

**АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ВИБРАЦИИ  
795C911**

**ПАСПОРТ И РУКОВОДСТВО  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**795C911.00.000 ПС**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                     | 4  |
| 1 НАЗНАЧЕНИЕ.....                                                                                 | 5  |
| 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....                                                                 | 7  |
| 3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА АНАЛИЗАТОРА.....                                                            | 13 |
| 4 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ.....                                                                        | 25 |
| 4.1 Общие положения .....                                                                         | 25 |
| 4.2 Проведение измерений и анализа параметров вибрации.....                                       | 27 |
| 4.3 Измерение частоты вращения механизма.....                                                     | 34 |
| 4.4 Проведение балансировки роторов.....                                                          | 36 |
| 4.5 Проведение контроля состояния подшипников методом ударных импульсов – режим «ТЕСТЕР 77Д»..... | 39 |
| 4.6 Методика оценки состояния подшипников методом ударных импульсов.....                          | 40 |
| 5 ПОРЯДОК РАБОТЫ.....                                                                             | 51 |
| 5.1 Проведение измерений вибрации.....                                                            | 51 |
| 5.2 Измерение частоты вращения механизма.....                                                     | 55 |
| 5.3 Одноплоскостная балансировка в одноканальном режиме.....                                      | 56 |
| 5.4. Двухплоскостная балансировка в одноканальном режиме.....                                     | 65 |
| 5.5. Двухплоскостная балансировка в двухканальном режиме.....                                     | 77 |
| 5.6 Окончательный расчет корректировочных масс.....                                               | 79 |
| 5.7 Контроль состояния подшипников методом ударных импульсов.....                                 | 81 |
| 5.8 Режим Разгон/Выбег.....                                                                       | 83 |
| 5.9 Сохранение результатов измерения (анализа, оценки, вычислений).....                           | 85 |
| 5.10 Выключение анализатора.....                                                                  | 88 |
| 6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....                                                                   | 89 |
| 7 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА.....                                              | 90 |
| 8 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ .....                                                                         | 91 |
| 8.1 Комплект поставки анализатора.....                                                            | 91 |
| 8.2. Пин-коды.....                                                                                | 91 |
| 9 МАРКИРОВКА.....                                                                                 | 92 |
| 10 УПАКОВКА.....                                                                                  | 92 |
| 11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ.....                                                              | 93 |
| 12 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА.....                                                                 | 94 |

|                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <u>13 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ.....</u>                                                                                        | <u>95</u> |
| <u>14 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОСТАВКЕ.....</u>                                                                                       | <u>95</u> |
| <u>Приложение 1 - Возможные неисправности анализатора и методы их</u><br><u>устранения.....</u>                               | <u>96</u> |
| <u>Приложение 2 - Определение состояния подшипников качения по</u><br><u>соотношению dV<sub>m</sub> и dV<sub>c</sub>.....</u> | <u>98</u> |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящие паспорт и руководство по эксплуатации (далее - РЭ) предназначены для ознакомления с устройством, принципом действия и правилами эксплуатации анализатора спектра вибрации 795C911 (далее - анализатор).

Анализатор обслуживается одним оператором, прошедшим специальную подготовку и инструктаж по технике безопасности при работе с механизмами и машинами, имеющими вращающиеся части, а также при работе с источниками лазерного излучения.

Эксплуатация анализатора допускается только после ознакомления с данным РЭ.

Поставщик анализатора не несет ответственности за неправильное использование оборудования, а также за правильность интерпретации результатов измерения вибрации.

---

# 1 НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Анализатор спектра вибрации 795C911 – малогабаритный, автономный, микропроцессорный виброизмерительный анализатор с двойным питанием – от внутренних аккумуляторов или от сетевого блока питания. Предназначен для измерения и спектрального анализа параметров вибрации, балансировки и наладки механизмов роторного типа.

Анализатор позволяет измерять динамические сигналы с последующей их записью в энергонезависимую память, просматривать, анализировать и передавать их в базу данных на персональный компьютер (ПК).

Анализатор может работать как автономный анализатор и как коллектор данных в системе прогнозируемого обслуживания оборудования совместно с программным обеспечением.

Анализатор может работать с разными источниками сигналов. Вибрационные данные собираются с помощью ручного датчика, датчика установленного на магните, стационарного датчика или с выхода системы стационарного мониторинга. Измеренные данные, полученные при помощи любого датчика или другого прибора, могут быть введены в анализатор с клавиатуры.

Программа балансировки позволяет проводить динамическую балансировку роторов в собственных опорах на эксплуатационных режимах, а также балансировку систем “ротор электродвигателя – приводная муфта- ротор механизма”.

**По отдельному заказу** анализатор может быть доукомплектован измерительными блоками и комплектом принадлежностей для высокоточной лазерной центровки горизонтальных и вертикальных механизмов.

## **Выполняемые функции**

- Измерение параметров вибрации работающего оборудования - виброускорения, виброскорости, виброперемещения.
- Спектральный анализ сигнала вибрации (частотная область).
- Анализ формы сигнала (временная область).
- Бесконтактное измерение частоты вращения с помощью оптического таходатчика.

- Выполнение необходимых измерений и расчётов для динамической многоплоскостной балансировки механизмов в собственных опорах на эксплуатационных режимах.
- Измерение амплитудо- фазо- частотных характеристик (АФЧХ) вибрации механизма при режимах разгона/выбега.
- Анализ спектра огибающей сигнала высокочастотной вибрации – для обнаружения и идентификации зарождающихся дефектов подшипников.
- Измерение амплитуды ударного ускорения вынужденной высокочастотной вибрации (31 КГц), вызванной ударными импульсами для определения технического состояния подшипников качения.
- Контроль технического состояния подшипников скольжения по огибающей эксцесс.
- **По отдельному заказу:** Лазерная центровка горизонтальных и вертикальных механизмов.

## 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Количество каналов измерения (оценки):

- параметров вибрации – 2;
- амплитуды ударного ускорения — 1;
- частоты вращения — 1;

2.2 Рабочий диапазон частоты, Гц, при использовании:

- одного канала измерения вибрации – от 2 до 36 000;
- двух каналов измерения вибрации – от 2 до 18 000;
- канала измерения амплитуды ударного ускорения - от 2 до 36000.

2.3 Диапазон измерений среднеквадратичных значений (СКЗ) виброускорения, виброскорости и виброперемещения зависит от максимального значения входного электрического заряда, уровня собственных шумов усилителя заряда и коэффициента преобразования используемого вибропреобразователя (акселерометра).

2.3.1 Диапазон измерений виброускорения —  $A_L$ , м/с<sup>2</sup>, определяется по формуле (2.1):

$$A_L = Q_L / S_A, \quad (2.1)$$

где  $Q_L$  – численное значение электрического заряда, пКл.

$S_A$  коэффициент преобразования используемого акселерометра, пКл·с<sup>2</sup>/м.

Для нижнего значения диапазона измерений значение  $Q_L$  вычисляется по формуле (2.2):

$$Q_L = 0,03 \cdot K_{ш}, \quad (2.2)$$

где  $K_{ш}$  - численное значение отношения сигнал/шум, пКл, в соответствии с ГОСТ 30296-95 принимает значения:

- 2,51 – для рабочей частоты менее 10 Гц;
- 3,16 – для рабочей частоты 10 Гц и более.

Для верхнего значения диапазона измерений -  $Q_L = 5000$  пКл.

2.3.2 Диапазон измерений виброскорости  $V_L$ , мм/с и

виброперемещения  $S_L$ , мм, определяется по формулам (2.3), (2.4):

$$V_L = A_L \cdot 1000 / (6,28 \cdot F), \quad (2.3)$$

$$S_L = A_L \cdot 1000 / (6,28 \cdot F)^2, \quad (2.4)$$

где  $A_L$  - предельное значения виброускорения,  $\text{м/с}^2$ , рассчитанное по формуле (2.1);

$F$  – численное значение рабочей частоты, Гц.

В таблице 2.1 приведены диапазоны рабочей частоты и соответствующие им диапазоны измерений СКЗ виброускорения, виброскорости и виброперемещения для акселерометра с коэффициентом преобразования –  $10 \text{ пКл} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ .

Таблица 2.1

| Измеряемый параметр | Диапазон рабочей частоты, Гц    | Диапазон измерений СКЗ                                                       |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Виброускорение      | 2 - 10000                       | 0,01 - 500 $\text{м/с}^2$                                                    |
| Виброскорость       | 2 - 16<br>10 - 1000             | 0,8 - 5000 $\text{мм/с}$<br>0,1 - 79 $\text{мм/с}$                           |
| Виброперемещение    | 2 - 16<br>10 - 100<br>10 - 1000 | 0,05 - 50 $\text{мм}$<br>0,003 - 1,2 $\text{мм}$<br>0,003 - 0,02 $\text{мм}$ |

2.4 Максимальные значения измеряемых параметров вибрации, при значениях коэффициента амплитуды сигналов меньше 5, составляют 20 % от значений, определенных в табл. 2.1.

2.5 Диапазон измерений частоты вращения от 50 до 50000  $\text{мин}^{-1}$ . При измерении частоты вращения линейная скорость метки должна быть не менее 200  $\text{мм/с}$ .

2.6 Диапазон измерений амплитуды ударного ускорения вынужденных колебаний частотой  $(31 \pm 5) \text{ кГц}$ , дБ: от 10 до 90.

Примечание - Значению 0 дБ соответствует амплитуда ударного ускорения — 0,14  $\text{м/с}^2$ .

2.7 Диапазон измерений фазы вращения, °: от 0 до 360.

2.8 Разрешающая способность анализатора, линий: 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 линий.

2.9 Диапазон установки значений коэффициента преобразования акселерометров,  $\text{пКл} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ : от 0,1 до 500.

2.10 Максимально допустимое значение входного электрического заряда, пКл: 5000.

2.11 Эквивалентное значение уровня собственных шумов усилителя, приведенное ко входу, при максимальном значении усиления, пКл, не более: 0,03.

2.12 Диапазон установки значения количества импульсов на оборот при измерении частоты вращения - от 1 до 255.

2.13 Диапазон установки частоты среза фильтра нижних частот (ФНЧ), Гц

- при использовании одного канала измерения параметров вибрации: от 150 до 36000;
- при использовании двух каналов: от 150 до 18000.

2.14 Значения установки частоты среза фильтра высоких частот (ФВЧ), Гц: 2; 10.

2.15 Затухание на частоте среза:

- ФНЧ - не более 3 дБ;
- ФВЧ - не более 7,5 %.

2.16 Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении параметров вибрации (СКЗ виброперемещения, СКЗ виброскорости и СКЗ виброускорения):

- $\pm 10\%$  - для диапазона частоты от 2 до 10 Гц;
- $\pm 5\%$  - для диапазона частоты от 10 Гц до 0,707 от значения частоты среза ФНЧ.

2.17 Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении частоты вращения, %: 0,5.

2.18 Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении амплитуды ударного ускорения, дБ:  $\pm 5$ .

2.19 Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении фазы вращения, °:  $\pm 5$ .

2.20 Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении частоты синусоидального сигнала -  $\pm 0,75 \cdot F_b / R$  Гц, где  $F_b$  – численное значение верхнего предела диапазона частоты, выраженное в Герцах;  $R$  - разрешающая способность, линий.

2.21 Время установления рабочего режима, мин, не более: 1.

2.22 Электрическое питание анализатора осуществляется от следующих источников:

- аккумуляторная батарея, номинальным напряжением 4,8 В постоянного тока;
- сеть переменного тока напряжением от 187 до 242 В и частотой  $(50 \pm 1)$  Гц.

2.23 Сила тока, потребляемого анализатором от аккумуляторной батареи - не более 250 мА.

2.24 Мощность, потребляемая от сети переменного тока – не более 5 В·А.

2.25 Электрическая прочность и сопротивление изоляции анализатора при использовании блока питания сетевого БП-05 соответствуют требованиям ГОСТ 22261-94.

2.24 Время непрерывной работы анализатора от полностью заряженной аккумуляторной батареи - не менее 6 ч.

2.27 Диапазон установки времени автоматического отключения неиспользуемого анализатора – от 20 до 5000 с.

2.28 Конструкция анализатора обеспечивает:

- сохранение в энергонезависимой памяти результатов измерений, анализа и вычислений, текущей даты и времени, вывод на цифровой индикатор электронного блока (далее по тексту - индикатор) этой информации и передачу полученных данных на персональный компьютер (ПК) для дальнейшей обработки и хранения;

- визуальный контроль перегрузки измерительного тракта и невозможность обработки сигнала в этом состоянии;

- математическую обработку параметров сигнала по выбранному алгоритму «Функция взвешивания»: Ханнинга или прямоугольная;

- использование режима усреднения: линейного или экспоненциального;

- индикацию на индикаторе напряжения аккумуляторной батареи.

2.29 Объем энергонезависимой памяти анализатора:

- встроенный диск - 2 МБ;

- встроенная карта SD – не менее 1Гб.

2.30 Масса комплекта анализатора – не более 4,0 кг.

2.31 Габаритные размеры:

- электронного блока, мм, не более –  $115 \times 180 \times 45$ .

2.32 Анализатор в эксплуатации устойчив к воздействию следующих факторов:

- температуры окружающего воздуха от 0 °С до 50 °С;

- относительной влажности 90 % при температуре 30 °С.

- атмосферного давления от 84,0 до 106,7 кПа;

- вибрации частотой 30 Гц.

2.31 Анализатор в эксплуатации устойчив к воздействию акустического шума с уровнем звукового давления 100 дБ в диапазоне частоты от 125 до 8000 Гц.

2.34 Анализатор в упаковке для транспортирования выдерживает воздействие следующих факторов:

- температуры окружающего воздуха от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- относительной влажности 98 % при температуре  $35^{\circ}\text{C}$ ;
- синусоидальной вибрации в диапазоне частоты от 10 до 55 Гц и амплитудой 0,35 мм;
- транспортной тряски с ускорением  $30\text{ м/с}^2$  и частотой от 80 до  $120\text{ мин}^{-1}$ .

2.35 Анализатор в эксплуатации устойчив к воздействию внешнего магнитного поля напряженностью 80 А/м частотой 50 Гц.

2.36 Уровень радиопомех, создаваемых анализатором, не превышает норм, установленных ГОСТ 23511-79.

2.37 Степень защиты корпуса анализатора от проникновения твердых тел и воды соответствует IP65 по ГОСТ 14254-96.

2.38 Средняя наработка на отказ — 1000 ч.

2.39 Средний полный срок службы анализатора до предельного состояния с учетом технического обслуживания, в соответствии с нормативной документацией - не менее 10 лет.

2.40 Среднее время восстановления работоспособного состояния - не более 2 ч.

### 3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА АНАЛИЗАТОРА

3.1 Анализатор состоит из блока электронного (БЭ) и первичных преобразователей: акселерометра пьезоэлектрического С11 или АС102-1А (далее по тексту - акселерометр), щупа ударных импульсов (далее по тексту - щуп), преобразователя тахометрического (далее по тексту – таходатчик), (см. рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Внешний вид анализатора: БЭ и первичные преобразователи.

3.2 Принцип измерения параметров вибрации состоит в следующем. При помощи первичных преобразователей - акселерометра или щупа, механические колебания преобразовываются в электрический сигнал, пропорциональный параметрам вибрации (виброперемещению, виброскорости, виброускорению, амплитуде ударного ускорения). Этот сигнал нормируется, усиливается и фильтруется для выделения в заданном диапазоне частоты. После этого аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код, обрабатывается по заданным алгоритмам и

отображается на цифровом индикаторе анализатора в виде числовых значений и графических зависимостей измеряемых величин.

3.3 Принцип измерения частоты вращения основан на использовании бесконтактного оптического таходатчика, способного излучать и принимать отраженный от вращающегося механизма сигнал. Этот сигнал, содержащий информацию о частоте вращения, преобразовывается в пропорциональный электрический сигнал, который обрабатывается по заданному алгоритму и отображается на индикаторе.

3.4 На передней панели БЭ расположены органы управления анализатора (далее по тексту – клавиши) и цифровой индикатор (далее по тексту – индикатор). Общий вид передней панели БЭ представлен на рисунке 3.2:



Рисунок 3.2 – Внешний вид передней панели БЭ.

3.5 Клавиши имеют следующее назначение:

- «  » - включение анализатора;
- «  » - подтверждение выбранных параметров, запуск режима измерения, переход к следующему меню;
- «  » - переход к предыдущему меню, удаление символа при вводе алфавитно-цифровой информации;

- «  » - подтверждение введенных значений;

- «  », «  » - выбор пункта меню, перемещение курсора;

- «  » ... «  » - ввод алфавитно-цифровой информации, а также выполнение следующих функций:

- «  » - выключение анализатора, удаление информации из памяти анализатора;

- «  » - отображение на индикаторе дополнительного меню;

- «  » - сохранить информацию в память;

- «  » - извлечь информацию из памяти;

- «  » - включение-выключение подсветки индикатора, ввод нового цифрового значения.

Ввод алфавитно-цифровой информации, знаков и символов осуществляется при нажатии на соответствующую клавишу с небольшими промежутками необходимое число раз. В таблице 3.1 указаны буквы, знаки и символы, доступные при нажатии на соответствующие клавиши.

Таблица 3.1

| Обозначение клавиши | Доступные буквы, знаки и символы |
|---------------------|----------------------------------|
| 0                   | ЇЄ-YZ-                           |
| 1                   | №@#?!                            |
| 2                   | АБВГ ABC                         |
| 3                   | ДЕЖЗ DEF                         |
| 4                   | ИЙКЛ GHI                         |
| 5                   | МНОП JKL                         |
| 6                   | РСТУ MNO                         |
| 7                   | ФХЦЧ PQR                         |

| Обозначение клавиши | Доступные буквы, знаки и символы |
|---------------------|----------------------------------|
| 8                   | ШЩЪЫ STU                         |
| 9                   | ЬЭЮЯ VWX                         |
| .                   | .-+*/=<>                         |

Клавиша «  » используется для переключения регистра – прописные или строчные буквы.

### 3.6 Выполнение операций на клавиатуре.

3.6.1 Указанную в настоящем РЭ операцию «ВВОД ЗНАЧЕНИЯ» необходимо выполнять следующим образом:

- нажать клавишу «  », при этом предыдущее значение удаляется и на его позиции отображается мигающий курсор;

- при помощи клавиш ввода алфавитно-цифровой информации ввести требуемое значение (при помощи клавиши «  » производится ввод точки, отделяющей целую часть числа от дробной);

- нажать клавишу «  » - подтвердить ввод значения.

3.6.2 Операцию «ВЫБОР ПУНКТА МЕНЮ» осуществляют при помощи клавиш «  », «  » и клавиш подтверждения выбранного режима «  » или «  » или соответствующей клавишей ввода алфавитно-цифровой информации, если пункты меню обозначены цифрами.

3.7 Верхняя панель содержит разъемы для подключения первичных преобразователей, ПК и блока питания, и светодиод, сигнализирующий о зарядке аккумулятора (см. рисунок 3.3):

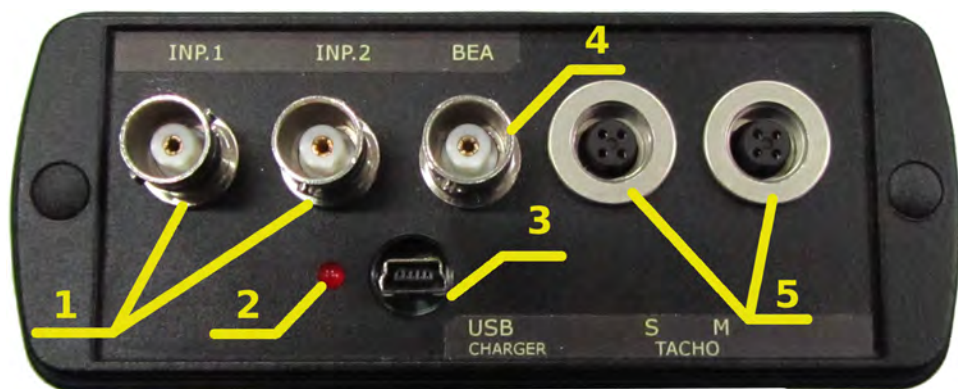


Рисунок 3.3 – Внешний вид верхней панели БЭ.

- 1 — разъемы для подключения акселерометров;
- 2 — светодиод, сигнализирующий о подключенном внешнем питании;
- 3 — разъем для подключения блока питания, связи с ПК;
- 4 — разъем для подключения щупа ударных импульсов;
- 5 — разъемы для подключения таходатчика или головок для лазерной центровки.

### 3.8 Режимы работы анализатора

3.8.1 После включения БЭ, на индикаторе отображается главное меню анализатора (рисунок 3.4.), позволяющее выбрать режим работы. На индикаторе отображается информация, представленная на рисунке 3.4: режимы работы анализатора, текущая дата и время, напряжение аккумуляторной батареи в виде индикатора:

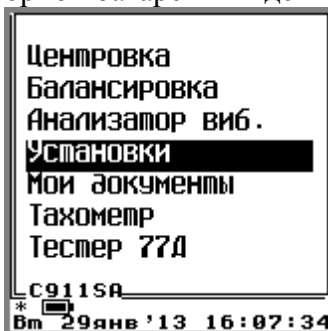


Рисунок 3.4 – Отображение главного меню на индикаторе.

Оператор производит выбор необходимого режима измерений или оценки («ЦЕНТРОВКА», «АНАЛИЗАТОР ВИБ.», «ТАХОМЕТР», «ТЕСТЕР 77Д») или вспомогательных режимов - «УСТАНОВКИ», «МОИ ДОКУМЕНТЫ». Переключение режимов осуществляется при помощи клавиш «», «» см. п. 3.6.2., выбранный режим подсвечивается темной строкой (курсором). На рис. 3.4 выделен режим «УСТАНОВКИ».

### 3.8.2 Режим «ЦЕНТРОВКА».

Режим позволяет производить оценку несоосности (параллельной и угловой) валов механизмов и машин. Режим доступен при наличии лазерных головок с комплектом приспособлений. Головки приобретаются по дополнительному заказу. Работа в этом режиме описана в дополнительном руководстве по эксплуатации, которое поставляется вместе с головками.

### 3.8.3 Режим балансировки роторов - «БАЛАНСИРОВКА».

В этом режиме проводятся измерения и расчеты для динамической многоплоскостной балансировки роторов при эксплуатации.

Конструкция анализатора позволяет проводить вычисления по уравниванию роторов в векторной форме. Функции сложения и разложения векторов позволяет перераспределять массу корректирующих грузов по заданным направлениям (точкам для установки грузов).

Общее меню режима «БАЛАНСИРОВКА» представлено на рисунке 3.5:

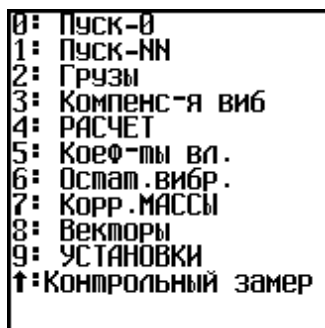


Рисунок 3.5 – Отображение меню режима «БАЛАНСИРОВКА».

Подробное описание эксплуатации анализатора в режиме «БАЛАНСИРОВКА» приведено в разделах 4, 5.

3.8.4 Режим измерения параметров вибрации и анализа спектра - «АНАЛИЗАТОР ВИБ.» (см. рис. 3.6)

В режиме Спектр/Осц. (см. рис. 3.7) анализатор может измерять временной сигнал вибрации, выполнять быстрое преобразование Фурье (БПФ), измерять виброускорение, виброскорость, виброперемещение, выполнять анализ спектра огибающей. В этом же режиме устанавливаются параметры применяемых акселерометров и другие параметры измерений.

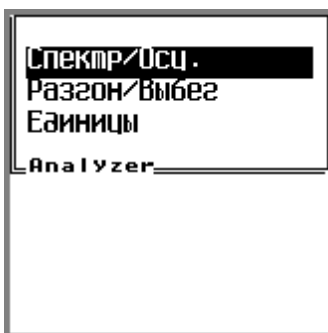


Рисунок 3.6. - Общее меню режима «АНАЛИЗАТОР ВИБ.»  
Подменю «Спектр/Осц.» представлено на рис. 3.7:

```

Канал А Авто ICP
1: Вх.1 16.551
   Лин А
2: БПФ 6400
   Ханнинг
   10 - 18000 Гц
*****
Канал Б Авто
1: Вх.1 16.551
   Лин А
2: БПФ 6400
   Ханнинг
   10 - 18000 Гц
*****
3: Запуск
   Внешний
6: Импульс/оборот=1
4: Усредн. 5: N=4
   Лин. част.обл

```

Рисунок 3.7 - Отображение подменю режима «Спектр/Осц.»

Режим Разгон/Выбег применяется для получения амплитудно-фазо-частотной характеристики механизма (АФЧХ) в режимах запуска и остановки механизмов. (см. рис. 3.8)

```

1:Start=250 rpm
2:Stop=500 rpm

5:Лин 100

7:My settings

```

Рисунок 3.8 — Отображение подменю «Разгон/Выбег»

Режим «Единицы» не используется.

Подробное описание эксплуатации анализатора в режиме «АНАЛИЗАТОР ВИБ.» приведено в разделах 4, 5.

### 3.8.5 Режим измерения частоты вращения - «ТАХОМЕТР».

Данный режим предназначен для бесконтактного измерения частоты вращения с помощью оптического таходатчика. При помощи таходатчика осуществляется излучение и прием оптического сигнала, отраженного от вращающейся поверхности. В качестве

отражателя сигнала рекомендуется использовать предварительно наклеенные метки из светоотражающего материала.

Отображение режима «ТАХОМЕТР» на индикаторе представлено на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Отображение режима «ТАХОМЕТР».

Подробное описание эксплуатации анализатора в режиме «ТАХОМЕТР» приведено в разделах 4, 5.

3.8.6 Режим контроля состояния подшипников методом ударных импульсов - «ТЕСТЕР 77Д».

Данный режим предназначен для определения состояния подшипников качения по результатам измерения амплитуды ударного ускорения вынужденной высокочастотной вибрации (31 кГц), вызванной ударными импульсами. Ударные импульсы измеряются при помощи щупа ударных импульсов.

Выявление конкретных неисправностей методом «Огибающая» реализуется при помощи дополнительного программного обеспечения «КонСпект».

Отображение режима «ТЕСТЕР 77Д» на индикаторе, представлено на рисунке 3.10:



Рисунок 3.10 – Отображение режима «ТЕСТЕР 77Д».

Подробное описание эксплуатации анализатора в режиме «ТЕСТЕР 77Д» приведено в разделах 4, 5.

3.8.7 Режим «УСТАНОВКИ» предназначен для ввода оператором текущей даты и времени, установления времени автоматического отключения неиспользуемого БЭ, выбора единиц измерения (миллиметры или дюймы), подключения анализатора к ПК.

Меню режима «УСТАНОВКИ» представлено на рисунке 3.11:



Рисунок 3.11 – Отображение меню режима «УСТАНОВКИ».

В этом режиме на цифровом индикаторе БЭ отображается текущая дата и время, напряжение аккумуляторной батареи.

Выбор необходимого пункта меню осуществляется при помощи

клавиш: «», «», «», «».

3.8.8 Режим «МОИ ДОКУМЕНТЫ» предназначен для сохранения результатов измерений (анализа, оценки, вычислений), последующего их отображения на индикаторе и передачи на ПК.

Пример отображения информации на индикаторе в данном режиме, приведен на рисунке 3.12:



Рисунок 3.12 – Пример отображения информации в режиме «МОИ ДОКУМЕНТЫ».

## 4 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

### 4.1 Общие положения

**ВНИМАНИЕ! ЕСЛИ АНАЛИЗАТОР ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ИЛИ ХРАНЕНИИ НАХОДИЛСЯ В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА НИЖЕ 0 °С, ПЕРЕД ВКЛЮЧЕНИЕМ НЕОБХОДИМО ВЫДЕРЖАТЬ ЕГО ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ (20 ± 5) °С В ТЕЧЕНИЕ 24 Ч.**

4.1.1 Перед включением анализатора убедиться в механической целостности корпуса анализатора, первичных преобразователей, кабелей и приспособлений.

4.1.2 Включить БЭ нажатием и удержанием в течение нескольких секунд клавиши «». На индикаторе отображается главное меню (см. рисунок 3.4). В нижнем левом углу индикатора (над текущей датой) отображается индикатор заряда аккумуляторной батареи. В случае, если напряжение питания снижается до 4,6 В, БЭ автоматически выключается. Величину напряжения питания можно посмотреть, войдя в режим «Установки», рис. 3.11.

В этом случае необходимо зарядить аккумуляторную батарею.

4.1.3 Во избежание некорректной записи результатов измерений необходимо установить текущую дату и время.

Для этого следует в главном меню выбрать пункт «УСТАНОВКИ» и клавишей «» выбрать пункт «ДАТА/ВРЕМЯ». Нажать клавишу «» - войти в данный режим и установить текущую дату и время. Эти значения будут отображаться в нижней строке индикатора анализатора.

4.1.4 В случае если анализатор включается пользователем в первый раз, необходимо выполнить следующие операции:

- подключить анализатор к ПК при помощи кабеля USB,



- нажать клавишу «». При этом устанавливается режим передачи информации на ПК - «USB».

В этом режиме энергонезависимая память анализатора отображается на ПК в виде двух съемных накопителей информации.

После того как операционная система Windows ПК завершит процедуру обнаружения нового устройства, необходимо провести форматирование накопителей. При форматировании следует выбрать:

- Тип файловой системы: FAT.
- Размер кластера: Стандартный размер кластера.
- Метка тома: произвольная.

При этом на мониторе ПК отображается диалоговое окно, представленное на рисунке 4.1:

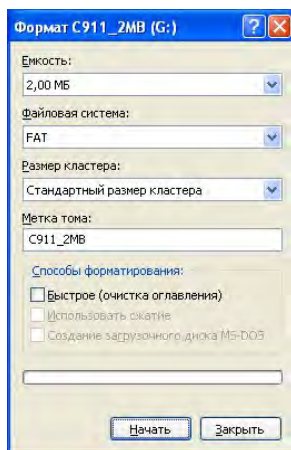


Рисунок 4.1 – Отображение на мониторе ПК операции форматирования накопителей.

После проведения операции форматирования, необходимо произвести выключение, а затем повторное включение анализатора.

4.1.5 При необходимости установить время автоматического отключения неиспользуемого анализатора и единицу измерения несоосности (миллиметр или дюйм) следует:

- в режиме «УСТАНОВКИ» выбрать пункт «ВРЕМЯ=» и установить численное значение времени автоматического отключения анализатора, выраженное в секундах;

- в режиме «УСТАНОВКИ» выбрать пункт «mm/inch» и при помощи клавиш «  », «  » установить требуемую единицу измерения.

## 4.2 Проведение измерений и анализа параметров вибрации

4.2.1 Выбрать соответствующий вибропреобразователь (акселерометр или щуп) и разъем для их подключения в зависимости от характера проводимых измерений.

4.2.2 Закрепить акселерометр на шпильке со стандартной резьбой, магните или другим способом представленным на рисунке 4.2:

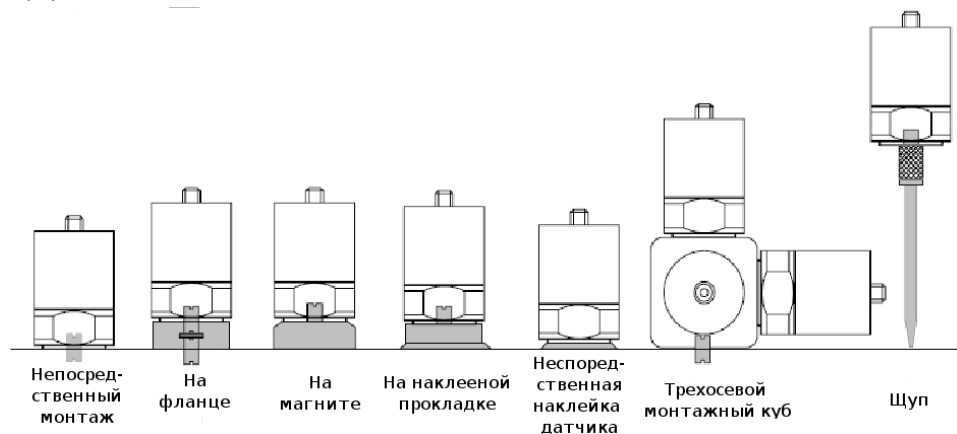


Рисунок 4.2 - Способы крепления акселерометра на поверхности.

Для магнита, крепящего акселерометр на поверхности, сила удержания должна составлять:

- на отрыв от 5 до 7 кг;
- на сдвиг от 1,5 до 2,0 кг.

**Примечание.** При использовании щупа следует прижать наконечник щупа перпендикулярно к поверхности с усилием от 3 до 5 кг.

## **ВНИМАНИЕ! В ТЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПОЛОЖЕНИЕ И УСИЛИЕ ПРИЖАТИЯ ЩУПА НЕ ИЗМЕНЯТЬ!**

4.2.3 На рисунке 4.3 представлены факторы, вызывающие возникновение дополнительной погрешности при измерении параметров вибрации: криволинейность, значительная шероховатость поверхности, утонение поверхности, на которой устанавливается акселерометр.

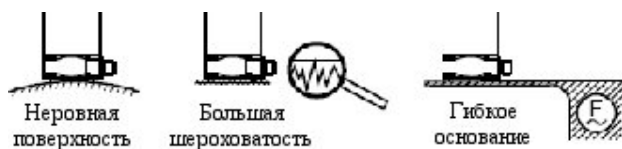


Рисунок 4.3 — Факторы, вызывающие возникновение дополнительной погрешности при измерении параметров вибрации.

Чтобы избежать появления дополнительной погрешности, необходимо выполнить следующие условия:

- поверхность, на которую устанавливается датчик или щуп, должна быть очищена от краски и грязи;
- столб металла между иглой щупа и источником сигнала (подшипником) должен быть по возможности прямым (в частности недопустимо устанавливать вибропреобразователь на крышку, закрывающую корпус подшипника);
- место установки вибропреобразователя необходимо выбирать как можно ближе к источнику сигнала;
- при систематических наблюдениях не изменять место установки вибропреобразователя.

4.2.4. Включить БЭ анализатора клавишей «  ». На индикаторе БЭ отобразится главное меню.

4.2.5 В главном меню выбрать пункт «АНАЛИЗАТОР ВИБ.» нажать клавишу «  » или «  » - анализатор переходит в режим

измерения параметров вибрации и анализа спектра. На индикаторе анализатора отображается меню, представленное на рисунке 3.6.

Выбрав подпункт «Спектр/Осц.» можно установить способ запуска процесса измерения, количество импульсов на один оборот (при использовании таходатчика), вид усреднения и количество результатов измерений подлежащих усреднению, а также перейти в меню установки других значений и параметров измерения и анализа.

4.2.6 Для установки способа запуска процесса измерений необходимо, нажимая клавишу «З», выбрать требуемый:

- «СВОБОДНЫЙ» - запуск измерений осуществляется после

нажатия клавиши «»;

- «ВНУТРЕННИЙ» - запуск осуществляется при поступлении сигнала от вибропреобразователя;

- «ВНЕШНИЙ» - запуск осуществляется при поступлении сигнала от таходатчика.

4.2.7 Для установки значения количества импульсов на один оборот (количество отражающих меток на валу механизма) нажать

клавишу «» и на позиции, отмеченной мигающим курсором, ввести необходимое числовое значение (как правило используют одну метку). Подтвердить значение – нажать клавишу «».

4.2.8 Для установки вида усреднения необходимо, нажимая клавишу «», выбрать требуемый. При этом на индикаторе, в нижней строке, отображается следующая информация:

- «ВЫКЛ.» - усреднение не проводится;

- «ЛИН. ВР. ОБЛ.» - линейное усреднение во временной области;

- «ЭКСП. ВР. ОБЛ.» - экспоненциальное усреднение во временной области;

- «ЛИН. ЧАСТ. ОБЛ.» - линейное усреднение в частотной области;

- «ЭКСП. ЧАСТ. ОБЛ.» - экспоненциальное усреднение в частотной области.

**Примечание.** При линейном усреднении выполняется заданное количество измерений, процесс измерений прекращается и на индикаторе отображается среднее значение их результатов, при экспоненциальном – измерения происходят

непрерывно, после остановки процесса измерения (клавишей «»), усреднению подвергается заданное количество последних измерений.

4.2.9 Для установки количества результатов измерений, подлежащих усреднению, следует: нажимая клавишу «», выбрать требуемое значение из ряда: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256. Если усреднение не проводится - данный параметр не отображается.

4.2.10 Для того, чтобы перейти в подменю установки входных параметров, необходимо нажать клавишу «», при этом на индикаторе БЭ отобразится следующее меню (см. рисунок 4.4):



Рисунок 4.4 – Отображение на индикаторе меню установки входных параметров.

4.2.10.1 Нажимая клавишу «», выбрать разъем («ВХОД 1», «ВХОД 2» или «ВХОД 3»), с которого сигнал будет подаваться в канал А. Аналогично, нажимая клавишу «» выбрать разъем для подключения канала Б или отключить его.

#### 4.2.10.2 Для установки параметра вибрации, подлежащего

измерению в канале А, необходимо нажать клавишу «  » соответствующее количество раз, при этом на индикаторе в строке 3 будет последовательно отражаться следующая информация:

- «ЛИН. А» - измерение виброускорения;
- «ИНТ. 1 V» - измерение виброскорости;
- «ИНТ. 2 S» - измерение виброперемещения;
- «ОГИБ» - измерение параметров сигнала высокочастотной

вибрации, при использовании метода «Огибающая» для подшипников качения.

Примечание - При использовании «ВХОД 1» возможно измерение всех параметров, при использовании «ВХОД 2» - всех, кроме параметров сигнала высокочастотной вибрации, «ВХОД 3» - только для анализатора с включенной опцией лазерной центровки (поставляется по отдельному заказу). Если анализатор поставлялся без опции центровки, то «ВХОД 3» существует только программно.

При измерении сигнала высокочастотной вибрации используется фильтр со значением резонансной частоты - 2, 4, 8, 16, 32 кГц. Для выбора необходимого значения следует нажимать

клавишу «  ». Значение частоты фильтра должно быть не больше, чем частота резонанса соответствующего вибропреобразователя. Как правило, чем меньше значение частоты вращения механизма или уровень вибрации - тем меньше значение частоты фильтра.

Примечание - При значениях частоты фильтра - 2, 4, 8 кГц используется датчик вибрации, а при значении 32 кГц – может использоваться ручной датчик «ударных импульсов». При этом значение чувствительности вибропреобразователей, установленное в меню установки входных параметров, не имеет значения, но оно не должно быть равно нулю.

#### 4.2.10.3 Для установки значений коэффициентов преобразования вибродатчиков, подключенных к разъемам 1, 2

необходимо нажать клавиши «  » или «  », и на позиции, отмеченной мигающим курсором, ввести соответствующее значение.

Клавишей «  » подтвердите введенное значение.

4.2.10.4 Вход 3 («Вх 3» на индикаторе анализатора) существует только программно.

4.2.10.5 Для выбора режима работы усилителя анализатора – автоматический или ручной, следует нажать клавишу «  ». При этом в нижней строке индикатора отображается информация: «АВТО» или «РУЧНАЯ». Если выбрано «АВТО», анализатор самостоятельно подберет коэффициенты усиления, если выбрано «РУЧНАЯ», выбор коэффициентов усиления осуществляет пользователь (см. п. 5.1.2).

4.2.10.6 Для выбора типа используемого пьезоакселерометра нажать клавишу «  ». При этом значение «ICP» соответствует датчику со встроенным усилителем, а значение «Pc» соответствует пассивному датчику (например, типа «C11»).

4.2.11 Для того чтобы перейти в подменю установки параметров обработки сигналов, необходимо в меню подрежима «Спектр./Осц.» (см. рисунок 3.7) выбрать пункт 2. При этом на индикаторе отобразится требуемый режим (см. рисунок 4.5). Справа от наименования канала указано обозначение параметра вибрации, подлежащего измерению или анализу.



Канал А Им2 S  
1: Ханнинг  
2: БПФ  
Канал Б Лин А  
3: Пр. уз.  
4: БПФ  
5: 6400 линий  
16384 точек  
Полоса:  
К. А 10 - 1000 Гц  
К. Б 10 - 1000 Гц  
К. А 6: ФВЧ= 10 Гц  
К. Б 7: ФВЧ= 10 Гц  
↑↓ ФНЧ= 1002 Гц  
Период= 389.583 мкс  
dF= 0.156668 Гц

Рисунок 4.5 - Отображение на индикаторе режима установки параметров обработки сигналов.

4.2.11.1 Клавишей «  » установить требуемую функцию обработки сигнала вибрации для канала А – Ханнинга (отображается

как «ХАННИНГ») или прямоугольную («ПР. УГ.»). Как правило, используется функция Ханнинга. Аналогичные действия произвести для канала Б, используя клавишу «».

4.2.11.2 Клавишей «» установить вид измерительной процедуры работы анализатора для канала А:

- «БПФ» - измерение параметров вибрации (частотная область) и анализ спектрального сигнала вибрации;
- «ОСЦИЛЛОГРАФ» - анализ формы сигнала вибрации (временная область).

Аналогичные действия произвести для канала Б используя клавишу «».

4.2.11.3 Установка значения разрешающей способности анализатора проводится при помощи клавиши «», при этом на индикаторе отображается количество линий, равное разрешающей способности. Необходимо нажимать данную клавишу пока на индикаторе не отобразится требуемое значение из ряда, указанного в п. 2.8.

4.2.11.4 При помощи клавиши «» выбрать необходимое значение частоты фильтра ФВЧ для канала А: 2 или 10 Гц.

Аналогично при помощи клавиши «» выбрать значение частоты фильтра ФВЧ для канала Б.

Примечание - Как правило, чем меньше значение уровня вибрации или частоты вращения механизма - тем меньше значение частоты ФВЧ. При этом не следует выбирать без необходимости минимальное значение частоты ФВЧ, так как в этом случае значительно выше уровень шума.

4.2.11.5 Клавишами «», «» установить значение частоты ФНЧ. Диапазон устанавливаемых значений соответствует п. 2.2. Шаг и минимальное значение ФНЧ зависят от измеряемого параметра:

– при измерении виброускорения, минимальное значение ФНЧ — 1 кГц, шаг — 1 кГц;

– при измерении виброскорости, виброускорения, минимальное значение ФНЧ — 125 Гц, шаг — 100 Гц.

Устанавливаемое значение отображается на индикаторе в третьей строке снизу.

В центре индикатора, ниже строки «ПОЛОСА», отображается значения диапазона частоты для каналов А и Б, соответствующего значениям частоты фильтров, установленных оператором - «К. А...», «К. Б...». В нижних строках индикатора отображаются период выборки - «ПЕРИОД» и разрешающая способность по частоте. Эти значения связаны с устанавливаемыми значениями частоты фильтров.

### **4.3 Измерение частоты вращения механизма**

4.3.1 На остановленный вал или соединительную муфту механизма нанести светоотражающую метку (наклейка или краска). Лучше всего в качестве метки использовать пленки со световозвращающим эффектом. Для исключения ложных сигналов от шпоночных канавок, шлицев, пазов, следов ржавчины и т. п., рекомендуется выбирать чистые и гладкие участки, покрыть поверхность темным грунтом или краской.

4.3.2 Подключить к разъему «ТАХО» анализатора таходатчик.

4.3.3 Установить таходатчик на расстоянии от 1 до 30 см от вала механизма под углом, не равным 90°, для уменьшения числа ложных срабатываний от гладкой поверхности. Отрегулировать его положение относительно метки, по сигналам контрольного светодиода расположенного на заднем торце таходатчика, при прокручивании вала.

Примечание - Для установки таходатчика рекомендуется использовать магнитную стойку, входящую в комплект поставки.

4.3.4 Установить режим измерения частоты вращения, для этого в главном меню выбрать пункт «ТАХОМЕТР». При этом на индикаторе отображается информация, приведенная на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 - Отображение на индикаторе БЭ режима измерений частоты вращения

4.3.5 Нажать клавишу «  » и при помощи клавиш «  », «  » установить значение количества импульсов на один оборот (количество отражающих меток на валу). Нажать клавишу «  ».

4.3.6 Нажать клавишу «  », при этом на индикаторе отображается надпись «ИЗМЕРЕНИЕ...». Убедиться в наличии сигнала от таходатчика по индикации контрольного светодиода таходатчика, а также по стабильным показаниям анализатора, при прокручивании вала.

## 4.4 Проведение балансировки роторов

4.4.1 Для улучшения качества балансировки, необходимо перед проведением работ убедиться в том, что на данном механизме сведено к минимуму влияние факторов вызывающих вибрацию при данной частоте вращения:

- несоосность валов (смещение и излом);
- отклонение траектории вращения ротора от окружности;
- касание вращающегося ротора неподвижных элементов механизма;
- изгиб вала;
- неустойчивое крепление или перекос механизма;

- несоосность мест установки подшипников на валу или корпусе механизма;
- неравномерная передача крутящего момента элементами соединительных муфт;
- износ подшипников скольжения;
- зазоры в местах установки подшипников качения.

4.4.2 В главном меню выбрать пункт «БАЛАНСИРОВКА». При этом на индикаторе отобразится меню режима «БАЛАНСИРОВКА», представленное на рисунке 3.5.

Далее приведены пояснения к пунктам меню режима «БАЛАНСИРОВКА»:

- «0: ПУСК-0» – измерение без пробных грузов (нулевой пуск);
- «1: ПУСК-NN» – измерение с пробными грузами (пробный пуск);
- «2: ГРУЗЫ» - ввод и просмотр данных о грузах при пробном пуске;
- «3: КОМПЕНС-Я ВИБ» - ввод и просмотр параметров вибрации, подлежащих устранению. Если коэффициенты влияния неизвестны, то в этот массив заносятся данные нулевого пуска. Если же все коэффициенты влияния известны, то необходимо произвести измерения аналогично измерениям меню «ПУСК-0».
- «4: РАСЧЕТ» - расчет массы корректирующих грузов после ввода всех исходных данных;
- «5: КОЕФ-ТЫ ВЛ.» - ввод известных или просмотр рассчитанных коэффициентов влияния;
- «6: ОСТАТ. ВИБР.» - просмотр и оптимизация рассчитанного значения остаточной вибрации;
- «7: КОРР. МАССЫ» - просмотр после расчета или оптимизации значений массы корректирующих грузов;
- «8: ВЕКТОРЫ» сложение и разложение векторов;
- «9: УСТАНОВКИ» – ввод исходных данных для новой балансировки;
- «↵: КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР» – измерение параметров вибрации при пуске с установленными корректирующими грузами.

Подробное описание этих пунктов меню и работы в них изложено в п. 5.3.

4.4.3 Для ввода исходных данных для проведения балансировки нажать клавишу «» - режим «УСТАНОВКИ», при этом на индикаторе отобразится следующее меню (см. рисунок 4.7):



```
1:Плоскостей - 8
2:Точек - 14
3:Неизв. Квл. - 8
5:об/мин= 0
8:Записать протокол
0:СТЕРЕТЬ ДАННЫЕ
```

Рисунок 4.7 - Отображение на индикаторе меню режима «УСТАНОВКИ».

4.4.4 Нажать клавишу «» и на позицию отмеченную мигающим курсором, ввести количество плоскостей, в которых будет производится установка корректирующих грузов. Подтвердить значение нажатием клавиши «».

4.4.5. Нажать клавишу «» и на позицию, отмеченную мигающим курсором, ввести количество точек, в которых будет производится измерение вибрации. Подтвердить значение нажатием клавиши «».

4.4.6 Нажать клавишу «» и на позицию, отмеченную мигающим курсором, ввести количество неизвестных коэффициентов влияния. По умолчанию устанавливается равным числу плоскостей, что означает - все коэффициенты влияния (масса грузов и угол их установки) неизвестны и будут определены по данным пробных пусков. Подтвердить значение нажатием клавиши



4.4.7 В следующей строке «5: об/мин= ...» отображается измеренное значение частоты вращения.

4.4.8 Для записи последнего протокола балансировки и просмотра сделанных ранее записей нажать клавишу «  » - «ЗАПИСАТЬ ПРОТОКОЛ».

**ВНИМАНИЕ! ЕСЛИ РЕЗУЛЬТАТ ПОСЛЕДНЕГО ИЗМЕРЕНИЯ НЕ БЫЛ ЗАПИСАН В ПАМЯТЬ, ТО ПРИ ОТКРЫТИИ РАНЕЕ ЗАПИСАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОН НЕ БУДЕТ СОХРАНЕН В ПАМЯТИ.**

Для удаления всех данных для балансировки из памяти анализатора нажать клавишу «  » - «СТЕРЕТЬ ДАННЫЕ». При этом на индикаторе отображается запрос о подтверждении удаления данных. Для подтверждения удаления - нажать клавишу «  ».

**ВНИМАНИЕ!** Перед проведением балансировки обязательно удалить результаты предыдущих балансировок («СТЕРЕТЬ ДАННЫЕ»).

#### **4.5 Проведение контроля состояния подшипников методом ударных импульсов – режим «ТЕСТЕР 77Д»**

4.5.1. Подключить к разъему «ОГИБ.» щуп или датчик ударных импульсов.

4.5.2 Установить режим контроля состояния подшипников, для этого в главном меню выбрать пункт «ТЕСТЕР 77Д». При этом на индикаторе отобразится меню, представленное на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Отображение на индикаторе режима «ТЕСТЕР 77Д».

#### 4.5.3 Установить значение параметров контроля подшипников.

Для этого нажать клавишу «», при этом на индикаторе отобразится ранее установленное значение характеризующее состояние нового, правильно установленного и смазанного подшипника – dBi, выраженное в децибелах, и при помощи клавиш «», «» установить необходимое для контроля значение, если оно известно заранее. Нажать клавишу «» - подтвердить значение. Если значение dBi неизвестно, то нужно нажать клавишу «», чтобы перейти к установке следующих параметров контроля (см. пп. 4.5.3.1-4.5.3.3), после чего анализатор самостоятельно рассчитает значение dBi.

4.5.3.1 Нажать клавишу «». На индикаторе отображается ранее установленное значение диаметра вала или внутреннего диаметра подшипника - D, выраженное в миллиметрах. При помощи клавиш «», «» установить необходимое значение, для подтверждения нажать клавишу «».

4.5.3.2 Нажать клавишу «». На индикаторе отображается ранее установленное значение частоты вращения – N. При помощи

клавиш «  », «  » установить необходимое значение, для подтверждения нажать клавишу «  ».

4.5.3.3 Нажать клавишу «  ». На индикаторе отображается ранее установленный режим измерений: однократный, непрерывный, усредненный. При помощи клавиш «  », «  » выбрать необходимый режим, нажать клавишу «  ».

4.5.4 На индикаторе отображается начальное меню (см. рисунок 4.8), анализатор готов к проведению контроля подшипников.

Подробное описание проведения контроля подшипников в режиме «ТЕСТЕР 77Д» представлено в подразделе 5.7.

## **4.6 Методика оценки состояния подшипников методом ударных импульсов**

4.6.1 Назначение метода ударных импульсов - определение состояния подшипников качения и качества их смазки у электродвигателей, насосов, сепараторов, вентиляторов, турбокомпрессоров для наддува дизелей и т.д. С помощью приборов для измерения ударных импульсов в некоторых случаях можно установить места утечек воздуха или газа через неплотности в сосудах высокого давления или трубопроводах. Проведенные в ЦНИИМФ исследования позволили расширить возможности приборов. Установлено, что измерители ударных импульсов можно применять для оценки состояния топливных насосов высокого давления и форсунок дизелей, клапанов поршневых компрессоров.

Метод ударных импульсов впервые введен фирмой SPM (Швеция) и основан на измерении и регистрации механических ударных волн, вызванных столкновением двух тел. Ускорение частиц материала в точке удара вызывает волну сжатия, которая в виде ультразвуковых колебаний распределяется во всех направлениях по телу. Ускорение частиц материала в начальной фазе удара зависит только от скорости столкновения и не зависит от соотношения размеров тел. Период времени мал, и заметной деформации не происходит. Величина фронта волны является мерой скорости

столкновения (удара) двух тел. Во второй фазе удара поверхности двух тел деформируются, энергия движения отклонит тело и вызовет в нем колебания, которые обычно и распознаются вибрационным анализом.

4.6.2 Для измерения ударных импульсов используется пьезоэлектрический датчик, на который не оказывает влияние фон вибрации и шум. Датчик механически и электрически настроен на частоту в 28...32 кГц. Вызванная механическим ударом фронтальная волна сжатия возбуждает затухающие колебания в датчике (преобразователе).

4.6.3 Пиковое значение амплитуды этого затухающего колебания прямо пропорционально скорости удара ( $v$ ). Поскольку затухающий переходный процесс очень хорошо определяется и имеет постоянную величину затухания, его можно отфильтровать от других сигналов, т.е. от сигналов вибрации. Измерение и анализ затухающего переходного процесса - основа метода ударных импульсов.

4.6.4 На поверхности беговых дорожек подшипников всегда имеются неровности. Поэтому при работе подшипника имеют место механические удары и возникают ударные импульсы. Величина ударных импульсов зависит от состояния поверхностей качения и окружной скорости. Величина ударных импульсов, генерируемых обычным подшипником, увеличивается в 1000 раз, начиная от того момента, когда он был новым, и кончая моментом, когда его следует заменить. Для упрощения считывания таких больших величин применяется шкала, отградуированная в децибелах.

4.6.5 Эмпирические испытания показали, что даже новый и смазанный подшипник генерирует ударные импульсы. Значение этого начального удара выражается как  $dBi$  (dB, исходный уровень). По мере износа подшипника увеличивается значение  $dBm$  (амплитуда ударного импульса).

Нормированное значение  $dBc$  для подшипника можно выразить как

$$dBc = dBm - dBi.$$

На рис. 4.9 приведена зависимость между  $dBc$  и ресурсом работы подшипника.

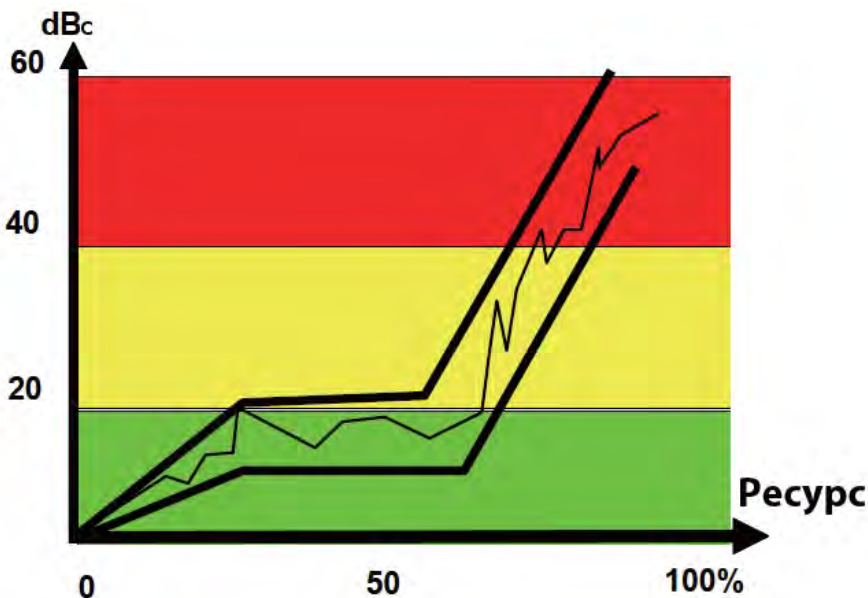


Рисунок 4.9 – Зависимость между  $\text{dBc}$  и ресурсом работы подшипника

Шкала  $\text{dBc}$  разделена на три зоны (категории состояния подшипника):

$\text{dBc} < 20$  - хорошее состояние

$\text{dBc} = 20\text{--}40$  - удовлетворительное состояние

$\text{dBc} > 40$  - неудовлетворительное состояние (необходима замена подшипника).

#### 4.6.6 Определение состояния подшипника.

Техническое состояние подшипника определяется в основном по уровню и соотношению двух измеренных величин  $\text{dBm}$  и  $\text{dBc}$ .

$\text{dBm}$  - максимальное значение нормированного сигнала .

$\text{dBc}$  - пороговое значение нормированного сигнала - фон подшипника.

Однако, во время работы подшипника пиковые удары различаются не только по амплитуде, но и по частоте. На рис. 4.10 приведены типовые примеры оценки состояния подшипника и условий его эксплуатации (монтаж, посадка, центровка, смазка) на

основе соотношения амплитуды удара (прочтенном на шкале  $\text{dBc}$ ) и частоты (количество ударов в минуту):

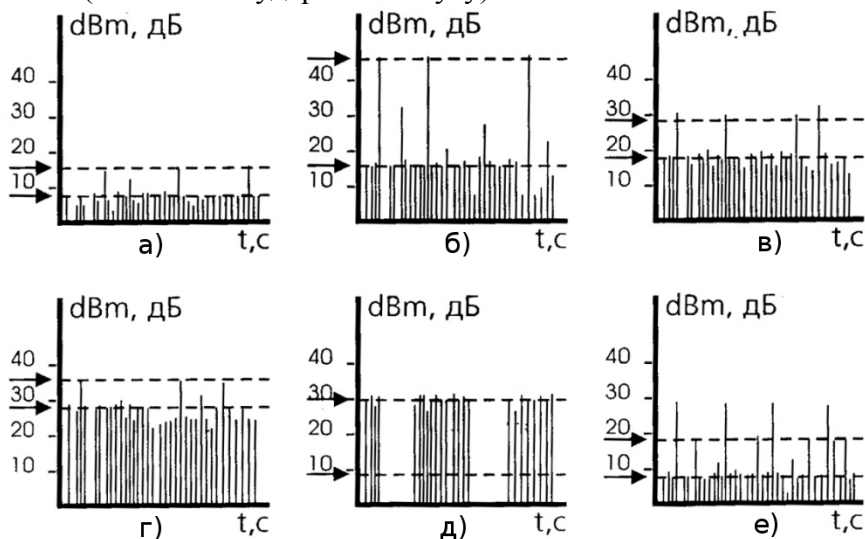


Рисунок 4.10 – Типовые примеры оценки состояния подшипника и условий его эксплуатации

На рисунке 4.10:

а) в хорошем подшипнике удары возникают в основном от качения шариков по неровностям беговой дорожки (обоймы) подшипника и создают нормальный уровень фона с низким значением амплитуды ударов ( $\text{dBc} < 10$ ), на котором имеются случайные удары с амплитудой  $\text{dBm} < 20$  дБ;

б) при появлении дефектов на беговой дорожке (обойме) или шариков на общем фоне возникают пиковые значения ударов с большой амплитудой  $\text{dBm} > 40$  дБ. Удары возникают беспорядочно, часто значения фона лежат в пределах  $\text{dBc} < 20$  дБ, хотя при сильном повреждении подшипника возможно увеличение фона. Как правило, наблюдается большая разница  $\text{dBm}$  и  $\text{dBc}$ ;

в) при отсутствии смазки или слишком плотной (слабой) посадке подшипника увеличивается фон подшипника ( $\text{dBc} > 10$ ), даже если подшипник не имеет еще каких-либо повреждений на беговых дорожках. Амплитуда пиковых ударов и фона относительно близки ( $\text{dBm} = 30$ ,  $\text{dBc} = 20$ );

г) при кавитации насосов уровни фона характеризуются

высоким значением амплитуды. Для насосов существуют нормы ударных импульсов при кавитации. Измерение производится на корпусе. При этом следует иметь в виду, что криволинейные поверхности демпфируют ударные импульсы от кавитации. Разница пиковых значений и фона весьма мала (например,  $dBm = 38$  дБ,  $dBc = 30$  дБ);

д) механическое касание вблизи подшипника между вращающейся и неподвижной частями механизма вызывает ритмичные (повторяющиеся) ударные всплески пиковых значений;

е) если подшипник подвергается ударной нагрузке, например, от хода поршня в компрессоре, ударные импульсы будут ритмичными (повторяющимися) по отношению к рабочему циклу машины, поэтому общий фон ( $dBc$ ) и пиковые амплитуды ( $dBm$ ) самого подшипника легко определяются.

Разрушение ведущего зубчатого колеса в коробке скоростей также может вызвать повторяющиеся удары. Эти удары будут ритмичными по отношению к частоте вращения вала (причем на всех подшипниках, установленных в коробке скоростей). Нельзя измерять, если двигатель только что запущен и если только что добавили смазку (можно через 15 минут).

В Приложении 2 приведены рассмотренные и другие возможные случаи повышенных сигналов ударных импульсов. Могут быть случаи, когда новый подшипник имеет  $dBc$  больше 20 дБ. Если эти значения во времени стабильны, то состояние подшипника приемлемое.

#### 4.6.7 Метод и условия измерения

Измерения ударных импульсов должны проводиться непосредственно на корпусе подшипника. При свободном доступе к корпусу подшипника измерения выполняются с помощью щупа, как показано на рисунках 4.11, 4.12, 4.13.

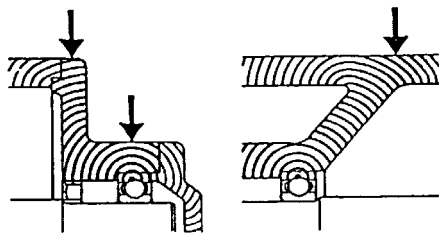


Рисунок 4.11 – Зоны действия ударных импульсов

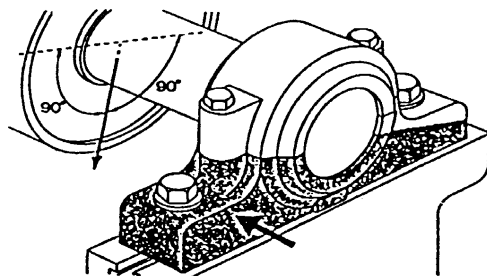


Рисунок 4.12 – Зоны действия ударных импульсов

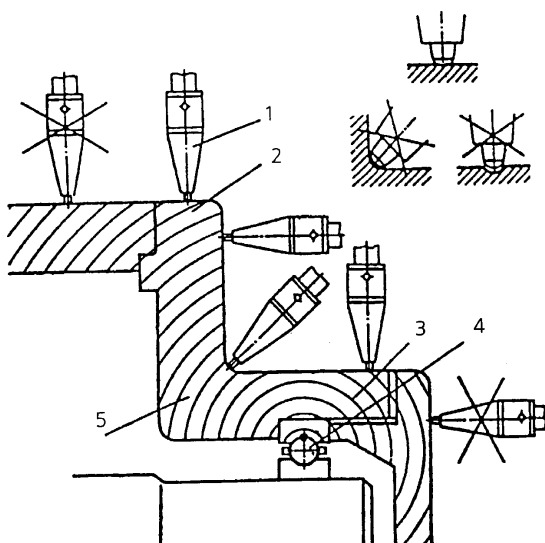


Рисунок 4.13 — Правила установки измерительного шупа

- 1 – щуп анализатора
- 2 – корпус подшипника
- 3 – распространение волн напряжения
- 4 – подшипник качения с дефектом
- 5 – зона измерения ударных импульсов

4.6.8 Перед измерением ударных импульсов необходимо рассмотреть чертеж конструкции механизма и убедиться в правильности выбора мест измерения, исходя из условий распространения ударных импульсов. Поверхность в месте измерений должна быть ровной. Если имеется толстый слой краски, то его следует удалить. Щуп располагают перпендикулярно контролируемой поверхности (см. рис. 4.13).

4.6.9 Некоторые особенности проведения измерений ударных импульсов и оценки состояния механизмов

Приведенные выше нормы соответствуют измерениям, выполненным непосредственно на корпусе подшипника с помощью щупа. При измерении ударных импульсов подшипников, к корпусам которых нет свободного доступа (находящихся в демпферных стаканах, подшипниковых щитах с разъемом и т.п.), оценка их технического состояния производится двумя способами. Первый способ - по относительному увеличению уровня ударных импульсов по сравнению с хорошим состоянием подшипника, за уровень которого принимаются результаты измерений сразу после ревизии (замена подшипника).

4.6.10 В этом случае предельным значением следует считать повышение уровня ударных импульсов на 20 дБ. Второй способ - по приведенным выше нормам с учетом поправки на демпфирование. Величина поправки (10-20 дБ) зависит от степени демпфирования сигнала в каждой конкретной конструкции механизма и определяется опытным путем.

4.6.11 При наличии высокого уровня ударных импульсов на корпусе подшипников вихревых и шестеренных насосов, а также кавитирующих насосов любых типов следует проверить, не являются ли причиной гидромеханические явления внутри насосов. Для этого измеряют уровень ударных импульсов на корпусе насосов и, если он ниже, чем на корпусе подшипника, то причина - в подшипнике.

4.6.12 По уровню ударных импульсов (dBm), измеренных на корпусе насосов, можно судить о кавитации насоса, срывах потока из-за износа уплотнений, шестерен, винтов и колец. Точки замеров на насосах указаны на рис. 4.14. Нормы технического состояния приведены в табл. 4.1.

4.6.13 Для оценки технического состояния топливных насосов высокого давления (ТНВД) и форсунок дизелей с помощью индикаторов ударных импульсов щуп индикатора устанавливается на верхнюю часть корпуса насоса или форсунки. Мерой неисправности является отклонение величины dBm на  $\pm 12$  дБ от среднего значения этой величины для насосов (форсунок) по всему двигателю.

4.6.14 Повышение уровня ударных импульсов, замеренных на ТНВД, свидетельствует о повреждении нагнетательного клапана, а снижение - об износе плунжерной пары. Повышение уровня на форсунках показывает их закоксовывание.

4.6.15 Аналогично определяется состояние всасывающих и нагнетательных клапанов поршневых компрессоров.

Таблица 4.1. - Нормы технического состояния насосов по уровню ударных импульсов dBm, измеренных на корпусе насоса (при dBi = 0)

| Категории состояния | I<br>хорошее | II<br>Приемлемое<br>(удовл.) | III<br>Ограниченно<br>допустимое<br>(неудовл.) |
|---------------------|--------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| Центробежные        | < 45         | 45 – 60                      | > 60                                           |
| Вихревые            | < 50         | 50 - 68                      | > 68                                           |
| Шестерённые         | < 55         | 55 – 68                      | > 68                                           |
| Винтовые            | < 50         | 50 – 65                      | > 65                                           |
| Радиально-поршневые | < 50         | 50 - 65                      | > 65                                           |

4.6.16 Измерение ударных импульсов производится на поверхности крышки клапана. Среднее значение находится на основе результатов измерений клапанов по соответствующим ступеням двух (трех) компрессоров.

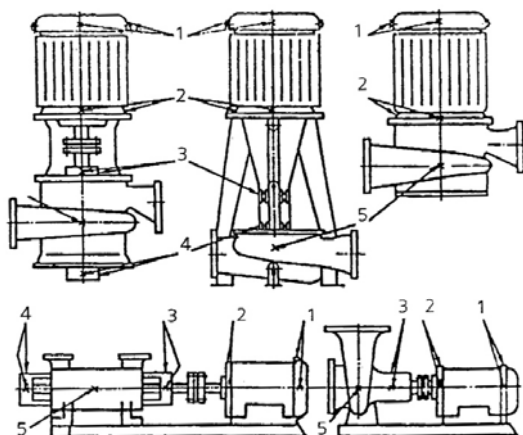


Рисунок 4.14 - Точки измерения ударных импульсов на насосах и электродвигателях.

- 1 - верхний (задний) подшипник электродвигателя
- 2 - нижний (передний) подшипник электродвигателя
- 3 - верхний (передний) подшипник насоса
- 4 - нижний (задний) подшипник насоса
- 5 - корпус насоса

4.6.17. В некоторых случаях результаты контроля по нормированным значениям ( $\text{dBm}$  и  $\text{dBc}$ ) измеренных ударных импульсов могут привести к ошибочным выводам. Это может быть при оценке подшипников, например, редуктора, в котором имеются подшипники разных размеров и которые вращаются с разной скоростью.

Происходит такое явление по двум причинам:

- 1. Вследствие взаимного влияния ударных импульсов.
- 2. Вследствие различного уровня собственного фона ( $\text{dBi}$ ).

На рис. 4.15 показаны два подшипника А и В. У подшипника А  $\text{dBi} = 27$ , у подшипника В  $\text{dBi} = 7$ . Подшипник А генерирует более сильные ударные импульсы, которые передаются к точке замера подшипника В. В результате индикатор в точке В регистрирует только импульсы, исходящие от подшипника А и значения  $\text{dBm}$  в точке В составляют 40 дБ, в точке А индикатор регистрирует существенно меньше  $\text{dBm}$ , здесь  $\text{dBm} = 26$ . Делать оценку по этим показаниям нельзя. В указанных случаях необходимо оценивать

подшипник по ненормированным (т.е. при  $dBi=0$ ) значениям ударных импульсов  $dBm$ .

Тогда в точке А  $dBm = 53$ , а в точке В  $dBm = 47$ . Приведенные результаты показывают, что подшипник А является источником более сильных ударных импульсов. Все наводки (помехи) должны исходить от этого подшипника, т.е. замеры в точке А следует считать верными и оценку состояния подшипника можно делать по **нормированным** (т.е. с учетом  $dBi$ ) значениям  $dBm$ .

Измерения в точке В, скорее всего, вследствие наводок неверные. Поэтому для оценки подшипника В остается смотреть за изменением величины ударных импульсов в точке В во времени.

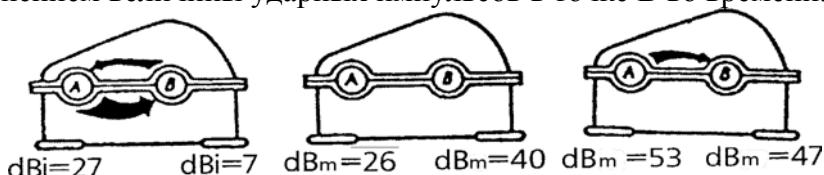


Рисунок 4.15 – К оценке взаимного влияния ударных импульсов

## 5 ПОРЯДОК РАБОТЫ

### 5.1 Проведение измерений вибрации

5.1.1 После того, как значения всех параметров и режимов установлены в соответствии с п. 4.2, выбрано измерение параметров вибрации «БПФ» (см. п. 4.2.11.2), и соответствующий вибропреобразователь подключен к анализатору и установлен в требуемую точку на механизме (см. п. 4.2.3), на индикаторе отображается информация, представленная на рисунке 3.7. Для проведения измерений необходимо нажать клавишу «».

5.1.2 В случае, когда выбран режим работы усилителя «РУЧНОЙ», коэффициент усиления выбирается вручную. В этом режиме анализатор отображает на цифровом индикаторе следующие коэффициенты усиления:  $k_0$  — соответствует каналу «А»,  $k_1$  — соответствует каналу «В»,  $k_{PGA}$  — общий коэффициент усиления, как представлено на рисунке 5.1:

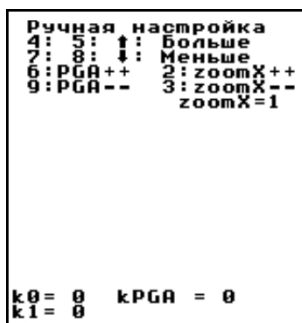


Рисунок 5.1 — Ручной подбор коэффициента усиления.

Коэффициент « $k_0$ » изменяется при нажатии клавиш «» или «» (соответственно увеличение и уменьшение усиления канала), коэффициент « $k_1$ » изменяется нажатием клавиш «» или «», а коэффициент « $k_{PGA}$ » изменяется при помощи клавиш «» или «».

Для выбора номера коэффициента усиления поступают следующим образом: для каждого канала увеличивают усиление до тех пор, пока на индикаторе анализатора не появится надпись «ПЕРЕГРУЗКА», после чего необходимо уменьшить коэффициенты усиления на одну единицу. Затем нажать клавишу



«СТАРТ» и анализатор переходит в режим измерения параметров вибрации. Если установлен автоматический режим работы усилителя - «АВТО», то коэффициент усиления устанавливается автоматически и анализатор сразу переходит в режим измерения.

### 5.1.3 Процесс измерений оканчивается:

– если выбран режим усреднений «Лин.вр.обл» или «Лин.част.обл.», измерение окончится автоматически, после выполнения заданного количества измерений;

– если выбран режим усреднений «Эксп.част.обл» или «Эксп.лин.обл.» или усреднение выключено, то измерение завершится после нажатия клавиши «СТАРТ».



5.1.4 По окончании процесса измерения на индикаторе отображается следующая информация (см. рисунок 5.2):

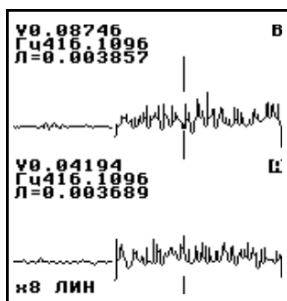


Рисунок 5.2 – Пример отображения на индикаторе результатов измерений параметров вибрации.

В данном примере на индикаторе отображаются следующие значения:

- «V0,08746» – общий уровень (СКЗ) параметра вибрации – виброскорости в заданном диапазоне частоты ( $V = 0,08746$  м/с);

- Гц416,1096 – частота, соответствующая максимальной амплитуде параметра вибрации ( $f = 416,1096$  Гц);
- « $L=0,003857$ » – амплитуда параметра вибрации в точке расположения курсора (после окончания измерений курсор устанавливается на линию спектра с максимальной амплитудой);
- «x8» - коэффициент сжатия отображаемого спектра (см. 4.1.5)
- для данного примера равен единице;
- «ЛИН.» - линейная шкала оси амплитуды параметров вибрации (см. 5.1.5);
- в случае измерения виброускорения на индикаторе также отображается « $\uparrow...$ » - пиковое значение виброускорения. Для виброперемещения - отображается максимальное значение размаха - « $\uparrow...$ », для фазы вибрации – измеренное значение фазы и частоты вращения.

5.1.5 Для отображения на индикаторе дополнительного меню результатов измерений нажать и удерживать клавишу «».

В данном меню возможно осуществить следующие функции:

- выбор шкалы оси амплитуды параметра вибрации: линейная (ЛИН.) или логарифмическая (дБ). Для выбора шкалы нажать

клавишу «»;

- копировать в буфер векторы для балансировки (значения амплитуды и фазы в точке расположения курсора) – нажать клавишу

«»;

- перемещение курсора на 30 линий влево - нажать клавишу

«»;

- перемещение курсора на 30 линий вправо - нажать клавишу

«»;

- перемещение курсора на 1 линию вправо (влево), а при длительном нажатии - к следующему (предыдущему) максимальному значению (пику) в спектре - нажать клавишу «» («»);

- переключения канала (А или В), для которого активен курсор - нажать клавишу «  »;
- установление значения коэффициента сжатия отображаемого спектра - нажимать клавишу «  » пока на индикаторе не отобразиться требуемое значение;
- запись текущего результата измерений в память - нажать клавишу «  ».

**ВНИМАНИЕ! ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ ВОЗМОЖНА ТОЛЬКО ДО ВЫХОДА ИЗ ПРОСМОТРА СПЕКТРА, СРАЗУ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ.**

**ЕСЛИ РЕЗУЛЬТАТ ПОСЛЕДНЕГО ИЗМЕРЕНИЯ НЕ БЫЛ ЗАПИСАН В ПАМЯТЬ, ТО, ПРИ ПРОСМОТРЕ РАНЕЕ ЗАПИСАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ОН БУДЕТ УТЕРЯН.**

Подробно операции по сохранению результатов измерений и последующих действий с ними рассмотрены в разделе 5.9.

5.1.6 Для проведения анализа формы сигнала («Временная область») необходимо в меню подрежима установления параметров обработки сигналов, нажимая клавишу «  », выбрать режим «ОСЦИЛЛОГРАФ» (п. 4.2.11.2). Измерение начинается после нажатия клавиши «  ».

Пример отображения формы сигнала на индикаторе представлен на рисунке 5.3:

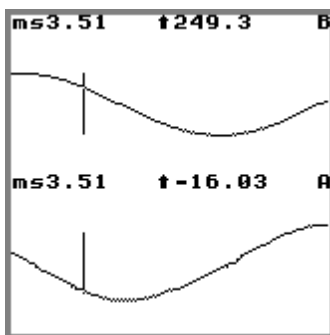


Рисунок 5.3 – Пример отображения на индикаторе формы сигнала в режиме «ОСЦИЛОГРАФ».

На индикаторе отображаются следующие значения:

«ms X.XX» - время, в мс, от начала измерения;

«↑ XXX.XX» - амплитуда вибросигнала, в соответствующих единицах.

После завершения процесса измерения файл с осциллограммой вибросигнала можно сохранить в памяти для последующего просмотра и анализа в программе «КонСпект» (см. п. 5.9).

## 5.2 Измерение частоты вращения механизма

5.2.1 После того как выполнены все операции по пункту 4.3 включить механизм и установить его в рабочий режим.

5.2.2 Нажать клавишу «», при этом на индикаторе отображается надпись «ИЗМЕРЕНИЕ..».

5.2.3 Если сигнал от тахометрического датчика устойчивый, произвести необходимое количество измерений. Для остановки процесса измерения и отображения его результата нажать клавишу

«». Отображение на индикаторе результат измерения представлено на рисунке 5.4

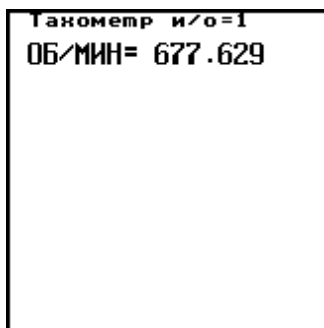


Рисунок 5.4 – Пример отображения на индикаторе результата измерения частоты вращения.

5.2.4 В случае, если сигнал неустойчивый, на индикаторе отображается информация:

- «НЕТ СИГНАЛА» - датчик не подключен или поврежден;
- «ШУМ ТАХО» - некорректно установлены светоотражающие метки или поверхность, где они установлены, плохо подготовлена.

5.2.5 Сохранение результатов измерений и их просмотр осуществляется так же, как и в других режимах. Подробно эти операции рассмотрены в п. 5.9.

### **5.3 Одноплоскостная балансировка в одноканальном режиме**

5.3.1 Для конструкции, приведенной на рисунке 5.5. необходимо измерение вибрации в одной точке, ближайшей к ротору. Перед началом балансировки необходимо нанести контрастную метку на вал в соответствии с рекомендациями п. 4.3., и, для проверки правильности работы таходатчика, провести измерение частоты вращения механизма, в соответствии с рекомендациями п. 5.2.

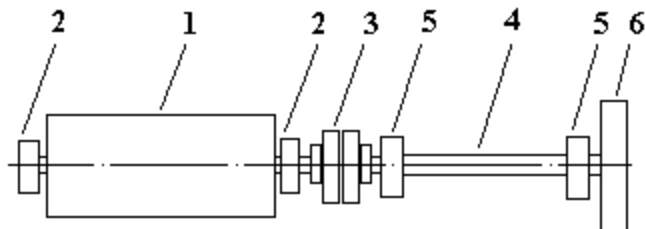


Рисунок 5.5. – Схема механизма с двухопорным валом и консольным расположением ротора

1 — двигатель; 2 — подшипниковые опоры двигателя; 3 — муфта; 4 — вал рабочего органа; 5 — опоры вала рабочего органа; 6 — ротор (рабочий орган — колесо вентилятора, насоса и т.д.)

5.3.2 Из главного меню перейти к режиму

«БАЛАНСИРОВКА», клавишей «» перейти в подменю «УСТАНОВКИ» и установить (см. п. 4.4.3) такие настройки (см. рис. 5.6):

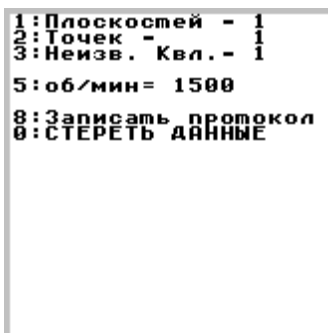


Рисунок 5.6. – Установки для одноплоскостной балансировки в одноканальном режиме\*

\* – обратите внимание, что настройка 5: об/мин = 1500 приведена для примера

5.3.3 Подключить ко входу 1 (рис. 3.3) к каналу А (INP. 1) акселерометр и установить его в месте, соответствующем первой точке измерения вибрации.

Примечание - Рекомендуется производить замеры на всех подшипниковых узлах, в вертикальном направлении, как можно ближе к центру подшипника. Жесткость опор в вертикальном направлении более стабильна по сравнению с

поперечным и осевым и меньше зависит от состояния крепления подшипниковых опор.

5.3.4 В меню режима «БАЛАНСИРОВКА» выбрать пункт «0: ПУСК-0» - «НУЛЕВОЙ ПУСК». При этом на индикаторе отображается следующая информация (см. рисунок 5.7):



Рисунок 5.7 – Отображение на индикаторе режима «НУЛЕВОЙ ПУСК».

5.3.5 Нажать клавишу «», при этом на индикаторе отображается меню установки значений и параметров измерения и анализа параметров вибрации (см. рисунок 5.8). Установить следующие значения параметров и режимов, следуя указаниям, изложенным в 4.2:

Канал А — Вход 1;

Канал Б — выключен;

- параметр вибрации, подлежащий измерению – «ИНТ1 V»;
- режим работы усилителя – «АВТО»;
- коэффициент преобразования вибропреобразователя – значение коэффициента, используемого вибропреобразователя, указанное в разделе «СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ» настоящего руководства или паспорте на вибропреобразователь;
- вид измерительной процедуры - «БПФ»;
- разрешающая способность – 400 линий;
- частота среза ФВЧ - 10 Гц;
- частота среза ФНЧ - 400 Гц;
- способ запуска измерений - «ВНЕШНИЙ»;
- вид усреднения - «ЛИН. ЧАСТ. ОБЛ.»;

- количество результатов, подлежащих усреднению — 4.

```
Канал А Авто Рс
1: Вх.1 16.251
Имп1 Y
2: БПФ 400
Ханнинг
10 - 400 Гц
*****
Канал Б Выкл

2:

*****
3: Запуск
Внешний
6: Имп/оборот=1
4: Усредн. 5: N=4
Лин. част.обл
```

Рисунок 5.8. - Настройки обработки вибрационного сигнала для одноплоскостной балансировки в одноканальном режиме.

**ВНИМАНИЕ! В ДАЛЬНЕЙШЕМ УСТАНОВЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ, А ТАКЖЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТАХОДАТЧИКА НЕ ИЗМЕНЯТЬ!**

5.3.6 В случае, если коэффициенты влияния заранее известны, ввести их значения.

5.3.7 После того, как выполнены операции по п. 5.3.5, нажать клавишу «».

5.3.8 После выполнения необходимого количества измерений анализатор остановит процесс измерения. В полученном спектре установить курсор на гармонику, соответствующую **оборотной частоте**, полученной при проверке работы таходатчика п. 5.3.1 ( $f_{об} =$

$n/60$ , где  $n$  — частота вращения в об/мин). Нажать клавишу «» - результат измерений будет скопирован в буфер анализатора. Затем

нажать клавишу «».

5.3.9 Анализатор переходит в режим «0: ПУСК-0» (см. рисунок 5.7) и на индикаторе отображается результат измерений - амплитуда, фаза и частота вибрации в данной точке.

Нажать клавишу «», при этом результаты измерения вставятся из буфера в точку 1.

**ВНИМАНИЕ! ИЗ РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ В РЕЖИМ БАЛАНСИРОВКИ КОПИРУЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ ГАРМОНИКИ СПЕКТРА, НА КОТОРУЮ УКАЗЫВАЕТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КУРСОР В РЕЖИМЕ ПРОСМОТРА СПЕКТРА.**

**ЕСЛИ КУРСОР УСТАНОВЛЕН НЕ НА РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ МЕХАНИЗМА, СЛЕДУЕТ УСТАНОВИТЬ ЕГО ВРУЧНУЮ, НАЖИМАЯ КЛАВИШИ**

**«» И «».**

5.3.10 После того, как получены результаты измерений вибрации в режиме «0: ПУСК-0», необходимо остановить механизм и установить пробный груз. Данные о массе этого груза и угле его установки ввести в меню «2: ГРУЗЫ» (см. рисунок 5.9). Пробный груз должен иметь такую массу, чтобы была заметна реакция системы на него, то есть изменение амплитуды или фазы вибрации более чем на 30%.



Рисунок 5.9 – Отображение подменю «2: ГРУЗЫ».

5.3.11 Нажать клавишу «» и на позицию, отмеченную мигающим курсором, при помощи клавиатуры ввести значение

массы пробного груза и подтвердить ввод клавишей «  ».

Для того, чтобы переместить курсор на позицию ввода угла, необходимо повторно нажать клавишу «  ».

Нажать клавишу «  » и на позицию, отмеченную мигающим курсором, ввести значение угла и подтвердить ввод нажатием клавиши «  ».

Примечание - Отсчет угла установки грузов производится от метки на валу в направлении, противоположном направлению вращения вала.

5.3.12 После установки груза, запустить механизм и провести измерение вибрации, для этого необходимо перейти в подпункт «1: ПУСК-NN» и произвести действия, аналогично нулевому пуску, пп. 5.3.5, 5.3.7-5.3.9 (см. рисунок 5.10).

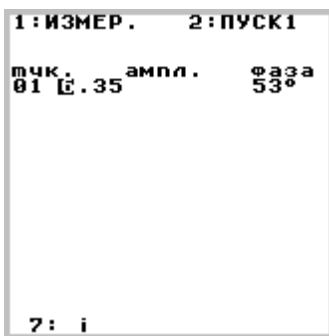


Рисунок 5.10 – Пример отображения на индикаторе результатов измерения вибрации в первом пуске: «1: ПУСК\_1».

5.3.13 Для проведения расчета корректирующих грузов выбрать пункт «4: РАСЧЕТ», для этого нажать клавишу «  », на индикаторе отображаются результаты расчета массы и угла установки корректирующего груза (см. рисунок 5.11).

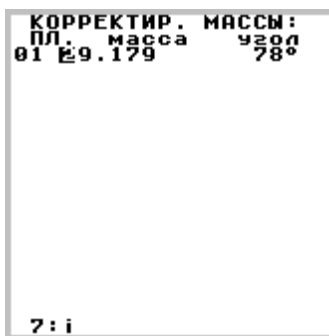


Рисунок 5.11 – Пример отображения на индикаторе результатов расчета массы и угла установки корректирующего груза.

5.3.14 Для отображения на индикаторе результатов расчета остаточной вибрации нажать клавишу «  ». При этом на индикаторе отображается информация, представленная на рисунке 5.12.



Рисунок 5.12 – Пример отображения на индикаторе результатов расчета остаточной вибрации.

5.3.15 После установки корректирующих грузов провести контрольное измерение параметров вибрации. Нажать клавишу «  » анализатор переходит в режим измерения параметров вибрации. Выполнить операции по пп. 5.3.5, 5.3.7-5.3.9, при этом на индикаторе отобразится информация, представленная на рисунке 5.13



Рисунок 5.13– Пример отображения на индикаторе результатов измерения в режиме «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР».

5.3.16 Для отображения на индикаторе подсказки нажать клавишу «», при этом на индикаторе отобразится следующее (см. рисунок 5.14):



Рисунок 5.14 – Отображение на индикаторе дополнительного меню «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР».

5.3.17 Результаты контрольного замера отличаются от расчетных значений остаточной вибрации, это вызвано нелинейностью коэффициентов влияния реального механизма и погрешностью измерений.

Если результаты, полученные при проведении контрольных измерений вибрации, превышают допустимые значения, то необходимо провести дополнительную балансировку.

5.3.18 При проведении дополнительной балансировки возможно не проводить повторные измерения с пробными грузами, а использовать результаты предыдущих измерений – коэффициенты влияния.

Для ввода значений известных коэффициентов влияния необходимо: в меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать пункт «9: УСТАНОВКИ» и в пункте «3: НЕИЗВ. КВЛ.» установить значение – 0.

5.3.19 В меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать меню «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР» и нажать клавишу  - выбрать режим «КОПИРОВАТЬ В КОМПЕНСИРУЕМАЯ ВИБР-Я» и подтвердить копирование клавишей  ». При этом результаты контрольных измерений сохраняются в указанном режиме.

В меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать «4: РАСЧЕТ».

5.3.20 После выполнения расчета на индикаторе отобразится результат вычислений значений массы и угла установки дополнительного корректирующего груза.

5.3.21 Для проведения расчета остаточной вибрации нажать на клавишу  », на индикаторе отобразятся результаты расчета (см. рисунок 5.10).

5.3.22 Для получения окончательных масс и углов установки корректирующих грузов, необходимо выполнить операцию векторного суммирования, при помощи режима, описанного в п. 5.6

## 5.4. Двухплоскостная балансировка в одноканальном режиме

5.4.1 Для конструкции приведенной на рисунке 5.15. необходимо измерение вибрации в, как минимум, двух точках. Оптимальным является измерение вибрации в четырех точках. Перед началом балансировки необходимо нанести контрастную метку на вал в соответствии с рекомендациями п. 4.3., и, для проверки правильности работы таходатчика, провести измерение частоты вращения механизма, в соответствии с рекомендациями п. 5.2.

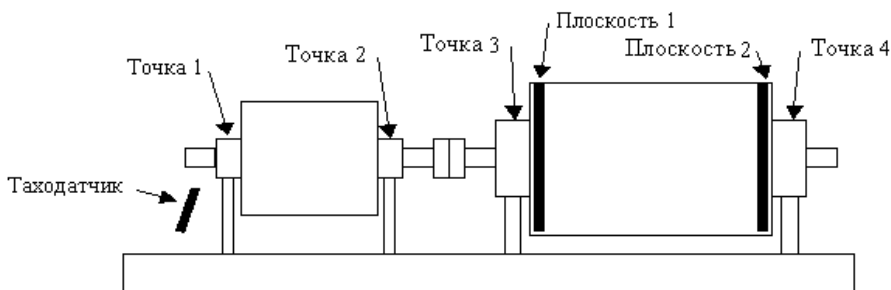


Рисунок 5.15. – Схема механизма с двухпорным валом и межпорным расположением широкого ротора

5.4.2 Из главного меню перейти к режиму «БАЛАНСИРОВКА», клавишей «» перейти в подменю «УСТАНОВКИ» и установить (см. п. 4.4.3) такие настройки (см. рис. 5.16):

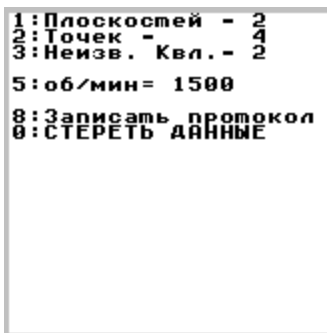


Рисунок 5.16. – Установки для двухплоскостной балансировки в одноканальном режиме\*

\* – обратите внимание, что настройка 5: об/мин = 1500 приведена для примера, минимальное количество точек (измерения вибрации) — 2, для примера приведено 4 точки измерения вибрации.

5.4.3 Подключить ко входу 1 (рис. 3.3) к каналу А (INP. 1) акселерометр и установить его в месте, соответствующем первой точке измерения вибрации.

Примечание - Рекомендуется производить замеры на всех подшипниковых узлах, в вертикальном направлении, как можно ближе к центру подшипника. Жесткость опор в вертикальном направлении более стабильна по сравнению с поперечным и осевым и меньше зависит от состояния крепления подшипниковых опор.

5.4.4 В меню режима «БАЛАНСИРОВКА» выбрать пункт «0: ПУСК-0» - «НУЛЕВОЙ ПУСК». При этом на индикаторе отображается следующая информация (см. рисунок 5.17):



Рисунок 5.17 – Отображение на индикаторе режима «НУЛЕВОЙ ПУСК».

5.4.5 Нажать клавишу «  », при этом на индикаторе отображается меню установки значений и параметров измерения и анализа параметров вибрации (см. рисунок 5.18). Установить следующие значения параметров и режимов, следуя указаниям, изложенным в 4.2:

- Канал А — Вход 1;
- Канал Б — выключен;
- параметр вибрации, подлежащий измерению — «ИНТ1 V»;
- режим работы усилителя — «АВТО»;
- коэффициент преобразования вибропреобразователя — значение коэффициента, используемого вибропреобразователя, указанное в разделе «СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ» настоящего руководства или паспорте на вибропреобразователь;
- вид измерительной процедуры - «БПФ»;
- разрешающая способность — 400 линий;
- частота среза ФВЧ - 10 Гц;
- частота среза ФНЧ - 400 Гц;
- способ запуска измерений - «ВНЕШНИЙ»;
- вид усреднения - «ЛИН. ЧАСТ. ОБЛ.»;
- количество результатов, подлежащих усреднению — 4.



```

Канал А Авто Рс
1: Вх.1 16.251
Инт1 V
2: БПФ 400
Ханнинг
10 - 400 Гц
*****
Канал Б Выкл

2:

*****
3: Запуск
Внешний
6: Импульс=1
4: Усредн. 5: N=4
Лин. част. обл
  
```

Рисунок 5.18. - Настройки обработки вибрационного сигнала для двухплоскостной балансировки в одноканальном режиме.

**ВНИМАНИЕ! В ДАЛЬНЕЙШЕМ УСТАНОВЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ, А ТАКЖЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТАХОДАТЧИКА НЕ ИЗМЕНЯТЬ!**

5.4.6 В случае, если коэффициенты влияния заранее известны, ввести их значения.

5.4.7 После того, как выполнены операции по п. 5.4.5, нажать клавишу «  ».

5.4.8 После выполнения необходимого количества измерений нажать клавишу «  » - анализатор остановит процесс измерения. В полученном спектре установить курсор на гармонику, соответствующую **оборотной частоте**, полученной при проверке работы таходатчика п. 5.3.1 ( $f_{об} = n/60$ , где  $n$  — частота вращения в об/мин). Нажать клавишу «  » - результат измерений будет скопирован в буфер анализатора. Затем нажать клавишу «  ».

5.4.9 Анализатор переходит в режим «0: ПУСК-0» (см. рисунок 5.17) и на индикаторе отображается результат измерений - амплитуда, фаза и частота вибрации в данной точке.

Нажать клавишу «  », при этом результаты измерения вставятся из буфера в точку 1.

**ВНИМАНИЕ! ИЗ РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ В РЕЖИМ БАЛАНСИРОВКИ КОПИРУЮТСЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ ГАРМОНИКИ СПЕКТРА, НА КОТОРУЮ УКАЗЫВАЕТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КУРСОР В РЕЖИМЕ ПРОСМОТРА СПЕКТРА.**

**ЕСЛИ КУРСОР УСТАНОВЛЕН НЕ НА РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЕ ВРАЩЕНИЯ МЕХАНИЗМА, СЛЕДУЕТ УСТАНОВИТЬ ЕГО ВРУЧНУЮ, НАЖИМАЯ КЛАВИШИ**

«  » И «  ».

5.4.10 Повторить процедуры, описанные в пп. 5.3.5 — 5.3.9 для точек 2 – 4.

5.4.11 После того, как получены результаты измерений вибрации в режиме «0: ПУСК-0», необходимо остановить механизм и установить пробный груз в плоскость 1. Данные о массе этого груза и угле его установки ввести в меню «2: ГРУЗЫ» (см. рисунок 5.19). Пробный груз должен иметь такую массу, чтобы была заметна реакция системы на него, то есть изменение амплитуды или фазы вибрации более чем на 30%.



Рисунок 5.19 – Отображение меню «2:ГРУЗЫ» информацией о грузе в первой плоскости.

5.4.12 Нажать клавишу «» и на позицию, отмеченную мигающим курсором, при помощи клавиатуры ввести значение массы пробного груза и подтвердить ввод клавишей «».

Для того, чтобы переместить курсор на позицию ввода угла, необходимо повторно нажать клавишу «».

Нажать клавишу «» и на позицию, отмеченную мигающим курсором, ввести значение угла и подтвердить ввод нажатием клавиши «».

Примечание - Отсчет угла установки грузов производится от метки на валу в направлении, противоположном направлению вращения вала.

5.4.13 После установки груза, запустить механизм и провести измерение вибрации, для этого необходимо перейти в подпункт «1:

ПУСК-NN» и произвести действия, аналогично нулевому пуску, пп. 5.4.5, 5.4.7-5.4.9 (см. рисунок 5.20).

| 1: ИЗМЕР. |       | 2: ПУСК1 |
|-----------|-------|----------|
| п.чк.     | ампл. | фаза     |
| 01 6.15   |       | 90°      |
| 02 7.33   |       | 65°      |
| 03 6.3    |       | 19°      |
| 04 8.7    |       | 25°      |
| 7: i      |       |          |

Рисунок 5.20 - Пример отображения результатов измерения вибрации в первом пуске: «1: ПУСК\_1».

5.4.14 После того, как получены результаты измерений вибрации в режиме «1: ПУСК-NN», для первого пуска, необходимо остановить механизм, снять пробный груз из плоскости 1 и установить его в плоскость 2. Данные о массе этого груза и угле его установки ввести в меню «2: ГРУЗЫ», для чего необходимо сменить номер пуска следующим образом: нажать клавишу «», индикатор анализатора примет следующий вид (см. рис. 5.21):

```

Плоскость/Пуск - 1
Изменить номер?? ←

```

Рисунок 5.21 — Выбор пуска, для которого устанавливается пробный груз

Подтвердите необходимость изменения номера плоскости при помощи клавиши «», введите номер пуска (2) и подтвердите ввод клавишей «», затем действуйте аналогично п. 5.4.11 (см. рисунок 5.22):



Рисунок 5.22 – Отображение меню «2:ГРУЗЫ» информацией о грузе во второй плоскости.

5.4.15 Произвести второй пуск, для чего необходимо перейти в подменю «1: ПУСК-NN» и изменить номер пуска: нажать клавишу «», индикатор анализатора примет следующий вид (см. рис. 5.23):

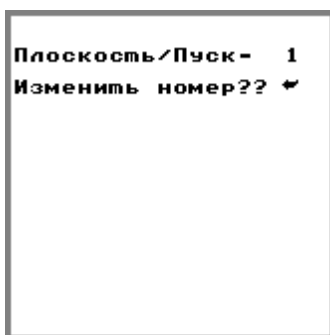


Рисунок 5.23 — Изменение номера пуска

Подтвердите необходимость изменения номера плоскости при помощи клавиши «», введите номер пуска (2) и подтвердите



ввод клавишей «  », затем действуйте аналогично нулевому пуску, пп. 5.4.7-5.4.9. Индикатор анализатора примет следующий вид:

| 1: ИЗМЕР. |       | 2: ПУСК2 |
|-----------|-------|----------|
| мгч.      | ампл. | фаза     |
| 01 16.15  |       | 25%      |
| 02 3.45   |       | 63%      |
| 03 3.35   |       | 85%      |
| 04 2.27   |       | 19%      |
| 7: i      |       |          |

Рисунок 5.24 — Результаты измерения вибрации во втором пуске

5.4.16 Для проведения расчета корректирующих грузов

выбрать пункт «4: РАСЧЕТ», для этого нажать клавишу «  », на индикаторе отображаются результаты расчета массы и угла установки корректирующих грузов (см. рисунок 5.25).

| КОРРЕКТИР. МАССЫ: |       |      |
|-------------------|-------|------|
| пл.               | масса | угол |
| 01 16.9887        |       | 247° |
| 02 11.296         |       | 292° |
| 7: i              |       |      |

Рисунок 5.25 – Пример отображения на индикаторе результатов расчета массы и угла установки корректирующего груза.

5.4.17 Для отображения на индикаторе результатов расчета

остаточной вибрации нажать клавишу «  ». При этом на

индикаторе отображается информация, представленная на рисунке 5.26.

```

1: >Оптимизация>
СКЗ=2.17 [a0]
Остат. вибрация:
пчк. ампл. фаза
01 2.2885 0°
02 1.4466 350°
03 1.4466 350°
04 1.6687 155°

```

Рисунок 5.26 – Пример отображения на индикаторе результатов расчета остаточной вибрации.

5.4.18 После установки корректирующих грузов провести контрольное измерение параметров вибрации. Нажать клавишу



«**F**» анализатор переходит в режим измерения параметров вибрации. Выполнить операции по пп. 5.4.7-5.4.9, при этом на индикаторе отобразится информация, представленная на рисунке 5.27

```

КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР

пчк. ампл. фаза
01 2.5 0°
02 2.96 85°
03 1.44 350°
04 1.67 155°

7: i

```

Рисунок 5.27– Пример отображения на индикаторе результатов измерения в режиме «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР».

5.4.19 Для отображения на индикаторе подсказки нажать



клавишу «**7**», при этом на индикаторе отобразится следующее (см. рисунок 5.28):



Рисунок 5.28 – Отображение на индикаторе дополнительного меню «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР».

5.4.20 Результаты контрольного замера отличаются от расчетных значений остаточной вибрации, это вызвано нелинейностью коэффициентов влияния реального механизма и погрешностью измерений.

Если результаты, полученные при проведении контрольных измерений вибрации, превышают допустимые значения, то необходимо провести дополнительную балансировку.

5.4.21 При проведении дополнительной балансировки возможно не проводить повторные измерения с пробными грузами, а использовать результаты предыдущих измерений – коэффициенты влияния.

Для ввода значений известных коэффициентов влияния необходимо: в меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать пункт «9: УСТАНОВКИ» и в пункте «3: НЕИЗВ. КВЛ.» установить значение – 0.

5.4.22 В меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать меню «КОНТРОЛЬНЫЙ ЗАМЕР» и нажать клавишу «» - выбрать режим «КОПИРОВАТЬ В КОМПЕНСИРУЕМАЯ ВИБР-Я» и подтвердить копирование клавишей «». При этом результаты контрольных измерений сохранятся в указанном режиме.

В меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать «4: РАСЧЕТ».

5.4.23 После выполнения расчета на индикаторе отобразится результат вычислений значений масс и углов установки дополнительных корректирующих грузов.

5.4.24 Для проведения расчета остаточной вибрации нажать на клавишу «  », на индикаторе отобразятся результаты расчета.

5.4.25 Для получения окончательных масс и углов установки корректирующих грузов, необходимо выполнить операцию векторного суммирования, при помощи режима, описанного в п. 5.6.

## **5.5. Двухплоскостная балансировка в двухканальном режиме**

5.5.1 Порядок проведения двухплоскостной балансировки в двухканальном режиме полностью аналогичен порядку проведения в одноканальном режиме, за исключением нескольких особенностей, которые будут описаны ниже.

5.5.2 Подключить ко входу 1 (рис. 3.3) к каналам А и Б (INP. 1 и INP. 2) акселерометры и установить их в местах, соответствующих первой и второй точкам измерения вибрации.

5.5.3 Произвести «0: ПУСК-0», с такими настройками (см. рис. 5.29):

- Канал А — Вход 1;
- Канал Б — Вход 2;
- параметр вибрации, подлежащий измерению – «ИНТ1 V»;
- режим работы усилителя – «АВТО»;
- коэффициент преобразования вибропреобразователя – значение коэффициента, используемого вибропреобразователя, указанное в разделе «СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ» настоящего руководства или паспорте на вибропреобразователь;
- вид измерительной процедуры - «БПФ»;
- разрешающая способность – 400 линий;
- частота среза ФВЧ - 10 Гц;
- частота среза ФНЧ - 400 Гц;
- способ запуска измерений - «ВНЕШНИЙ»;

- вид усреднения - «ЛИН. ЧАСТ. ОБЛ.»;
- количество результатов, подлежащих усреднению — 4.

```

Канал А Авто Рс
1: Вх.1 16.251
Имп1 V
2: БПФ 400
Ханнингз
10 - 400 Гц
*****
Канал Б Авто
1: Вх.2 14.151
Имп1 V
2: БПФ 400
Ханнингз
10 - 400 Гц
*****
3: Запуск
Внешний
6: Имп/оборот=1
4: Усредн. 5: N=4
Лин. част. обл

```

Рисунок 5.29 - Настройки обработки вибрационного сигнала для двухплоскостной балансировки в двухканальном режиме

5.5.4 Действуйте аналогично пп. 5.4.7-5.4.8.

5.5.5 Анализатор переходит в режим «0: ПУСК-0» и на индикаторе отображаются результаты измерений - амплитуда, фаза и частота вибрации в данных точках.

Стрелками «», «» выбрать первую точку измерения

вибрации и нажать клавишу «», при этом результаты измерения вставятся из буфера в точку 1 и 2. Обратите внимание, что в точку 1 будут вставлены результаты измерения вибрации каналом А анализатора, а в точку 2 — результаты измерения вибрации каналом Б. Соответственно, после измерения вибрации в точках 3 и 4, курсор

необходимо установить в точку 3, а затем нажать клавишу «», после чего в точку 3 будут помещены результаты из канала А, а в точку 4 — из канала Б.

5.5.6. Порядок выполнения Пуска 1, Пуска 2, ввода значений пробных грузов, расчета корректировочных грузов, полностью аналогичен п. 5.4 (одноканальный режим).

## 5.6 Окончательный расчет корректировочных масс

5.6.1 Если проводилась дополнительная балансировка (пп. 5.3.17; 5.4.19), то для получения окончательных значений массы и угла установки корректирующих грузов необходимо произвести векторное суммирование значений полученных в 5.3.13 и 5.3.20 или 5.4.15 и 5.4.22 соответственно.

Для этого в меню «БАЛАНСИРОВКА» выбрать пункт «8: ВЕКТОРЫ» и ввести значения массы и угла установки грузов. Также имеется возможность скопировать данные, полученные в результате расчета. Для этого необходимо: перейти к результатам

расчета, выделить при помощи клавиш «», «» нужное значение и нажать клавишу «», затем перейти в меню «8: ВЕКТОРЫ», установить курсор на нужную позицию, затем нажать клавишу «», после чего данные будут вставлены. После этого необходимо нажать клавишу «», индикатор анализатора примет следующий вид (см. рис. 5.30):

| Вектор: | ампл.  | Фаза |
|---------|--------|------|
| 01      | 167.85 | 124° |
| 02      | 36.664 | 90°  |
| 03      | 199.3  | 118° |
| Сумма   |        |      |
| 7: i    |        |      |

Рисунок 5.30 – Пример отображения на индикаторе результата векторного суммирования значений массы и угла установки корректирующих грузов.

5.6.2 Установить корректирующий груз, с параметрами рассчитанными в 5.6.1, и провести контрольное измерение вибрации.

В случае, если результаты, полученные при проведении контрольного измерения параметров вибрации, не превышают допустимые пределы, балансировка механизма окончена.

5.6.3 Режим «ВЕКТОРЫ» имеет дополнительное меню, представленное на рисунке 5.31:

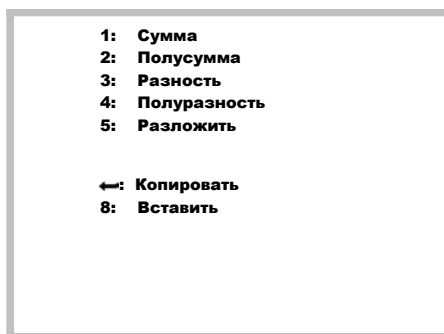


Рисунок 5.31 – Отображение на индикаторе дополнительного меню режима «ВЕКТОРЫ».

Операции «ПОЛУСУММА», «РАЗНОСТЬ», «ПОЛУРАЗНОСТЬ» выполняются аналогично операции «СУММА» (см. 5.6.1). Операция разложения вектора на составляющие - «РАЗЛОЖИТЬ» выполняется следующим образом.

5.6.3.1 Скопировать значение корректирующей массы из меню «7: КОРР. МАССЫ», для чего необходимо: перейти к меню «7:

КОРР. МАССЫ», выделить при помощи клавиш «», «»

нужное значение и нажать клавишу «», затем перейти в меню «8: ВЕКТОРЫ».

5.6.3.2 Нажать клавишу «», при этом на индикаторе отображаются результаты предыдущего разложения вектора.

5.6.3.3 Нажать клавишу «» - значения, сохраненные в буфер памяти, отобразятся на позиции вектора, подлежащего разложению.

5.6.3.4 При помощи клавиш «  », «  » установить курсор на позиции, соответствующие необходимым углам установки пробных грузов. Ввести значения углов, нажав клавишу «  », подтвердить ввод клавишей «  ».

5.6.3.5 Нажать клавишу «  » на индикаторе отобразятся результаты разложения вектора (см. рисунок 5.32).

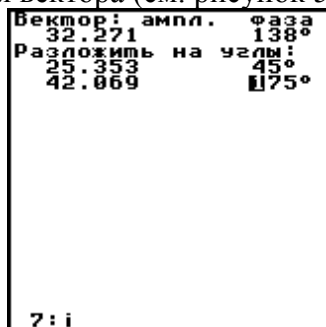


Рисунок 5.32 – Пример отображения на индикаторе результата разложения вектора.

## 5.7 Контроль состояния подшипников методом ударных импульсов

5.7.1 После того как все операции по 4.5 проведены и на индикаторе отображается режим контроля подшипников необходимо установить щуп в точку контроля, перпендикулярно к поверхности, и прижать его с усилием от 3 до 5 кг.

**ВНИМАНИЕ: В ТЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПОЛОЖЕНИЕ И УСИЛИЕ ПРИЖАТИЯ ЩУПА НЕ ИЗМЕНЯТЬ!**

5.7.2 Чтобы избежать появления дополнительных погрешностей, вызванных затуханием сигнала, при проведении контроля необходимо выполнять рекомендации, изложенные в 4.6.7, 4.6.8.

5.7.3 Нажать клавишу «  », при этом на индикаторе кратковременно отобразится надпись «ИЗМЕРЕНИЕ..» и анализатор перейдет в режим проведения контроля состояния подшипников. Процесс измерений происходит непрерывно, результат обновляется через каждые 0,75 с.

5.7.4 В процессе измерений на индикаторе отображаются:

- максимальное значения амплитуды ударного ускорения – dVm, дБ. Характеризует наличие дефектов в подшипнике;
- фоновое значения амплитуды ударного ускорения – dBc, дБ. Характеризует качество смазки подшипника и некоторые другие факторы – соосность сочлененных деталей механизмов и т.п.

На рисунке 5.33 представлен пример отображения результатов контроля:



Рисунок 5.33 – Пример отображения на индикаторе результата контроля подшипников.

Если величины dVm и dBc принимают отрицательные значения – датчик установлен далеко от источника сигнала. Следует найти точку установки датчика, расположенную ближе к источнику сигнала. (см. методику оценки состояния подшипников — п.4.6.8).

Отрицательные значения также могут быть вызваны тем, что состояние исследуемого подшипника лучше, чем состояние подшипника, принятого за эталон в методике ударных импульсов.

Оценка состояния подшипников производится по методике, приведенной в приложении 2.

## 5.8 Режим Разгон/Выбег

5.8.1 Для активации этого режима необходимо из главного меню перейти к пункту «АНАЛИЗАТОР ВИБ.», а затем выбрать подменю «РАЗГОН/ВЫБЕГ». На индикаторе анализатора отобразится информация, указанная на рисунке 3.8 (страница 20).

5.8.2 Данный режим предназначен для измерений амплитуды и фазы вибрации на гармонике кратной частоте вращения при запуске или остановке механизма.

5.8.3 анализатор позволяет производить измерение амплитудо-фазо-частотных характеристик (АФЧХ) на режимах разгона или выбега в диапазоне частот вращения от 120 до 30000 об/мин.

5.8.4 Установка параметров измерения.

5.8.4.1 Нажать клавишу «  », на позицию, отмеченную мигающим курсором ввести значение начальной частоты вращения, при которой начнется процесс измерения АФЧХ. При разгоне это минимальное значение частоты вращения, при выбеге – максимальное. Подтвердить ввод нажатием клавиши «  »;

5.8.4.2 Нажать клавишу «  », на позицию, отмеченную мигающим курсором ввести значение конечной частоты вращения, при которой прекращается процесс измерения АФЧХ. При разгоне это максимальное значение частоты вращения, при выбеге – минимальное. Подтвердить ввод нажатием клавиши «  »;

5.8.4.3 Нажатием на клавишу «  », производится установка шага выборки точек АФЧХ по частоте:

- ЛИН - линейный режим - максимум 100 точек линейно расположенных по оси частот в диапазоне от начальной до конечной частоты.
- 1/3, 1/6, 1/12 окт - логарифмический масштаб оси частот - выборка точек АФЧХ производится на частотах через соответственно 1/3, 1/6, 1/12 октавы.

5.8.4.4 При высокой скорости изменения частоты вращения возможен пропуск некоторых точек в выбранном диапазоне частот. Необходимо выбрать режим с меньшим количеством точек контроля.

5.8.4.5 Нажатием на клавишу «» производится переход в меню «Спектр/Осц.» - возможен просмотр и изменение установок измерения вибрации. Возврат – клавишей «».

## 5.8.5 Порядок измерений

5.8.5.1 Подключить к разъему 5 (см. рис. 3.3.) таходатчик.

5.8.5.2 На остановленный вал или соединительную муфту механизма нанести светоотражающую метку (наклейка или краска). Для исключения ложных сигналов от шпоночных канавок, шлицев, пазов, следов ржавчины и т.д., рекомендуется выбирать чистые и гладкие участки, покрыть поверхность темным грунтом или краской.

5.8.5.3 Установить таходатчик (расстояние до вала от 1 до 30 см) и отрегулировать его положение относительно метки, по сигналам контрольного светодиода расположенного на заднем торце таходатчика, при прокручивании вала.

5.8.5.4 На протяжении всех измерений положение таходатчика должно быть неизменным!

5.8.5.5 Подключить к разъему 1 (рис. 3.3.) вибродатчик и установить его в точке измерения (см. п. 4.2.3);

5.8.5.6 В состоянии анализатора, показанном на рис. 3.8 нажать клавишу «», анализатор переходит в режим измерений.

5.8.5.7 Выключить или включить механизм и произвести измерения.

5.8.5.8 Для просмотра буфера с результатом последнего измерения, нажать клавишу «».

5.8.5.9 Для записи результата измерения в память - нажать клавишу «».

## 5.9 Сохранение результатов измерения (анализа, оценки, вычислений)

5.9.1 Для отображения на индикаторе режима «МОИ ДОКУМЕНТЫ» необходимо в главном меню выбрать соответствующий пункт «МОИ ДОКУМЕНТЫ» и нажать клавишу



«СТАРТ» или «МЕНЮ». Для отображения на индикаторе количества информации, которое возможно сохранить на диске, необходимо нажать и удерживать одну из вышеуказанных клавиш. При переходе в режим «МОИ ДОКУМЕНТЫ» на индикаторе отображается информация, которая отображалась при предыдущем использовании оператором данного режима.

5.9.2 В случае, если на дисках анализатора информация не сохранялась, на индикаторе отображается следующая информация (см. рисунок 5.34):



Рисунок 5.34 – Отображение на индикаторе режима «МОИ ДОКУМЕНТЫ», в случае отсутствия сохраненных результатов.

5.9.3 Для сохранения в памяти анализатора результатов измерения, анализа, оценки, вычислений (далее по тексту - измерений) необходимо после проведения измерения и отображения



на индикаторе результата нажать клавишу «8». При этом на индикаторе отображается папка режима «МОИ ДОКУМЕНТЫ», которая отображалась при предыдущем использовании данного режима.

При повторном нажатии клавиши «  » в указанную папку сохраняются результаты измерения - файл с наименованием, которое соответствует значению текущего времени и даты, установленному на анализаторе.

5.9.4 Для того чтобы отобразить на индикаторе сохраненный результат измерений, необходимо, при помощи клавиш «  », «  », выделить соответствующий файл и нажать клавишу «  ».

При этом на индикаторе отобразится результат измерения и соответствующий режим измерений, в котором он был получен.

5.9.5 Для того чтобы создать новую папку необходимо нажать клавишу «  » и на позиции, отмеченной курсором ввести, при помощи клавиш анализатора, наименование создаваемой папки (см. табл. 3.1).

5.9.6 Для того чтобы выбрать диск анализатора, на который будет сохраняться информация, необходимо нажать клавишу «  » и, при помощи клавиш «  », «  », выбрать требуемый диск. Нажать клавишу «  ».

5.9.7 Для удаления файла или папки необходимо при помощи клавиш «  », «  » выделить соответствующий файл или папку и нажать клавишу «  ».

5.9.8 Для упрощения работы в режиме «МОИ ДОКУМЕНТЫ» и систематизации сохраняемой информации, рекомендуется использовать следующую процедуру сохранения результатов (далее по тексту – маршрут) - создание совокупности папок для подробной детализации контроля механизма.

Пример - первая папка будет иметь наименование номер цеха, в котором

расположен механизм, вторая папка – название механизма. Далее следует папка, в которой будут содержаться файлы с результатами измерений в заданной точке механизма. Рекомендуется для наименования этих папок присваивать двухзначные цифробуквенные обозначения (для точки 1: 1В - измерение в вертикальном направлении, 1Г- горизонтальном направлении, 1О - осевом направлении).

Отображение «маршрута», описанного в примере, приведено на рисунке 5.35, он отображается в верхней строке индикатора:

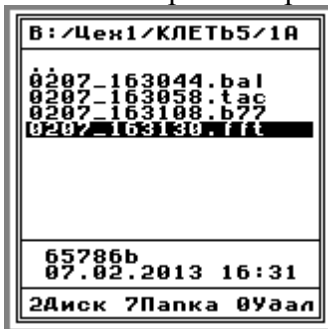


Рисунок 5.35 – Пример отображения на индикаторе «маршрута».

5.9.9 В случае, если курсором отмечен файл, на индикаторе отображается его объем памяти, текущая дата и время его создания, установленные на анализаторе (см. рисунок 5.35).

5.9.10 Для сохранения результатов при помощи созданного «Маршрута» необходимо в режиме измерений, при отображении на индикаторе результата, нажать клавишу «».

На индикаторе отобразится режим «МОИ ДОКУМЕНТЫ». При помощи клавиш «», «» и « СТАРТ» открыть требуемую папку маршрута. Нажать клавишу «» - сохранить результат.

5.9.11 Для перехода в предыдущую папку «Маршрута» необходимо установить курсор на первой строке обозначений файлов, которая отображается как две точки (см. рисунок 8.20), и нажать клавишу « СТАРТ».

5.9.12 Для передачи информации на ПК необходимо в главном меню выбрать пункт «УСТАНОВКИ», и в меню «УСТАНОВКИ» выбрать пункт - «[3] USB». На индикаторе отображается информация, представленная на рисунке 5.36.



Рисунок 5.36 – Отображение на индикаторе режима передачи данных на ПК.

В этот момент энергонезависимая память анализатора отображается на мониторе ПК в виде двух съемных накопителей информации.

5.9.13 При работе в режиме передачи информации на ПК оператор имеет возможность копировать информацию из памяти анализатора в ПК, редактировать «маршруты» и создавать новые.

В случае, если на ПК установлено программное обеспечение «КонСпект», оператор имеет возможность, провести дополнительную обработку результатов, используя возможности этого программного обеспечения.

5.9.14 Для выхода из режима передачи информации на ПК нажать клавишу «».

## 5.10 Выключение анализатора

Для выключения анализатора необходимо: перейти в главное меню и нажать клавишу «».

## 6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Работы по техническому обслуживанию производят с целью обеспечения нормальной работы и сохранения параметров анализатора в течении всего срока эксплуатации.

Периодичность работ по техническому обслуживанию устанавливается пользователем анализатора, с учетом интенсивности его эксплуатации, но не реже одного раза в год.

В состав работ по техническому обслуживанию входят:

- проверка комплектности анализатора;
- внешний осмотр анализатора, очистка его от загрязнений и удаление следов влаги;
- проверка исправности разъемов и соединительных кабелей и их своевременный ремонт;
- проверка состояния и своевременная зарядка аккумуляторных батарей.

***ВНИМАНИЕ! ДЛЯ ПРОТИРКИ НЕ ПРИМЕНЯТЬ РАСТВОРИТЕЛИ!***

***В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НЕ ПЫТАЙТЕСЬ УСТРАНИТЬ ИХ САМОСТОЯТЕЛЬНО! ОБРАТИТЕСЬ К ПОСТАВЩИКУ АНАЛИЗАТОРА!***

## **7 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА**

Проверка анализатора включает проверку соответствия характеристик и параметров разделу 2.

Несоответствие показаний анализатора не должно превышать значений, указанных в разделе 2.

Регулировка и настройка анализатора, в случае обнаружения неисправностей, должна производиться изготовителем.

## 8 КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

### 8.1 Комплект поставки анализатора.

| Наименование                                                    | Кол-во |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| Блок электронный                                                | 1      |
| Акселерометры                                                   | 2      |
| Щуп ударных импульсов                                           | 1      |
| Преобразователь тахометрический                                 | 1      |
| Блок питания сетевой                                            | 1      |
| Стойка магнитная для установки преобразователя тахометрического | 1      |
| Кабели соединительные акселерометров                            | 2      |
| Кабель передачи информации на ПК                                | 1      |
| Диск с программой «КонСпект»                                    | 1      |
| Транспортная упаковка                                           | 1      |
| Паспорт руководство по эксплуатации 795C911.00.000 ПС           | 1      |

### 8.2. Пин-коды.

В электронном блоке анализатора возможно программное включение / отключение функций прибора. В некоторых случаях, например, при полном разряде аккумулятора системная память прибора может быть сброшена. В этом случае необходимо провести процедуру ввода пин-кодов.

Пин-коды, для анализатора спектра вибрации 795C911

зав. № \_\_\_\_\_ приведены ниже:

Пин 1: \_\_\_\_\_, Пин 2: \_\_\_\_\_.

Для ввода пин-кодов необходимо выполнить следующие действия:

- Из меню «Установки», достаточно быстро ввести с клавиатуры «8132». В результате отобразится список функций прибора.

- Нажимая цифровые клавиши 0-9, отметить необходимые программы, нажать клавишу Ввод.
- Ввести Пин 1 и нажать Ввод.
- Ввести Пин 2 и нажать Ввод.

### **Не допускать разряда аккумулятора**

В случае полного разряда аккумулятора, может потребоваться ввод пин-кодов. Поэтому рекомендуется следить за показаниями индикатора заряда аккумулятора (отображается в нижней части индикатора, после перехода из «Главного меню» в меню «Установки») и не допускать разряда ниже 4,8В.

## **9 МАРКИРОВКА**

9.1 Маркировка анализатора содержит:

- наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование и условное обозначение анализатора;
- заводской номер.

9.2 Маркировка отображается на индикаторе анализатора. Для того, чтобы ее просмотреть, необходимо выполнить следующие действия:

- включите анализатор;
- установите курсор на пункт меню «Установки»;
- нажмите и удерживайте клавишу «»;
- на индикаторе появится маркировка анализатора и будет отображаться до тех пор, пока нажата клавиша «».

## **10 УПАКОВКА**

Упаковка анализатора соответствует требованиям ГОСТ 23170 и комплекту конструкторской документации и обеспечивает его сохранность на период транспортирования и хранения.

## 11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

11.1 Климатические условия транспортирования анализатора – группа 5 по ГОСТ 15150, но для диапазона рабочих температур от минус 20 °С до плюс 50 °С.

11.2 Механические условия транспортирования анализатора – группа С по ГОСТ 23216.

11.3 Транспортирование упакованного анализатора производится любым видом закрытого транспорта (за исключением морского), предохраняющим анализатор от непосредственного воздействия осадков, с возможностью перегрузки с одного вида транспорта на другой. Транспортирование самолетами возможно только в отапливаемых герметизированных отсеках.

11.4 Условия хранения анализатора в упаковке предприятия-изготовителя должны соответствовать условиям 1 (Л) по ГОСТ 15150, при температуре от минус 10 °С до плюс 35 °С и относительной влажности 80% при температуре 25 °С.

11.5 В хранилищах не должно быть пыли, паров кислот, щелочей и газов, вызывающих коррозию металлических поверхностей и разрушение лакокрасочных покрытий анализатора.

11.6 Расстояние между полом, стенами хранилища и анализатором должно быть не менее 100 мм. Расстояние между отопительными устройствами хранилищ и анализатором - не менее 0,5 м.

11.7 Срок сохраняемости - 5 лет.

## 12 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

12.1 Поставщик гарантирует соответствие анализатора требованиям технических условий ТУ У.22439630.002-99 при условии соблюдения правил хранения, транспортирования и эксплуатации.

12.2 Поставщик обязуется в течение гарантийного срока безвозмездно ремонтировать анализатор, если за этот срок анализатор выйдет из строя или его характеристики окажутся ниже норм, перечисленных в разделе «Технические характеристики» сопроводительной документации.

12.3 Настоящая гарантия недействительна в случаях нарушения потребителем правил эксплуатации, хранения и транспортировки, изложенных в сопроводительной документации.

12.4 Действие настоящей гарантии не распространяется на механические повреждения и износ соединительных кабелей, датчиков и анализатора в процессе их эксплуатации.

12.5 Действие настоящей гарантии не распространяется на аккумуляторные батареи, шнуры, переходники, чехлы и другие изделия, используемые совместно с анализатором, приобретенные у сторонних организаций.

12.6 Действие настоящей гарантии не распространяется на анализаторы, бывшие в ремонте у сторонних организаций, а также на анализаторы с нарушенными пломбами-маркировками (внешними и внутренними).

12.7 Гарантийный ремонт и наладка производится только у поставщика. Транспортные и иные расходы по доставке анализатора от потребителя поставщику производятся за счет потребителя.

12.8 Поставщик продлевает гарантийный срок на период от подачи рекламации до возврата анализатора потребителю после ремонта с отметкой в документации.

12.9 Гарантийный срок эксплуатации - 18 месяцев со дня поставки анализатора потребителю.

### 13 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Анализатор спектра вибрации 795С911, заводской номер \_\_\_\_\_ изготовлен и принят в соответствии с обязательными требованиями государственных стандартов, технических условий ТУ У.22439630.002-99 и признан годным для эксплуатации.

Акселерометр пьезоэлектрический: Тип \_\_\_\_\_  
зав.№ \_\_\_\_\_ коэффициент преобразования \_\_\_\_\_

Акселерометр пьезоэлектрический: Тип \_\_\_\_\_  
зав.№ \_\_\_\_\_ коэффициент преобразования \_\_\_\_\_

ОТК \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ г.

### 14 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОСТАВКЕ

Анализатор спектра вибрации 795С911 зав.  
номер \_\_\_\_\_ поставлен:

\_\_\_\_\_  
(наименование предприятия, осуществляющего поставку)

\_\_\_\_\_  
(наименование предприятия - заказчика)

Дата отгрузки \_\_\_\_\_

## Приложение 1 - Возможные неисправности анализатора и методы их устранения

| Признак неисправности                                                                                             | Причина и способ устранения                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Анализатор не включается или отключается сразу после включения                                                    | Причина: разряжен аккумулятор анализатора.<br>Необходимо зарядить аккумулятор.                                                                                                                                                                          |
| Анализатор самопроизвольно отключается через определенный промежуток времени                                      | Причина: слишком малое время автоматического отключения.<br>Проверить настройку автоматического отключения (меню «Установки», пункт «Датчики», параметр АВТО выкл.), при необходимости установить более длительный интервал автоматического отключения. |
| Слишком малые показания при измерении параметров вибрации                                                         | Причина: нет электрической связи с акселерометром либо обрыв кабеля.<br>Проверить качество затяжки кабеля на разъеме акселерометра.<br>Проверить качество закрепления кабеля с разъемом анализатора.<br>Заменить кабель акселерометра.                  |
| Нулевые показания при измерении параметров вибрации                                                               | Причина: установлен нулевой коэффициент передачи акселерометра.<br>Проверить и установить коэффициент передачи акселерометра (меню «Установки», пункт «Датчики», параметр «Акселерометр»).                                                              |
| Слишком большие показания при измерении параметров вибрации                                                       | Причина: замыкание или утечка в кабеле акселерометра.<br>Заменить (или отремонтировать) кабель акселерометра.                                                                                                                                           |
| Слишком большие показания при измерении параметров вибрации, увеличивающиеся при перемещении кабеля акселерометра | Причина: использование для подключения акселерометра невивростойкого кабеля.<br>Заменить кабель акселерометра на вивростойкий.                                                                                                                          |
| Проблемы при работе с памятью анализатора, передаче данных между анализатором и компьютером                       | Причина: переполнение памяти анализатора.<br>Выполнить очистку памяти (меню «Установки», пункт «Датчики», «[0]: Стирание памяти»).                                                                                                                      |

## Приложение 2 - Определение состояния подшипников качения по соотношению dBm и dBc.

| Показания по шкале , дБ                                  |           | Возможный источник повышенного сигнала                                                                                                                  |                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dBm                                                      | dBc       | показания на корпусе подшипника                                                                                                                         | показания на детали, смежной с корпусом подшипника                                                                        |
| 1                                                        | 2         | 3                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                         |
| Больше 35                                                | 10-15     | Подшипник, смазка, незакрепленная крышка подшипника.                                                                                                    | Другие поврежденные подшипники, механические удары других деталей (муфта, зубчатая передача, осевые удары).               |
| 30                                                       | 10-20     | Подшипник, смазка.                                                                                                                                      | Кавитация в насосе, зубчатая передача, муфта.                                                                             |
| Больше 40                                                | 25-30     | То же                                                                                                                                                   | То же                                                                                                                     |
| 30<br>(группы сигналов через равные интервалы времени)   | Меньше 10 | Вал, корпус крышки подшипника.                                                                                                                          | Вал, корпус и крышки других подшипников, зубчатая передача, муфта, крылатка вентилятора.                                  |
| 30<br>(одиночные сигналы через равные интервалы времени) | Меньше 10 | Ударные нагрузки от рабочего цикла механизма.                                                                                                           | Ударные нагрузки на фундамент от других механизмов, механические удары от рабочего цикла механизма, крылатка вентилятора. |
| +                                                        | Около 0   | <b>Причины отсутствия показаний</b><br>Необходимо проверить питание и исправность анализатора, правильность выбора точек измерений и установки датчика. |                                                                                                                           |

| <b>Причины повышенного сигнала, выявленные после смазки подшипника</b>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| показания падают и не увеличиваются                                                                                                                                                                                                                                   | показания падают, но через несколько часов снова увеличиваются                                             | показания не падают                                                                                                                                                                   |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6                                                                                                          | 7                                                                                                                                                                                     |
| Посторонние частицы в смазке.                                                                                                                                                                                                                                         | Повреждение подшипника, необходим контроль за развитием повреждения.                                       | Значительное повреждение подшипника, помехи от незакрепленной крышки подшипника.                                                                                                      |
| Недостаточная смазка.                                                                                                                                                                                                                                                 | Недостаточная смазка, которая вызвала повреждение подшипника. Необходим контроль за развитием повреждения. | Неправильная установка нового подшипника, кавитация в насосе, повреждение муфты зубчатой передачи.                                                                                    |
| Отсутствие смазки.                                                                                                                                                                                                                                                    | То же                                                                                                      | Большие нагрузки на подшипник, кавитация в насосе, повреждение муфты зубчатой передачи.                                                                                               |
| То же                                                                                                                                                                                                                                                                 | То же                                                                                                      | Трение вала о корпус или о крышки подшипников, повреждение муфты зубчатой передачи, задевание крылатки вентилятора электродвигателя за кожух.                                         |
| То же                                                                                                                                                                                                                                                                 | То же                                                                                                      | Механические удары в подшипнике, вызванные ударными нагрузками, повреждение муфты зубчатой передачи, повреждение подшипника, задевание крылатки вентилятора электродвигателя за кожух |
| <p><b>после проверки:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. замер производится сразу после избыточной смазки подшипника;</li> <li>2. внутреннее кольцо подшипника скользит по валу;</li> <li>3. наружное кольцо подшипника скользит в корпусе.</li> </ol> |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                       |