанести разметку на ротор, тоже всегда может решить сам оператор, в зависимости от объекта балансировки: это может быть фактическая угловая разметка в градусах от **0 до 360**, это может быть просто последовательная нумерация лопастей (например, на вентиляторе), или отверстий на соединительной муфте ротора и т.д.

Все сказанное пояснено на рисунке 3.2.

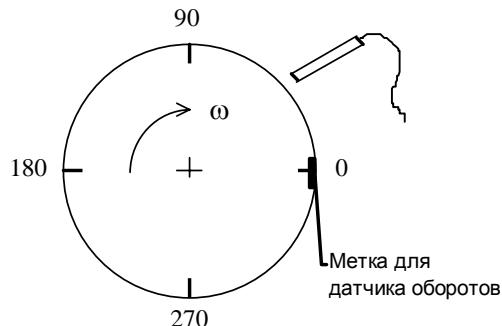


Рисунок 3.2 – Разметка балансировочной плоскости

3.1.3 Подготовка балансировочных грузов

На некоторых механизмах (мощные электродвигатели, насосы, турбоагрегаты и т.д.) имеются специальные балансировочные плоскости, конструктивно оборудованные для решения задач динамической балансировки. Как правило, такие механизмы поступают к потребителям с уже установленными грузами от заводской балансировки и имеют комплект грузов в ЗИПе для подбалансировки механизма в процессе эксплуатации. Тогда надо пользоваться этими грузами. Особенно важным бывает использование именно "фирменных" грузов в некоторых мощных электрических машинах, например, в турбогенераторах. Это вызвано тем, что здесь большое значение имеет не только форма и масса груза, но и материал, из которого он изготовлен: чтобы не создавать недопустимых электрохимических пар металлов груз/корпус механизма.

В большинстве же случаев необходимые грузы можно изготавливать самостоятельно в зависимости от конструкции балансировочной плоскости. Если в конструкции механизма не предусмотрено балансировочной плоскости, доступной для использования в процессе его эксплуатации, почти всегда имеется возможность выполнить ее, используя те или иные доступные части роторной системы механизма. Например, в роторных механизмах с составным валом практически всегда можно использовать для этого соединительные полумуфты. В насосах, дымососах и аналогичных механизмах, всегда можно найти способ установки грузов на лопастях или дисках рабочей турбины и т.д. В некоторых случаях используются специальные, так называемые технологические плоскости, которые крепятся на роторе для выполнения с их помощью балансировки, но затем снимаются, а на ротор крепится (например, приваривается) необходимый уравновешивающий груз. Технологическая плоскость потом используется для балансировки следующего аналогичного механизма. На рисунке 3.3 показаны несколько вариантов, наиболее часто применяемых на практике видов балансировочных грузов и способов их установки.

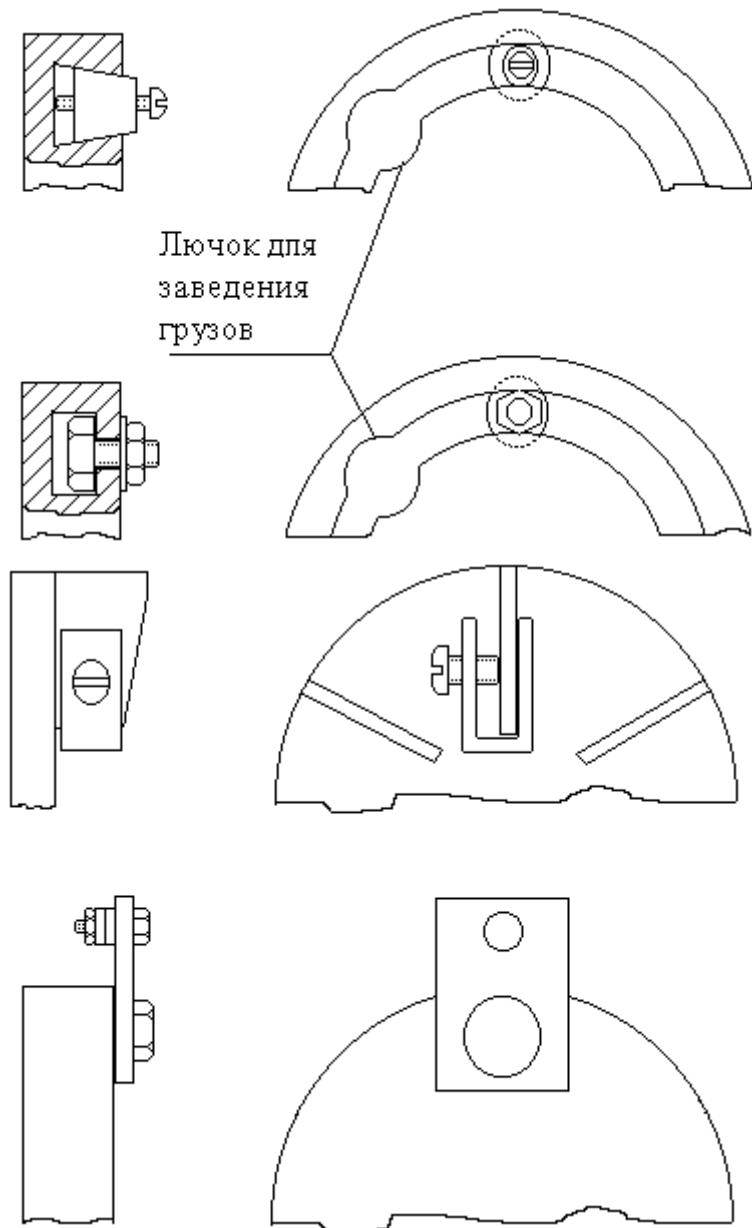


Рисунок 3.3 – Некоторые варианты конструкций балансировочных грузов

3.2 Приложение 2. НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.2.1 Стандарт ГОСТ- ISO-10816. Инструкция VDI-2056

Данные нормы дают рекомендации по оценке общего технического состояния и сбалансированности ротора для шести групп механизмов: 4 группы роторных механизмов и 2 группы механизмов возвратно-поступательного действия.

Нормируемый параметр для оценки общего состояния:

- общий уровень виброскорости в полосе 10-1000 Гц, СКЗ, мм/с.

Нормируемый параметр для оценки сбалансированности :

- уровень виброскорости на частоте вращения ротора, СКЗ, мм/с.

Таблица 3.1 – Уровни вибрации

Группа машин		Виброскорость, СКЗ, мм/с			
VDI	ISO	хорошо	приемлемо	ещё допустимо	недопустимо
K	1	< 0,7	0,7 ... 1,8	1,8 ... 4,5	> 4,5
M	2	< 1,1	1,1 ... 2,8	2,8 ... 7,1	> 7,1
G	3	< 1,8	1,8 ... 4,5	4,5 ... 11,0	> 11,0
T	4	< 2,8	2,8 ... 7,1	7,1 ... 18,0	> 18,0
D	5	< 4,5	4,5...11,0	11,0...28,0	> 28,0
S	6	< 7,1	7,1...18,0	18,0...45,0	> 45,0

K - Отдельные приводные механизмы, постоянно связанные с машиной в процессе эксплуатации, в частности, серийно изготавливаемые электродвигатели мощностью приблизительно 15 кВт.

M - Средние машины, в частности электродвигатели мощностью от 15 до 75 кВт, без отдельного фундамента, кроме того, постоянно установленные части приводных машин и механизмов (приблизительно до 300 кВт) на отдельных фундаментах и с только вращающимися деталями.

G - Крупные машины, мощные двигатели и рабочие машины с только вращающимися массами, жестко закреплённые на неподвижных или тяжелых фундаментах.

T - Мощные двигатели и машины с только вращающимися массами, например, турбоагрегаты, упруго установленные на фундаментах и особенно на фундаментах облегчённого типа.

D - Жестко закреплённые машины и приводные механизмы с неуравновешенными массами.

S - Упруго закреплённые машины и приводные механизмы с неуравновешенными массами, также машины с вращающимися, подвижно закреплёнными массами, как, например валы мельниц с билами, и машины с неуравновешенным, переменным дисбалансом, которые могут работать без закрепления на фундаменте, как, например, центрифуги, вибрационные сита, техническое вибрационное оборудование и т.д.

3.2.2 Стандарт ISO-2373, Норма DIN-45 665

Используются для измерения и оценки интенсивности колебаний вращающихся электрических машин типоразмеров от 80 до 400 мм. Дают предельно допустимые общие уровни по виброскорости в полосе частот 10-1000 Гц, СКЗ, мм/с. Оценка даётся по точке с наибольшим уровнем вибрации. Механизмы разделены на три группы: с нормальными требованиями (N), с ужесточёнными требованиями (R), со специальными требованиями (S).

Таблица 3.2- Уровни вибрации

Группа механизмов	Диапазон оборотов (об/м)	Предельные значения, мм/с для типоразмеров		
		80 ... 132	132 ... 225	225 ... 400
Норм.	600 ... 1800 1800 ... 3600	1,8	2,8	4,5
Ужесточ.	600 ... 1800 1800 ... 3600	0,71 1,12	1,12 1,8	1,8 2,8
Специальн.	600 ... 1800 1800 ... 3600	0,45 0,71	0,71 1,12	1,12 1,8

3.2.3 Нормы вибрации газоперекачивающих агрегатов

Распространяются на газоперекачивающие агрегаты (ГПА) производства Минэнергомаш с газотурбинным и электрическим приводом, а также на ГПА с приводом от конвертированных судов и авиационных двигателей.

Не распространяется на ГТН-25 и отечественные нагнетатели, оснащенные системой бесконтактного измерения относительных вибраций вала.

Нормируемый параметр: общий уровень виброскорости в полосе 10-1000 Гц, СКЗ, мм/с. Общая оценка агрегатов формируется по трём группам точек контроля:

- на корпусах подшипников (таблица 3.3)
- на корпусах статора (таблица 3.4)
- на маслопроводах обвязки ГПА (таблица 3.5)

Таблица 3.3 - Корпуса подшипников

Уровень вибрации, мм/с	Оценка состояния по классам ГПА			
	Класс 1 СТД-4000 СТМ-4000	Класс 2 Нагнетатели природного газа производст. Минэнмаш	Класс 3 ГТ-700-5 ГТК-5 ГТ-750-6 ГТ-6-750 ГТН-6 ГТК-10 СТД-12500	Класс 4 НЦ-196
1,2	ОТЛИЧНО	ДОПУСТ.	ОТЛИЧНО	ДОПУСТ.
1,8	ХОРОШО		ХОРОШО	
2,8				
4,5	ДОПУСТ.			
7,1	ТРЕБУЕТ ремонта	ТРЕБУЕТ ремонта	ДОПУСТ.	
11,2	НЕДОПУСТ	НЕДОПУСТ	ТРЕБУЕТ ремонта	
18			НЕДОПУСТ	ТРЕБУЕТ ремонта
28				НЕДОПУСТ

Таблица 3.4 - Корпуса статора

Уровень вибрации, мм/с	Оценка состояния по классам ГПА	
	Класс 5	Класс 6
	ГПА-10 "Волна"	ГПА-Ц-6,3 ГПА-Ц-16
20	ДОПУСТИМО	ДОПУСТИМО
30	ТРЕБУЕТ РЕМОНТА	
40	НЕДОПУСТИМО	
60		ТРЕБУЕТ РЕМОНТА
> 60		НЕДОПУСТИМО

Таблица 3.5 - Маслопроводы обвязки ГПА

Уровни вибрации, мм/с	Оценка состояния по классам ГПА	
	Класс 1	Класс 2
	СТД-4000 СТМ-4000	ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6, ГТ-6-750, ГТН-6, ГТК-10, СТД-12500
11,2	ДОПУСТИМО	ДОПУСТИМО
18	НЕДОПУСТИМО	
> 18		НЕДОПУСТИМО

3.3 Приложение 3 . Некоторые причины повышенной виброактивности механизмов

Методы вибродиагностики позволяют всесторонне оценивать и диагностировать техническое состояние различных механизмов практически по любому из его параметров, характеризующих как его текущее техническое состояние, так и остаточный ресурс. Необходимо только соответствующее техническое и методическое оснащение. Естественно, что чем сложнее механизм, тем выше требования к необходимым техническим средствам и квалификации персонала, выполняющего эти работы. Однако, достаточно широкий круг задач диагностики наиболее часто встречающихся дефектов роторных механизмов может быть выполнен с использованием относительно простых технических средств, предназначенных для эксплуатации персоналом, обслуживающим механизмы. К такому классу аппаратуры относится и прибор **ВТБ2-М**.

В таблице 3.6 представлены некоторые рекомендации по диагностике роторных механизмов с использованием прибора **ВТБ2-М**.

Таблица 3.6 – Некоторые рекомендации по диагностике роторных механизмов

Вероятная причина возникновения колебаний	Характерные особенности колебаний			Рекомендации по устранению
	Частота колебаний, f	Амплитуда колебаний	Примечание	
Дисбаланс ротора	f ротора	Как правило, постоянная и воспроизводимая амплитуда. Наибольшее значение в радиальном направлении	Одна из наиболее часто встречающихся причин	Балансировка ротора
Неправильный монтаж (плохая центровка, зазоры и удары во фланцевых соединениях)	f ротора	Наряду с радиальными, в большинстве случаев возникают значительные колебания в осевом направлении.	Надёжным признаком являются хорошо заметные колебания в осевом направлении, а также изменения дисбаланса в зависимости от нагрузки и частоты вращения	Выполнить центровку валов, проверить радиальное и осевое биение.
Дефекты в подшипнике качения	Различные частоты в зависимости от размеров и оборотов подшипника	Непостоянные и часто не воспроизводимые показания	Наибольшая амплитуда вблизи дефектного подшипника	Заменить подшипник
Некруглость посадочного места подшипника, перекос подшипника	2f ротора 3f ротора и выше	Значительные радиальные колебания с постоянной амплитудой	Овальность цапфы вызывает, например, колебания с частотой 2f ротора	Дополнительная механическая обработка, перемонтаж подшипника
Чрезмерный зазор в подш. качения, проворот внутреннего кольца	f ротора	Различные значения при каждом пуске		Заменить подшипник
Соседние механизмы	f роторов соседних машин	Уровни зависят от установки механизмов. При синхронно работающих механизмах могут возникать пульсации	Часто возникают при установке механизмов на стальных фундаментах или на облегчённых фундаментах.	УстраниТЬ вибрации соседних механизмов. Применить виброизоляцию механизмов

Таблица 3.7 Наиболее вероятные причины колебаний валов в подшипниках скольжения

Причины колебаний валов	Изменение максимального уровня колебаний во времени	Зависимость максимального уровня колебаний	Характерные частоты в спектре колебаний	Форма кинетической характеристики	Форма колебаний во времени	Устранение
Постоянный дисбаланс	Постоянная	Зависимость от числа оборотов	Частота вращения	Прямая	Синус	Балансировка
Термический дисбаланс	Изменяется в зависимости от изменения эксплуатационного состояния /напр. после разгона/, часто достижение установленного значения	Зависимость от мощности и изменения мощности	Частота вращения	Эллипса со специальными формами круг и прямая	Синус	
Дисбаланс вследствие коррозии, эрозии или загрязнения	Медленно изменяется в более длительных интервалах	Зависимость от числа оборотов	Частота вращения	Эллипса со специальными формами круг и прямая	Синус	Замена ротора
Дисбаланс вследствие излома частей ротора (напр. лопаток)	Внезапное нарастание или падение	Зависимость от числа оборотов	Частота вращения	Эллипса со специальными формами круг и прямая	Синус	Замена ротора
Самовозбужденные колебания, напр., из-за эласт. гистерезиса, возбуждение зазором или нестабильность подшипника	Как правило сильно меняется	Зависимость от числа оборотов, мощности /особенно при возбуждении зазором/, от температуры масла подшипника (только при нестабильности подшипника)	Часто частота по порядку равняется низкой соб. частоте изгиба вала с учетом подшипника	Нерегулярная, редко замкнутая кривая	Часто похоже на синус и меняющиеся	Изменение характ. величины подшипника
Вынужденные явления (напр. неправ. выверка или закл. сцепл.) и свободн. вкладыш подшипника	Постоянная	Зависимость от числа оборотов и мощности	Частота вращения и ее гармоники (особенно двукратная)	Часто замкнутая кривая различной формы (напр. октаэдр)	Как правило в общем периодическое изображение	Выверка
Дефект коробки передач	Постоянная	Зависимость от числа оборотов и мощности	Спец. частота коробки передач, одновр. частота вращения ст. привода и выхода	Нерегулярная, в большинстве случаев не замкнутая кривая	Обычно периодическое изобр. часто не синус	Контролировать коробку передач

Продолжение таблицы на следующей странице

Причины колебаний валов	Изменение максимального уровня колебаний во времени	Зависимость максимального уровня колебаний	Характерные частоты в спектре колебаний	Форма кинетической характеристики	Форма колебаний во времени	Устранение
Электр.или магн.помехи электро двигателей и генераторов	Постоянная или иногда с периодическими колебаниями	Как правило, зависимость от мощности	Частота вр част.сети, двойная ч. сети, част скольжения двойная ч. скольжения как част. модуляции	Часто эллипса	Синус или похоже на синус, иногда с амплитудной демодуляцией	Устранение в большинстве случаев невозможно
Изменение дисбаланса из-за межвиткового замыкания полюсов или двойного замыкания на землю	Внезапное нарастание или падение	Зависимость от числа оборотов	Частота вращения	Круг, эллипс	Синус	Устранение электрической неисправности
Изменение геометрии подшипника, напр. изменение зазоров нескольких сегментов подшипников	Меняющаяся до постоянной	Зависимость от числа оборотов и мощности	Частота вращения и ее гармоники (особенно. вторая)	Эллипс или круг с выпучинами	Синус с сильными помехами	Замена подшипников
Изменение гидр. радиальных сил (загр. материал в крыльчатке, разн. полож. крыльчатки)	Постоянная	Зависимость от мощности и изменения мощности	Частота вращения	Эллипс, круг	Синус	Контролировать ротор, удалять загр. материал, исправлять полож. крыльчатки.
Слишком большой зазор подшипника (геометрия подшипника)	Постоянная или нерегулярная, отчасти стохастическая	Зависимость от числа оборотов, мощности и температуры подшипника	Частота вращения или стахостически	Эллипс, круг, или прямая Не всегда замкнутая, иногда нерегулярная форма.	Синус или с сильными нарушениями	Изменять зазор подшипника.

3.4 Приложение 4. Методические основы балансировки.

3.4.1 Общие положения

Оценка технического состояния любого роторного механизма в первую очередь заключается в определении динамической сбалансированности ротора на его рабочих оборотах или в диапазоне рабочих оборотов. Задача является главнейшей и первоочередной, т.к. динамические силы от дисбаланса являются одними из самых низкочастотных возмущающих сил в механизме и, значит, весьма опасными с точки зрения механической прочности конструктивных элементов механизма и, в первую очередь, прочности подшипников ротора. Таким образом, основа динамической балансировки роторного механизма - это снижение вибраций, контролируемых в точках на подшипниках, на частоте вращения с точки зрения достижения известных (расчетных или нормируемых) допустимых уровней вибрации подшипника из соображений обеспечения его механической прочности.

Причины возникновения дисбаланса могут быть самыми разнообразными в зависимости от типа механизма, особенностей его конструкции и режимов эксплуатации. Ниже приведены некоторые из них:

- некачественная балансировка при изготовлении;
- погиб ротора вследствие нештатного запуска машины из холодного состояния. Связан с тепловыми деформациями ротора при его прогреве, характерен для массивных роторов турбомашин;
- прогиб ротора вследствие неправильной остановки хорошо прогретого ротора - вал оставляют без медленного проворачивания и он прогибается за счет тепловых деформаций, характерно для массивных роторов турбомашин;
- обрыв лопастей, бандажа, других элементов лопастного аппарата;
- неравномерная коррозия лопастей, погибы и поломки вследствие попадания посторонних предметов в проточную часть;
- излом и/или несоосность линии вала составного ротора при заводской сборке или ремонте;
- засорение каналов водяного охлаждения в роторах мощных электрогенераторов и т.д.

Таким образом, под небалансом нужно понимать целую совокупность возможных явлений в роторном механизме. Общим для всех этих дефектов является то, что все они приводят к возрастанию уровней вибрации на частоте вращения ротора. Не все такие дефекты могут быть скорректированы динамической балансировкой. Например, тепловой прогиб массивного ротора, остановленного без проворачивания, конечно, никакой балансировкой не устранишь. Однако в большинстве практических случаев, возникающих при эксплуатации роторных механизмов, динамическая балансировка является самым эффективным средством снижения уровней вибрации на частоте вращения, а часто это означает снижение общих уровней вибрации механизма.

3.4.2 Типы роторов

С точки зрения практического выполнения работ по балансировке, в первом приближении можно выделить два типа роторов: дорезонансные, т.е. вращающиеся на частоте ниже собственной частоты ротора и зарезонансные, т.е. вращающиеся на частоте выше резонансной.

Подобное разделение связано с тем, что имеется физическая связь между максимумом амплитуды колебаний и тяжёлым местом ротора и её характер зависит от типа ротора:

- дорезонансные роторы вращаются вокруг оси, задаваемой конструкцией, т.е. вокруг геометрической оси симметрии и вызываемые дисбалансом перемещения ротора находятся в фазе с возмущающей силой;
- зарезонансные роторы вращаются вокруг своего центра тяжести и их перемещения от дисбаланса находятся в противофазе с возмущающей силой.

Это два экстремальных, идеализированных случая, которые с достаточной степенью приближения могут быть реализованы только на специальных балансировочных станках, поэтому там возможно определение дисбаланса по одному пуску, без предварительных контрольных пусков с пробными грузами.

На практике, когда стоит задача балансировки ротора в сборе, в составе действующего механизма, сдвиг фаз между направлением перемещения ротора и вызывающей эти перемещения динамической силой, может быть любым от 0 до 360 градусов. Это связано с тем, что помимо типа ротора на его поведение в динамике оказывают влияние ещё множество факторов, не поддающихся предварительному и точному учёту. Но оказывается, что этого и не требуется. Из сказанного следует только один обязательный вывод:

Для балансировки роторов в составе механизмов необходимо использовать технические средства, обеспечивающие измерение и амплитуд и фаз векторов вибрации во всём рабочем диапазоне оборотов, во всём диапазоне углов от 0 до 360 градусов.

3.4.3 Статическая и динамическая балансировка

Ротор считается отбалансированным, когда его центральная ось инерции масс совпадает с осью вращения. Во всех остальных случаях его динамическое равновесие нарушено, и ротор имеет дисбаланс.

В зависимости от расположения дисбаланса по длине ротора, на жёстком роторе различают два вида дисбаланса:

- **Статический дисбаланс** (или отклонение центра тяжести от геометрической оси ротора). Подобный дисбаланс вызывает параллельное смещение центральной главной оси инерции по отношению к оси ротора. Это же расстояние соответствует и смещению центра тяжести ротора. Определить и устраниить статический дисбаланс достаточно просто, правда, для этого ротор необходимо вынуть из механизма и горизонтально опереть на параллельные призмы. Методом переката легко определяется и устраняется тяжелое место на роторе. Данная операция является необходимой при изготовлении почти любого роторного механизма, но в большинстве случаев она не даёт полной гарантии того, что не возникнет проблем при работе этого ротора в составе механизма (исключение могут составлять только механизмы с узкими дисковыми роторами, например, типа заточных кругов). Дело в том, что для статической балансировки не имеет значения в каком месте по длине ротора фактически находится тяжелое место и в каком месте по длине ротора оно компенсируется, важно только чтобы неуравновешенная и компенсирующая массы были одинаковы и располагались под углом 180 градусов. На практике же это происходит таким образом, что тяжелое место и компенсирующая его масса практически всегда будут расположены в различных радиальных сечениях ротора, что при его вращении приводит к появлению моментных динамических усилий относительно опор ротора - появляются повышенные вибрации на частоте вращения, хотя ротор был идеально уравновешен статически.

- **Дисбаланс моментов** (или прецессия). При этом центральная главная ось инерции находится под некоторым углом к геометрической оси ротора и пересекает эту ось в центре тяжести ротора.

Статический дисбаланс и дисбаланс моментов - это два предельных и, соответственно, идеализированных случая. На практике всегда присутствует и то и другое: не бывает идеально статически уравновешенных роторов и главная ось инерции всегда имеет отклонения от центра тяжести - это и называется **динамическим дисбалансом**. Отсюда следует и главный вывод: наилучших результатов по сбалансированности ротора можно добиться только динамической балансировкой ротора в собственных опорах, в составе конкретного механизма. Пояснения к сказанному даны на рисунке 3.4.

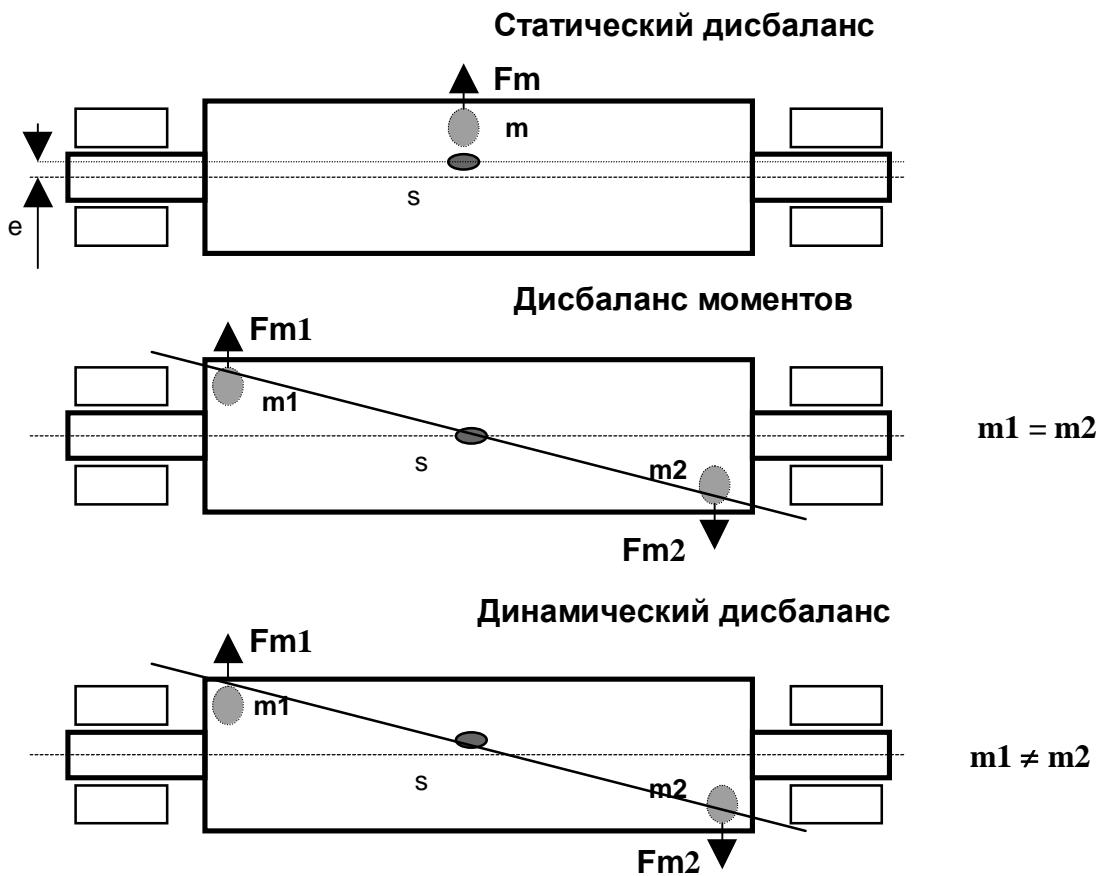


Рисунок 3.4 – Виды дисбалансов

3.4.4 Принципы динамической балансировки

Физический смысл операций, положенных в основу динамической балансировки проще и нагляднее всего пояснить с помощью векторных построений. Такую возможность предоставляет тот факт, что дисбаланс может быть охарактеризован уровнем вибрации на частоте вращения ротора, т.е. уровнем на

дискретной частоте. А вибрация на конкретной частоте есть величина векторная, т.е. ее полное описание включает в себя не только величину, но и направление вибрации или ее фазу (в отличие от, например, общего уровня вибрации в широкой полосе частот, который является энергетической характеристикой вибрационного процесса и является величиной чисто скалярной).

В общем виде задачу балансировки можно сформулировать следующим образом:

- дан вращающийся ротор, имеющий динамически неуравновешенные массы. Расположение этих масс и их величины неизвестны, доступно только измерение вектора вибрации (величины и фазы) от суммарного дисбаланса всех неуравновешенных масс. Имеется возможность устанавливать на ротор известные массы в любом угловом положении по окружности ротора. Место установки масс называется плоскостью балансировки. Обычно по длине ротора располагается одна такая плоскость, реже две плоскости. Но в отдельных случаях, на длинных составных роторах мощных энергетических машин таких плоскостей может быть до 8-10;
- в результате балансировки необходимо определить величину и угловое положение массы, которая минимизирует суммарный динамический дисбаланс ротора. Критерием достижения цели является минимизация, т.е. снижение до определенной, заранее заданной величины, уровней вибрации на частоте вращения в контролируемых точках механизма.

Для упрощения пояснения принципа балансировки положим, что минимизировать нужно вибрации в одной точке контроля и на роторе есть только одна балансировочная плоскость. Воспользуемся векторным построением, показанным на рисунке 3.5, при этом необходимо обратить внимание на следующее:

- угловая разметка ротора выполнена против направления вращения ротора;
- все построения делаются в абсолютных единицах измерения вибрации, тип измеренной величины значения не имеет:

$$\begin{aligned} &= \text{ускорение} - \text{м/с}^2 \\ &= \text{скорость} - \text{мм/с}; \\ &= \text{перемещение} - \text{мкм} \end{aligned}$$

Шаги векторного построения:

- построить на круге вектор $A(Y_a)$ - вектор вибрации в исходном состоянии ротора, т.е. с неизвестными нам неуравновешенными массами;
- установить в любом угловом положении пробную массу $M_{\text{пр.}}$, измерить и построить на круге получившийся при этом вектор вибрации $B(Y_b)$ - он уже характеризует суммарное влияние на вибрацию неизвестного нам исходного дисбаланса плюс известного нам внесенного небаланса от $M_{\text{пр.}}$;
- из конца вектора "A" к концу вектора "B" построим вектор "C".

Из векторного построения следует, что вектор "C" есть разность между векторами "B" и "A": $C = B - A$. Таким образом, вектор "C" в чистом виде характеризует ту вибрацию, которая возникает только от установки пробной массы $M_{\text{пр.}}$. В результате векторного построения становится известным влияние пробной массы $M_{\text{пр.}}$ на вибрацию ротора - это влияние характеризуется вектором "C".

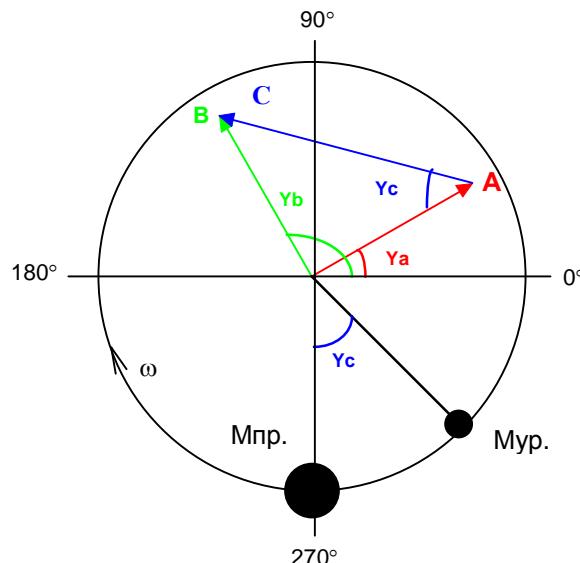


Рисунок 3.5 – Векторное построение

Тогда цель балансировки (полная компенсация вектора "A" исходного дисбаланса) будет достигнута, если удастся определить величину и положение уравновешивающей массы, при которой вектор "C" будет равен вектору "A" по величине и противоположен по направлению. Из векторного построения следует, что цель будет достигнута, если:

- пробную массу сместить по направлению разметки ротора на угол "Yc" (т.е. в ту же сторону и на тот же угол, на который надо повернуть вектор "C" для его совмещения с вектором "A");

- изменить пробную массу в соотношении:

$$M_{\text{пр.}} = M_{\text{пр.}} \times \frac{A}{C}$$

Примечание: Если направление вращения ротора и направление угловой разметки на роторе совпадают, то уравновешивающая масса должна смещаться относительно углового положения пробной массы на угол Υ_C , но в сторону, противоположную направлению вращения вектора "С" для его совпадения с вектором "А". Поэтому, во избежание возможной путаницы, лучше всегда делать угловую разметку на роторе в направлении, противоположном направлению вращения ротора.

Таким образом, для динамического уравновешивания ротора необходимо два раза измерить векторы вибрации:

- при исходном, неизвестном нам дисбалансе - вектор "А";
- при добавлении к исходному дисбалансу известного нам дисбаланса от Мпр. - вектор "В".

По этим данным, как описано выше, легко решается задача динамической балансировки ротора.

Для решения задачи балансировки не обязательно прибегать к векторным построениям. Результаты измерений можно записать в виде системы линейных уравнений в проекциях на ортогональные оси. Решение системы уравнений также как и векторное построение дает однозначный результат.

Векторное же построение является очень наглядным для пояснения принципа балансировки и используется для практического решения задач балансировки при небольшом количестве точек контроля. Очевидно, что при увеличении количества точек контроля и количества балансировочных плоскостей, практическое решение задачи векторным построением становится слишком громоздким и сложным, вследствие взаимного влияния балансировочных плоскостей на векторы вибрации в одной и той же точке. В этом случае точное и быстрое решение задачи возможно уже только при использовании вычислительной техники и специализированного программного обеспечения. Однако, как бы ни усложнялся алгоритм решения задачи, основной принцип балансировки, изложенный выше, сохраняется.

3.4.5 Основные допущения

В настоящее время разработано множество разнообразных методик динамической балансировки. Принцип их в общем одинаков и изложен выше. Различие в основном состоит в учете конкретных особенностей объектов балансировки, конкретных технических средств виброизмерений и наличия вычислительной техники. Часто различие методик определяется выбором критерия, по которому оцениваются результаты балансировки:

- минимизация СКЗ остаточных уровней вибрации;
- минимизация средних остаточных уровней вибрации;
- минимизация наибольшего из уровней вибрации по точкам контроля и т.д.

Однако, во всех случаях, любая методика балансировки основывается на одном допущении, принятие которого позволяет как разрабатывать теоретические аспекты задачи, так и дает возможность практически осуществлять балансировку в общем любых роторных механизмов.

Суть допущения - в предположении линейности колебательной системы относительно воздействия на нее корректирующих масс. Применительно к балансировке это положение может быть сформулировано следующими двумя постулатами:

- приращения амплитуд вибрации на частоте вращения ротора пропорциональны приращениям дисбалансов, а при неизменном радиусе установки грузов и вносимым корректирующим массам;
- фазовые углы между силами дисбалансов в балансировочных плоскостях и соответствующими векторами вибрации в точках контроля неизменны при постоянных оборотах.

Пояснения постулатов даны на векторных диаграммах на рисунке 3.6:

- первый постулат означает, что если разные пробные грузы устанавливаются в одном и том же положении, то вектор "С" пропорционально меняется по величине не изменяя своего углового положения;
- второй постулат означает, что если один и тот же груз перемещать по балансировочной плоскости, то вектор "С", не меняя своей величины, будет на тот же угол поворачиваться вокруг своего начала.

Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев допущения о линейности колебательной системы относительно воздействия на нее корректирующих масс достаточно точно описывает свойства колебательных систем роторных механизмов.

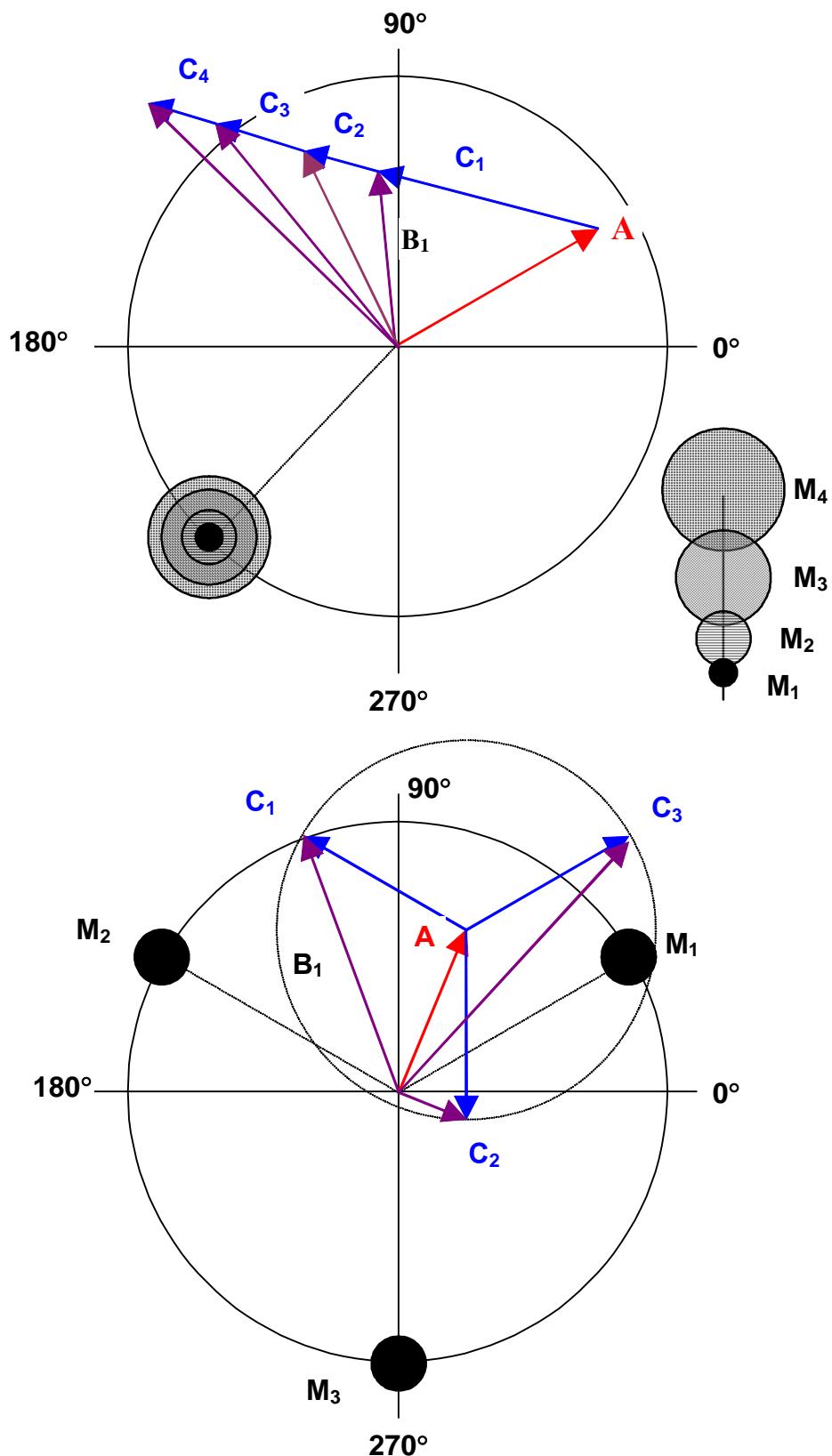


Рисунок 3.6 – Пояснения о линейности системы

3.4.6 Исходные данные для балансировки

Выбор пробного груза

Величина рекомендуемого пробного груза ориентировочно определяется следующим соотношением:

$$M_{пр.} = \frac{804 \times A}{R \times N}, \text{ грамм.}$$

где:

P - вес ротора, кг;

A - уровень вибрации в точке, выбранной для балансировки, мм/с;

R - радиус, на котором будут устанавливаться груза в балансировочной плоскости, см;

N - обороты ротора, об/м.

Соотношение является эмпирическим и в первую очередь гарантирует от установки недопустимого дисбаланса с точки зрения прочности подшипников.

Положение установки пробного груза произвольно, т.е. сначала его можно поставить в любом удобном месте на балансировочной плоскости. После пуска ротора с пробным грузом измеряется вектор вибрации "B" (смотри рисунок 3.5) и принимается решение о том удачно или нет установлен пробный груз. При этом из графического построения видно, что решающее значение имеет изменение фазы вибрации от установки $M_{пр.}$, т.е. для того, чтобы получить корректные данные для балансировочного расчета, необходимо в первую очередь, чтобы вектор "B" сместился относительно вектора "A" по угловому положению не менее чем на 20 - 30 градусов. При этом по величине он может оставаться неизменным. Если этого не произошло, значит, положение или вес пробного груза выбраны неудачно. В этом случае надо переместить груз на 90 градусов и повторить измерения. Иногда это приходится проделывать несколько раз. И это необходимо делать, поскольку правильно выбранный пробный груз и корректные исходные данные гарантируют качество и быстроту выполнения балансировки. Попытки быстрее провести балансировочный расчет с исходными данными, где отличия между векторами "A" и "B" находятся в пределах аппаратурной точности измерения параметров, в конце концов, приведут только к бесполезной трате времени, которое с пользой можно было бы потратить на выбор удачного пробного груза. В тех случаях, когда приходится заниматься балансировкой большого количества однотипных механизмов, оптимальный пробный груз всегда может быть определен статистически.

Амплитудно-фазовые измерения

В классических методах балансировки, как показано на рисунке 3.5, необходимо измерять векторы вибрации "A" и "B", т.е. определять уровни и фазы вибрации на частоте вращения.

Уровень вибрации обычно измеряется в достаточно узкой полосе частот в районе частоты вращения ротора. Стремиться к измерениям в как можно более узкой полосе не следует, поскольку это может только осложнить измерения и привести к непредвиденным ошибкам. Выбор полосы анализа должен производиться исходя из следующих соображений:

- преобладающей по уровню в полосе анализа должна быть вибрация на частоте вращения ротора;
- полоса анализа должна перекрывать возможную нестабильность поддержания оборотов;
- чем уже полоса анализа, тем круче фазовая характеристика фильтра и, соответственно, небольшие изменения оборотов ротора могут привести к существенным фазовым изменениям, внесенным чисто аппаратурным путем и никак не связанным с самим вибрационным процессом.

При проведении фазовых измерений для балансировочных расчетов необходимо иметь в виду следующее. Как видно из принципа балансировки, показанного на рисунке 3.5, абсолютные фазовые углы значения не имеют, важно для балансировки только взаимное фазовое положение векторов вибрации и пробных масс. Очевидно, что смещение начала отсчета фазы в любом направлении, никак не скажется на конечном результате. Поэтому начало отсчета фазы вибрации может быть любым, удобным пользователю.

Это может быть момент, определяемый импульсом с датчика оборотов (например, один импульс на оборот вала). Это может быть метка на любом месте статора при стробоскопическом отсчете фазовых углов. Могут быть и другие варианты в зависимости от технических возможностей пользователя и конструктивных особенностей роторного механизма.

3.4.7 Одноплоскостная балансировка

Существует два подхода к балансировке механизмов, имеющих несколько балансировочных плоскостей. Первый подход заключается в том, что каждой балансировочной плоскостью занимаются отдельно. Сначала добиваются минимальных уровней грузами первой балансировочной плоскости, фиксируют эти грузы и больше их не трогают. Если требуемые уровни вибрации еще не достигнуты, то

полученное вибрационное состояние принимается за исходное и минимизируются уровни вибрации грузами во второй плоскости. И так далее последовательно для всех плоскостей, или пока не будет достигнут требуемый результат. Второй подход заключается в том, что последовательно производятся пуски механизма с пробными грузами в каждой плоскости, а затем за один раз рассчитывается система уравновешивающих масс сразу для всех плоскостей. Как первый, так и второй путь теоретически приводят к одним и тем же остаточным уровням вибрации. Различие в том, что первый путь проще в исполнении, но приводит к установке на ротор лишних масс. Второй путь сложнее, но позволяет установить оптимальную систему уравновешивающих масс, т.е. минимально компенсирующих влияние друг друга на уровни вибрации в одной и той же точке контроля.

Таким образом, одноплоскостная балансировка может выполняться в двух случаях:

- если на механизме физически только одна балансировочная плоскость;
- если на механизме несколько плоскостей, но для балансировки принят метод последовательного обхода плоскостей.

Структурная схема алгоритма проведения измерений и расчетов при одноплоскостной балансировке представлена на рисунке 3.7.

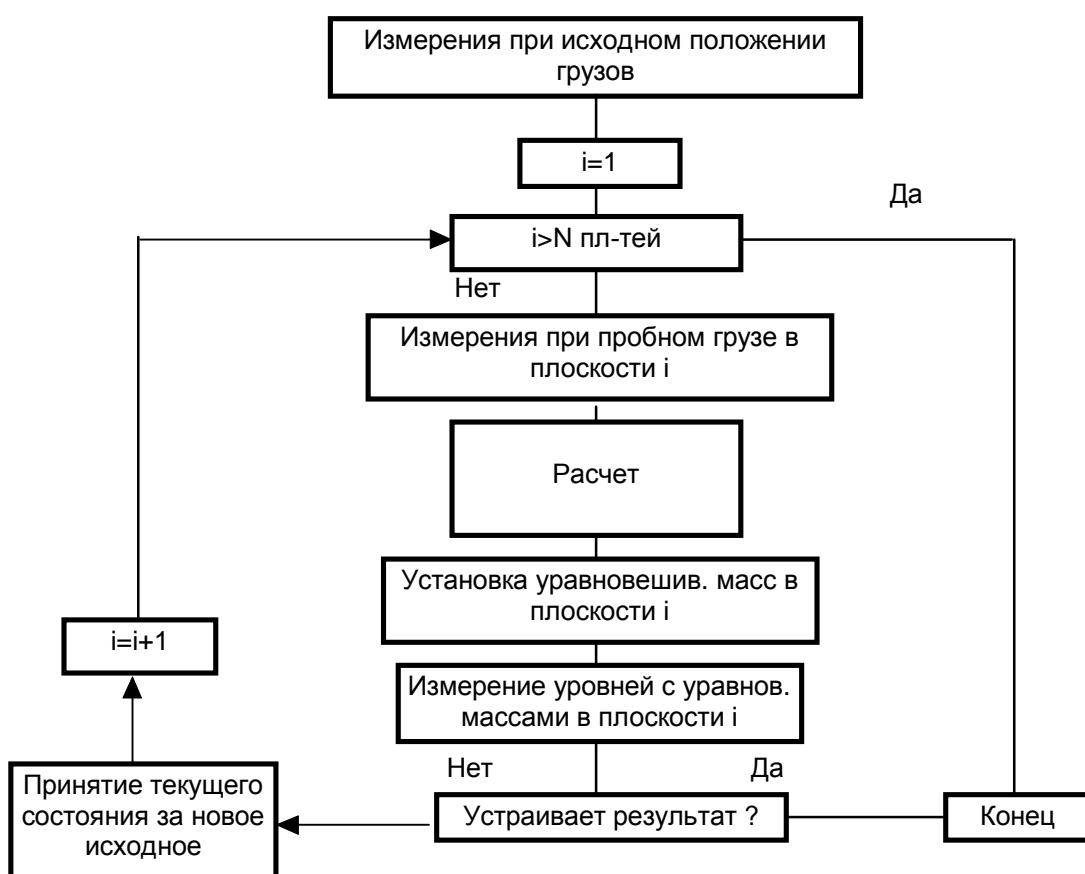


Рисунок 3.7 – Структурная схема алгоритма проведения одноплоскостной балансировки

3.4.8 Многоплоскостная балансировка

Последовательность операций при многоплоскостной балансировке показана на рисунке 3.8 и не требует теперь дополнительных пояснений.

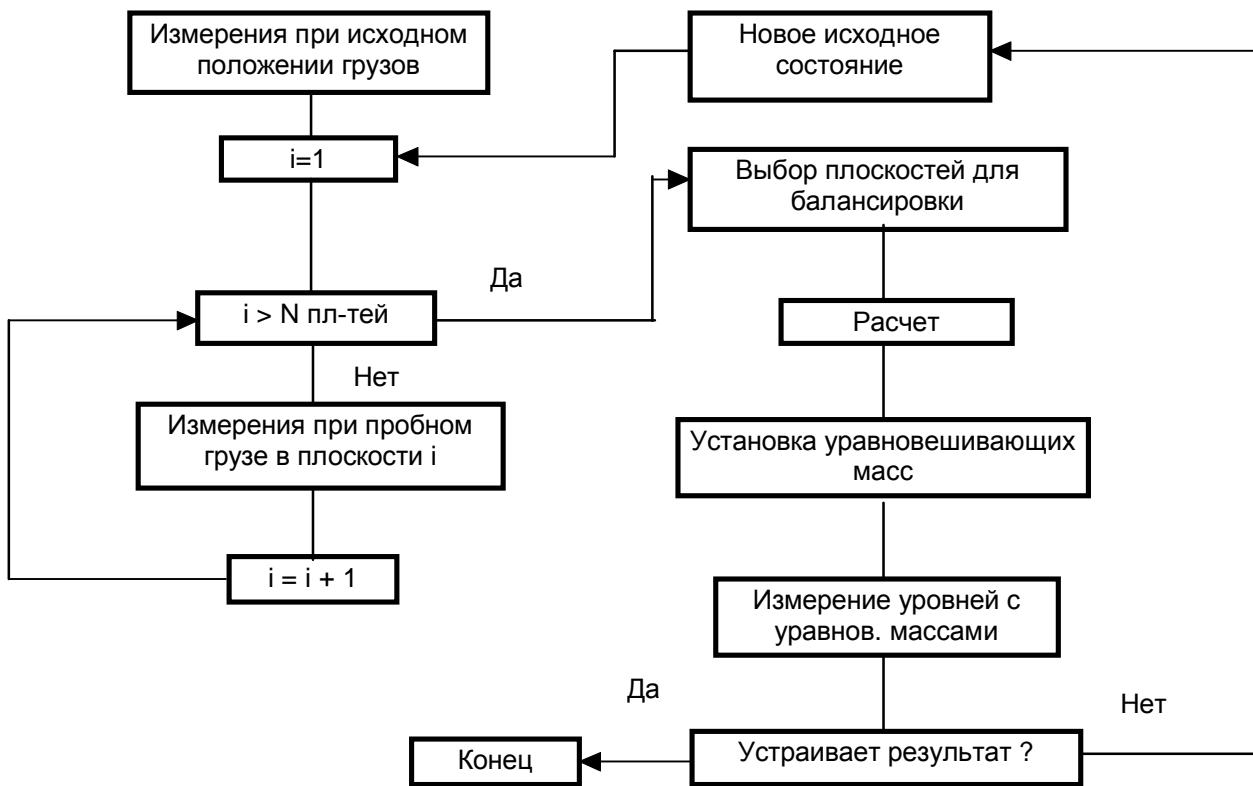


Рисунок 3.8 – Структурная схема алгоритма проведения многоплоскостной балансировки

3.4.9 Установка грузов и оценка результатов

На практике установка расчетной массы обычно производится не за счет изготовления необходимого груза, а за счет установки системы одинаковых корректирующих грузов, симметрично или асимметрично расположенных относительно расчетного направления уравновешивающего груза, рисунок 3.9.

1) в общем случае:

$$m_1 = \frac{M_{\text{урп.}} \times \sin(Y_2)}{\sin(Y_1 + Y_2)}$$

2) при $Y_{\text{лев.}} = Y_{\text{пр.}} = 0$: $m = M_{\text{урп.}}$

3) при $Y_{\text{лев.}} = Y_{\text{пр.}} <> 0$:

$$m_1 = m_2 = \frac{M_{\text{урп.}}}{2 \times \cos(Y)}$$

$$m_2 = \frac{M_{\text{урп.}} \times \sin(Y_1)}{\sin(Y_1 + Y_2)}$$

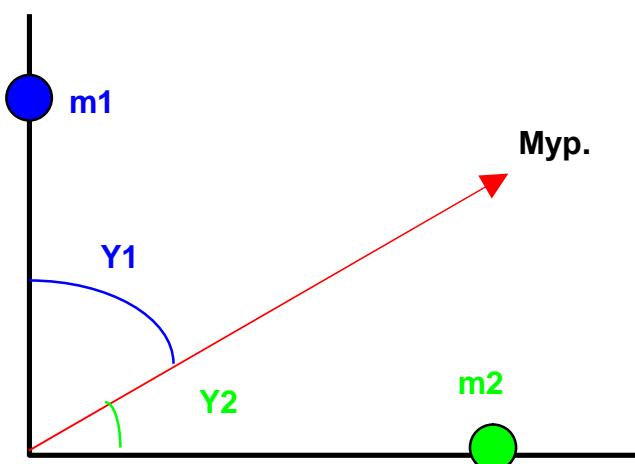


Рисунок 3.9 – Разводка грузов

3.4.10 Балансировка многорежимных механизмов

Многие роторные механизмы постоянно эксплуатируются на одних и тех же оборотах в течение всего срока службы. При возникновении необходимости их подбалансировки в процессе работы, как правило, выполнить балансировку на других оборотах, отличных от рабочих, просто технически невозможно. Да это, естественно, и не требуется: однорежимные механизмы всегда нужно балансировать на их рабочих оборотах.

Наряду с этим, достаточно часто возникает необходимость балансировать механизмы, которые в эксплуатации постоянно работают на различных оборотах. Например, тяговые электродвигатели трамваев, троллейбусов, электричек и т.д. Они имеют несколько (4 и более) фиксированных режимов по оборотам и при их балансировке возникает, естественно, вопрос, на каких же оборотах выполнять эту работу? Здесь нет универсального рецепта, одинаково пригодного для всех возможных механизмов такого типа. Это связано с тем, что на поведение ротора в динамике оказывают влияние очень большое количество всевозможных факторов, воздействие которых может быть существенно различным для разных типов механизмов. Однако существуют и общие закономерности в изменении вибрационного состояния роторов, обусловленного их дисбалансом, в зависимости от того, на каких оборотах была выполнена балансировка ротора.

Во-первых, общим является то, что на каких бы оборотах ни выполнялась балансировка многорежимного ротора, полученные в результате балансировки уровни вибрации на частоте вращения будут минимальными только для тех оборотов, на которых и выполнялась балансировка. Другими словами, балансировкой на одних оборотах, невозможно оптимально снизить уровни вибрации механизма во всем диапазоне его рабочих оборотов (естественно, если этот диапазон достаточно широк).

Во-вторых, существует общая качественная закономерность в реакции многорежимного ротора на балансировку в выбранном диапазоне по оборотам. На рисунке 3.10 дан общий характер этой

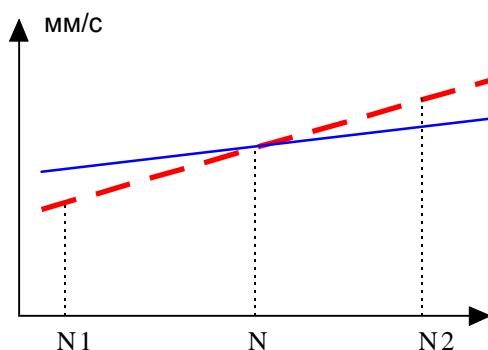


Рисунок 3.10 – Реакция многорежимного ротора на балансировку

закономерности, означающий следующее. Если ротор балансируется на оборотах N_1 , то после балансировки уровни вибрации в диапазоне оборотов N_1-N будут ниже тех, которые бы были, если его балансируют на оборотах N_2 , а в диапазоне $N-N_2$ выше тех, которые бы были, если его балансируют на оборотах N_2 .

И наоборот, если ротор балансируется на оборотах N_2 , то после балансировки уровни вибрации в диапазоне оборотов N_1-N будут выше, чем после балансировки на оборотах N_1 , а в диапазоне $N-N_2$ ниже.

Из сказанного можно дать некоторые общие рекомендации по выбору оборотов для балансировки многорежимных механизмов:

- Во первых, целесообразно отбалансировать ротор на тех оборотах, на которых он имеет наибольшие уровни вибрации, или наибольшие превышения над требованиями по сбалансированности.
- Во всех случаях необходимо как до балансировки, так и после проверить виброактивность механизма на всех рабочих оборотах, чтобы исключить возможность недопустимого повышения уровней вибрации в диапазоне оборотов, отличном от балансировочного.
- Если приходится достаточно часто заниматься балансировкой однотипных, многорежимных механизмов, имеет смысл специально провести работу по балансировке ротора на нескольких режимах по оборотам (контролируя после каждой балансировки уровни вибрации во всем диапазоне оборотов), для того, чтобы получить фактический вид зависимости, показанной на рисунке 4.7 для вашего конкретного механизма. Это сразу позволит найти оптимальный режим для балансировки.

**3.5 Приложение 5. Расположение контактов разъема внешних устройств ВТБ
(тд-рс)**

Номер	Назначение
1	Питание + 5 В
2	RXD
3	TXD
4	Общий
5	Выход на стробоскоп)
6	Резерв (батарея)
7	Вход тахометра
8	Резерв (IIC)
9	IS Psen

4 Сведения о ремонтах и техническом обслуживании

5 Методика поверки

УТВЕРЖДАЮ		СОГЛАСОВАНО
Директор ООО «Информтех»  A.V. Мурач 2007 г.		Заместитель директора ГЦИ СИ «ВНИИМим-ДИ» Менделеева  V.S. Александров 2007 г.



ВИБРОМЕТР-БАЛАНСИРОВЩИК ВТБ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ВТБ.500.000.000.МП

2007г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика по поверке распространяется на виброметр-балансировщик ВТБ (далее прибор), предназначенный для измерения и регистрации параметров вибрации работающих роторных машин и механических конструкций с целью контроля и диагностики их технического состояния и устанавливает методику их первичной поверки, поверки после ремонта и периодической поверки.

Прибор имеет модули измерения температуры и частоты вращения ротора. Для решения задач балансировки роторов в собственных подшипниках имеется встроенный процессор для вычисления значений корректирующих грузов и углов их установки в балансировочных плоскостях механизмов.

Прибор выпускается в исполнениях, отличающихся количеством и номенклатурой измеряемых параметров и габаритными размерами.

Приборы подлежат обязательной государственной поверке в организации, имеющей на это государственную лицензию, при выпуске из производства, а так же периодической поверке во время работы и после ремонта.

Межповерочный интервал устанавливается в соответствии с требованиями Государственных органов стандартизации страны.

Рекомендуемый межповерочный интервал - один год.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в Таблице 1.

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта документа по проверке	Проведение операции при	
			Первичной проверке	Периодической проверке
1	Проверка комплектности	6.1	да	да
2	Внешний осмотр	6.2	да	да
3	Опробование	6.3	да	да
4	Проверка электрического сопротивления изоляции цепи питания	6.4	да	нет
5	Определение погрешностей измерения прибора.	6.5	да	да
6	Определение нелинейности амплитудной характеристики	6.5.1	да	да
7	Определение неравномерности частотной характеристики	6.5.2	да	да
8	Определение погрешности измерения выброскорости	6.5.3	да	да
9	Определение погрешности измерения температуры	6.5.4	да	да
10	Определение погрешности измерения частоты вращения	6.5.5	да	да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны быть применены образцовые средства и вспомогательное оборудование:

- 1) Эталонная виброустановка II разряда в соответствии с МИ2070-90; Тип 12 МВЭО-10000-003
F=10-10000 Гц. Отн. погр. 6.0%
2) Установка тахометрическая УТО-5-60 ТУ25-04.3300-87 Кл. точн. 0,05 (10-60000) об/мин;
3) Термостат типа U15C (U8) 3421.1.000 01. (-60 \div +260) °С. Нестабильность в камере не более 0,02 К;
4) Мегомметр М 4100 0-500 МОм при 500 В; Кл.0,1 ТУ25-04.3916-80;

2.2. Допускается применение других средств поверки и вспомогательного оборудования с характеристиками, не уступающими указанным выше.

2.3. Все образцовые средства измерений должны быть поверены органами Государственной Метрологической Службы и иметь действующие свидетельства о поверке.

3.ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.

К поверке ВТБ допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на средства поверки прибора, вибро-, термопреобразователи и преобразователи частоты вращения и имеющие опыт поверки; а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4.ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

- монтаж электрических соединений должен производится в соответствии с ГОСТ 12.3019 и "Правилами устройства электроустановок";
- электрические испытания проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.019;
- при проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденными "Росэнергонадзором".

5.УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ.

5.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

Температура окружающего воздуха, °C	20±2
Относительная влажность воздуха, %	65±15
Атмосферное давление, кПа (мм.рт.ст.)	от 84 до 106,7 (630-800)
Частота питающей сети, Гц	50±0,5
Напряжение питающей сети переменного тока, В	220±4,4
Величина внешнего магнитного поля частотой 50 Гц	до 80 А/м

5.2. Условия проведения поверки должны контролироваться в начале и в конце выполнения каждой операции.

5.3. Перед началом проведения поверки прибор должен быть выдержан в условиях проведения поверки не менее 1 часа.

6.ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.

6.1 Проверка комплектности

Виброметр-балансировщик ВТБ представляют на первичную поверку вместе с кабелями связи, соединяющими вычислительный блок и первичные преобразователи.

Представленный на поверку комплект ВТБ должен состоять из:

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Кол-во
Измерительный прибор (вычислительный блок)	ВТБ.500.100.000	шт.	1
Вибропреобразователь	ВТБ 500.210.000	комплект	1
Преобразователь частоты вращения	ВТБ 500.220.000	комплект	1
Термопреобразователь	ВТБ 500.230.000	комплект	Опциональн
Зарядное устройство	ВТБ 500.710.000	шт.	1
Аккумуляторы никельметгидридн. типа АА		шт.	4
Сетевой адаптер	ВТБ 500.720.000	шт.	1
Маркер меток датчика оборотов	ВТБ 500.221.000	шт.	1
Транспортировочный кейс	ВТБ 500.900.000	шт.	1
Паспорт	ВТБ500.000.000.ПС	шт.	1
Руководство по эксплуатации	ВТБ500.000.000.РЭ	шт.	1
Методика поверки	ВТБ500.000.000.МП	шт.	1

6.2.Внешний осмотр

6.2.1.Внешний осмотр измерительного прибора

При внешнем осмотре измерительного прибора должно быть установлено :

- наличие эксплуатационной документации;
 - наличие свидетельства о предыдущей поверке;
 - отсутствие нарушения целостности прибора, первичных преобразователей и линий связи;
- На шильде прибора должны быть нанесены следующие данные:

- наименование прибора и номер технических условий;
- предприятие-изготовитель;
- заводской номер;
- дата изготовления;
- изображение знака Государственного реестра (утверждения типа);

Заводской номер должен совпадать с паспортным. Панель управления, корпус прибора, соединительные кабели, а также контрольная пломба (клеймо) предыдущей поверки не должны иметь механических и других повреждений.

6.2.2. Внешний осмотр первичных преобразователей.

Защитная арматура, контактная колодка и выводные проводники не должны иметь видимых повреждений (разрушений). Резьба на клеммах, защитных головках и штуцерах не должна иметь механических повреждений. Преобразователи с загрязненной поверхностью к поверке не допускаются. На преобразователях должны быть укреплены шильдики с обозначением типа и номером преобразователя. Допускается нанесение номера и типа непосредственно на корпус. Заводские номера должны совпадать с паспортными.

6.2.3. Внешний осмотр линий связи.

Линии связи, контактные колодки не должны иметь видимых повреждений (разрушений). На каждой линии связи должен быть прикреплен шильдик с обозначением присоединения в соответствии с чертежом 500.000.000.СБ. и паспортным наименованием. Допускается нанесение обозначения линий связи на внешнюю изоляционную оболочку линий связи.

6.3. Опробование.

При проведении опробования должно быть установлено изменение показаний ВТБ при изменении состояния первичных преобразователей.

6.3.1. Подключить вибро, термопреобразователи и преобразователь частоты вращения к вычислительному блоку ВТБ. Произвести подключение прибора к сети (в соответствии с разделом ТО и ИЭ прибора).

6.3.2. В результате ручного механического воздействия на преобразователи убедится в изменении индуцируемой величины измеряемого параметра.

6.4. Проверка электрического сопротивления изоляции цепи питания

Проверку электрического сопротивления изоляции проводят мегомметром с номинальным напряжением 500 В. Мегомметр подключить между замкнутыми накоротко клеммами питания и корпусом прибора.

Прибор считают выдержавшим испытание, если сопротивление изоляции ВТБ составляет не менее 40 Мом.

6.5. Определение погрешностей измерения прибора

6.5.1. Определение нелинейности амплитудной характеристики

6.5.1.1. Собрать схему соединения прибора в соответствии с Рис.1 Приложения 1.

6.5.1.2. Включить питание прибора, установив выключатель питания прибора на лицевой панели в положение "I". На верхней строке индикаторе прибора должна высветиться надпись "ВТБ2М", а на нижней надписи "Виброметр", «Диагностика», «Балансировка».

6.5.1.3. Нажать кнопку "F" (нижняя левая). Слева на верхней строке индикатора должна высветиться надпись "V, мм\сек=XXX", справа - время, за которое происходит усреднение показаний измеряемого параметра в секундах. На нижней строке слева должна высветиться надпись "Ф=YYY °", справа - надпись "N=3840 о\м". Контрольные символы XXX и YYY должны соответствовать числам, указанным в паспорте прибора. **Нажатием кнопки ↑ выйти в меню выбора режимов.**

6.5.1.4. Для приборов типа ВТБ1 и ВТБ1МС режим «КОНТРОЛЬ» выбрать в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

- 6.5.1.5. Нажатием кнопки \wedge или \vee выбрать режим работы “ВИБРОМЕТР”.
- 6.5.1.6. Для приборов типа ВТБ1 и ВТБ1МС режим «Виброметр» выбрать в соответствии с инструкцией по эксплуатации
- 6.5.1.7. Нажать кнопку “ПУСК”. При этом слева на верхней строке индикатора должна высветиться надпись измеряемого параметра “V, мм\сек=”, а справа - время, за которое происходит усреднение показаний измеряемого параметра в секундах. На нижней строке должна высветиться индикаторная шкала с условным значением измеряемого параметра в единицах длины шкалы.
- 6.5.1.8. Установить вибропреобразователь прибора на рабочий стол эталонной виброустановки. Задать колебательное движение вибростолу на частоте 80 Гц. Последовательно увеличивая значение виброскорости от 0,5 мм/с до 99,9 мм/с, используя ряд значений виброскорости: 0,5; 1; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 95; 99,9 мм/с, зафиксировать показания прибора. По полученным данным вычислить нелинейность амплитудной характеристики в % по формуле (1):

$$\delta = \frac{V_{обpi} - V_i}{V_{обpi}} \cdot 100 \quad (1)$$

где $V_{обpi}$ - заданное значение виброскорости на частоте 80 Гц, мм/с;

V_i - измеренное прибором значение виброскорости мм/с.

- 6.5.1.8. Прибор считают выдержавшим поверку, если наибольшая из вычисленных погрешностей не превышает $\pm 5\%$ + 1 единица младшего разряда..

6.5.2. Определение неравномерности частотной характеристики прибора в диапазоне частот.

- 6.5.2.1. Неравномерность частотной характеристики прибора в диапазоне частот δ_f определяется при постоянном значении виброскорости, равном 10 мм/с, воспроизведенное образцовой виброустановкой на частотах: 10, 16, 25, 50, 80, 100, 160, 250, 500, 630, 800, 1000 Гц.

- 6.5.2.2. Выполнить п.п. 6.5.1.1-6.5.1.5. Установить вибропреобразователь прибора на рабочий стол образцовой виброустановки. Задать значение виброскорости равное 10 мм/с последовательно на частотах ряда 10, 16, 25, 50, 80, 100, 160, 250, 500, 630, 800, 1000 Гц. Зафиксировать показания прибора. По результатам измерений вычислить неравномерность частотной характеристики в % по формуле (2):

$$\delta = \frac{V_{обpi} - V_i}{V_{обpi}} \cdot 100 \quad (2)$$

где $V_{обpi}$ - заданное значение виброскорости на частоте 80 Гц, мм/с;

V_i - измеренное ВТБ значение виброскорости на частотах в диапазоне 10-1000 Гц, мм/с.

- 6.5.2.3. Прибор считают выдержавшим поверку, если наибольшая из вычисленных погрешностей не превышает $\pm 4\%$. + 1 единица младшего разряда.

6.5.3. Определение погрешности измерения виброскорости.

- 6.5.3.1. Для определения погрешности измерения виброскорости прибора Δ использовать результаты измерений пунктов 6.5.1. и 6.5.2.

- 6.5.3.2. Значение погрешности измерения виброскорости Δ прибора в % вычисляется по формуле (3):

$$\Delta = 1,1 \sqrt{\delta_a^2 + \delta_f^2 + \delta_{обp}^2 + \delta_{ncm}^2} \quad (3)$$

где δ_a - нелинейность амплитудной характеристики в диапазоне амплитуд виброскоростей, %;

δ_f - неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот, %;

$\delta_{обр}$ - погрешность образцового (эталонного) средства измерений, %;

δ_{ncm} - нестабильность показаний прибора за время работы, %, определяемая по формуле (4):

$$\delta_{ncm} = 0,5 \sqrt{(\delta_a^2 + \delta_f^2)} \quad (4)$$

6.5.3.3. Прибор считают выдержавшим поверку, если погрешность, вычисленная по формуле (3) не превышает $\pm 10\%$. + 1 единица младшего разряда.

6.5.4. Определение погрешности измерения температуры (при наличии температурного датчика)

6.5.4.1. Определение погрешности измерения температуры прибора проводят на основании измерений температуры в точках рабочего диапазона температур, включая нижний и верхний значения температур, а также точку 0 С.

6.5.4.2. Выполнить п.п.6.5.1.1.-6.5.1.3.

6.5.4.3. Нажатием кнопки ⇔ добиться появления на нижней строке индикатора надписи режима работы "ТЕМПЕРАТУРА".

6.5.4.4. Нажать кнопку "ПУСК". При этом слева на верхней строке индикатора должна высветиться надпись измеряемого параметра "T, град. С=", а справа - номинальная статическая характеристика преобразования термометра. На нижней строке должна высветиться индикаторная шкала с условным значением измеряемого параметра в единицах длины шкалы.

6.5.4.5. Поместить термопреобразователь поверяемого прибора в термостат.

6.5.4.6. Последовательно устанавливая значения температур в термостате из ряда : -40; -10; 0; +10; +50; +100; +150 °C снять показания поверяемого прибора и образцового термометра в установившемся режиме стабилизации температуры термостата.

6.5.4.7. По результатам измерений вычислить погрешность измерения прибора для каждого значения температуры в % по формуле (5):

$$\delta_i = \frac{T_{обр} - T_i}{T_{обр}} * 100 \quad (5)$$

где $T_{обр}$ - температура в термостате, контролируемая образцовым термометром, °C

T_i - температура, регистрируемая прибором.

6.5.4.8. Определить значение погрешности измерения температуры прибора на основании измерений по п.п.6.5.4.6. и 6.5.4.7.

$$\Delta = 1,1 * \sqrt{\delta_T^2 + \delta_{обр}^2} \quad (6)$$

где $\delta_{обр}$ - погрешность образцового средства измерения температуры, %

δ_T - максимальная погрешность измерения температуры прибора, %, вычисленная по формуле (5)

6.5.4.9. Прибор считают выдержавшим поверку, если погрешность, вычисленная по формуле (6) не превышает $\pm 5\%$.

6.5.5. Определение погрешности измерения частоты вращения.

6.5.5.1. Выполнить п.п.6.5.1.1.-6.5.1.3.

6.5.5.2. Нажатием кнопок ^ или ю выбрать режим работы "БАЛАНСИРОВКА" и перейти в режим "Начальное измерение" в соответствии с инструкцией по эксплуатации

6.5.5.3. Для приборов ВТБ1 и ВТБ1МС отображение числа оборотов осуществляется в режиме "Виброметр" одновременно с уровнем вибрации.

- 6.5.5.4. Нажать кнопку “ПУСК”. При этом справа на нижней строке индикатора должна высветиться надпись измеряемого параметра “N, об\мин=”, а сверху справа - время, за которое происходит усреднение показаний измеряемого параметра в секундах.
- 6.5.5.5. На выходной вал тахометрической установки нанести оптическую метку маркером меток из комплекта поверяемого прибора в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на прибор.
- 6.5.5.6. При отсутствии тахометрической установки допускается поверять тахометрический канал от генератора импульсов (амплитуда импульсов 3.5 – 5 В положительной полярности)
- 6.5.5.7. Установить преобразователь частоты вращения на тахометрическую установку в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.
- 6.5.5.8. Задать на образцовой тахометрической установке последовательно частоты вращения:

$$N_{об\text{pri}} = (1 \pm 0,02)N_{кони}, \text{ об/мин}$$

где $N_{кони} = 60; 1000; 3000; 10000; 30000; \text{ об/мин}$

- 6.5.5.7. Наблюдать в течение 15-20 секунд показания n_i поверяемого прибора на каждом диапазоне. Если в течение указанного времени будут наблюдаться показания прибора $n_i = N_{об\text{pri}}$, то прибор выдерживает поверку. Значения погрешности измерения частоты вращения прибора соответствует паспортному значению.

7.ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

- 7.1. Виброметры-балансировщики ВТБ, прошедшие поверку с положительными результатами, подлежат клеймению и допускаются к эксплуатации.
- 7.2. При выпуске прибора из производства и ремонта, а также при периодической поверке в разделе паспортов на прибор «сведения о поверке» делают запись о результате поверки и ставят подпись поверителя, проводившего поверку с нанесением оттиска поверительного клейма, либо оформляется свидетельство о поверке по установленной Госстандартом России форме.
- 7.3. При отрицательных результатах поверки приборов при выпуске из производства и ремонта, а также при периодической поверке производиться гашение клейма в паспорте, либо оформляется извещение о непригодности прибора с указанием причин.