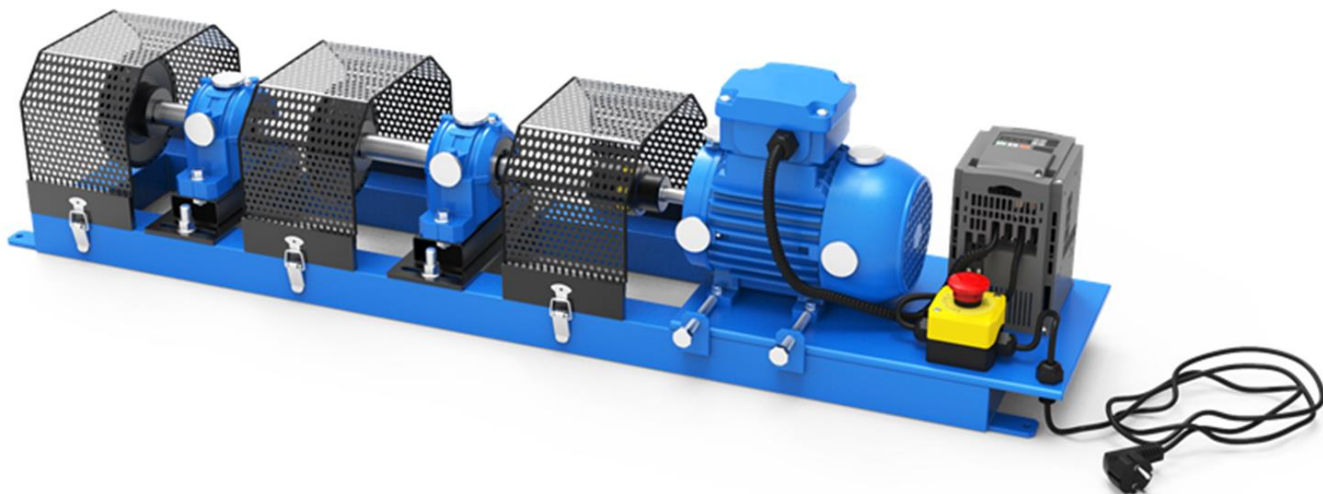


## Задание для Модуля «Промышленная механика и монтаж»

Цель задания – демонстрация навыков промышленной механики и монтажа, технического обслуживания и диагностики состояния роторного агрегата.

Задание выполняется с использованием следующего оборудования:

- Тренировочный стенд для проведения работ по вибродиагностике, балансировке, центровке и монтажу подшипниковых узлов



- Кейс с аксессуарами к стенду
- Система для центровки валов лазерная (или универсальная система для лазерной центровки)
- Виброанализатор с программой ведения баз данных и аксессуарами
- Тепловизор с диапазоном  $-20^{\circ}\text{C} \dots +600^{\circ}\text{C}$

Задание включает следующие блоки:

### **I Блок – Промышленная механика и монтаж (Industrial Mechanics Millwright)**

Используя схему сборки провести монтаж подшипниковых опор с валом и рабочими колесами по одному из вариантов:

ВАРИАНТ 1 – сборка консольного агрегата

ФОТО ДО	ФОТО ПОСЛЕ
---------	------------

ВАРИАНТ 2 – сборка межопорного агрегата

ФОТО ДО	ФОТО ПОСЛЕ
---------	------------

### **II Блок – Диагностика и определение состояния роторного агрегата вибродиагностическим и тепловым методами НК (Vibration & Thermography Measurements and Analysis)**

- 2.1. Используя специализированную систему виброконтроля провести маршрутные измерения общего уровня вибрации и прямого спектра вибрации.
- 2.2. Используя тепловизор провести определение тепловых полей подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.
- 2.3. Выгрузить полученные данные измерений в программное обеспечение VALTECH-Expert и сделать заключение о состоянии агрегата.

### **III Блок – Техническое обслуживание: центровка муфтового соединения и балансировка ротора на месте эксплуатации. (Maintenance service: Shaft Alignment & Balancing in-suit)**

- 3.1. Провести точную центровку муфтового соединения при помощи системы лазерной центровки.
- 3.2. Провести балансировку при помощи виброанализатора по четырём измерительным точкам.

ВАРИАНТ 1. Балансировка консольного ротора используя 1 плоскость коррекции и 4 измерительные точки (на подшипниковых опорах вала).

ВАРИАНТ 2. Балансировка межопорного ротора используя 2 плоскости коррекции и 4 измерительные точки (на подшипниковых опорах вала).

- 3.3. Результаты работы выгрузить в программное обеспечение VALTECH-Expert.

### **IV Блок – Контрольные измерения. Проверка качества выполненных работ. (Maintenance Quality Check. Vibration & Thermography Measurements and Analysis)**

- 4.1. Используя систему виброконтроля провести маршрутные измерения общего уровня вибрации и прямого спектра вибрации.
- 4.2. Используя тепловизор провести определение тепловых полей подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.
- 4.3. Выгрузить полученные данные измерений в программное обеспечение VALTECH-Expert и сделать заключение о состоянии агрегата после выполнения работ по техническому обслуживанию.

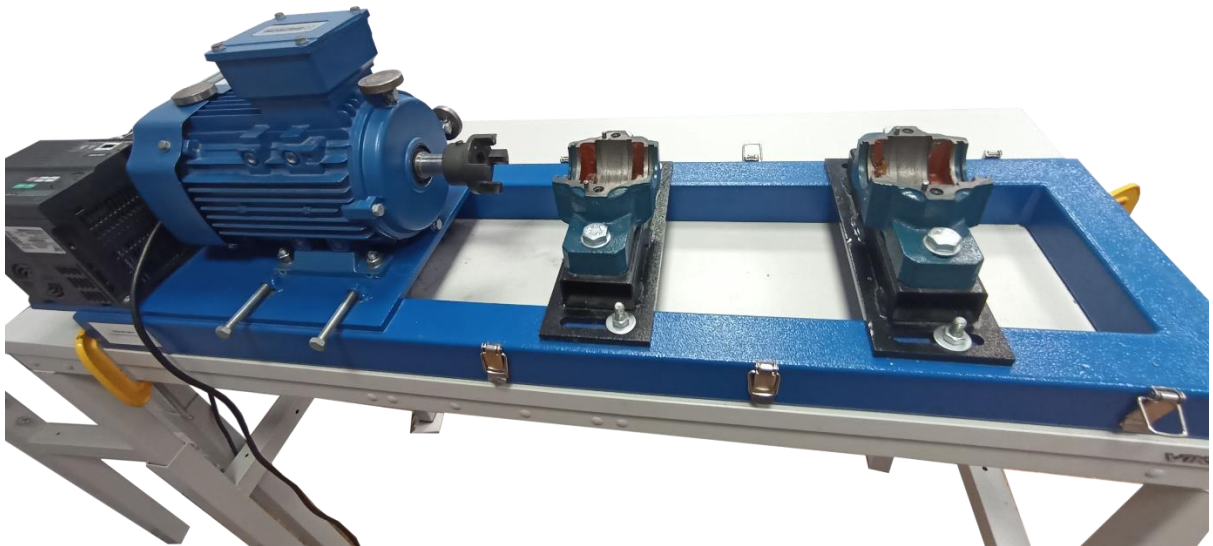
## I Блок – Промышленная механика и монтаж (Industrial Mechanics Millwright)

Используя схему сборки\* провести монтаж подшипниковых опор с валом и рабочими колесами (межопорный ротор):

ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ: сборочный комплект



ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ: остов станда для сборки



РЕЗУЛЬТАТ СБОРКИ:



\*ПРИЛОЖЕНИЕ: Схема сборки



## ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ по I БЛОКУ

Контролируемые параметры качества сборки:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Соответствие сборки заданию. Внешний осмотр, проверка обтяжки элементов конструкции	
2.	Смещение по валу менее 0,5 мм	
3.	Проверка плотности прилегания лап двигателя к регулировочным пластинам. Отпускается произвольный болт крепления двигателя, проверяется отсутствие люфта пластины (устранение мягкой лапы)	
4.	Контроль заполнения таблицы замера биений.	

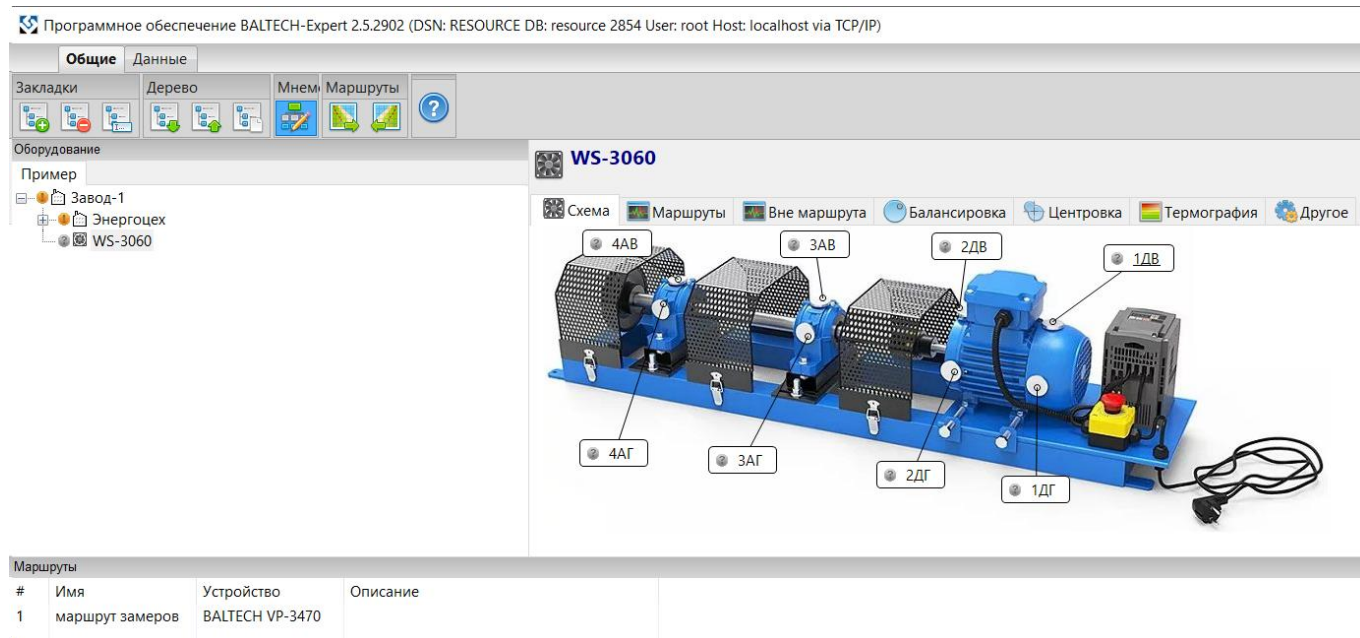
## II Блок – Диагностика и определение состояния роторного агрегата вибродиагностическим и тепловым методами НК (Vibration & Thermography Measurements and Analysis)

### 2.1. Используя систему виброконтроля провести маршрутные измерения общего уровня вибрации и прямого спектра вибрации.

Для выполнения задания необходимо подключить прибор виброконтроля к персональному компьютеру с установленным программным обеспечением BALTECH-Expert.

Выбрать вкладку программного обеспечения BALTECH-Expert в которой находится предварительно сконфигурированный изготовителем агрегат.

Создать файл маршрута присвоив ему в качестве названия своё имя *ФамилияИО*. Загрузить маршрут в прибор виброконтроля.



The screenshot displays the BALTECH-Expert software interface. At the top, it shows the software version (2.5.2902) and user information. The main window is titled 'WS-3060' and features a 3D model of a vibration control system with various sensors labeled: 4AB, 3AB, 2DB, 1DB, 4AG, 3AG, 2DG, and 1DG. Below the model, there is a table of routes.

Маршруты			
#	Имя	Устройство	Описание
1	маршрут замеров	BALTECH VP-3470	

Включить стенд, установив 50Гц на частотном преобразователе (скорость вращения вала  $\approx 1500$  об/мин)

Произвести измерения в контрольных точках на стенде.

Выгрузить данные измерений в программное обеспечение BALTECH-Expert.

Провести анализ параметров вибрации и сохранить отчет с выводами о состоянии оборудования и требуемых работах по виброналадке, используя рекомендованные уровни вибрации и анализ прямого спектра вибрации.

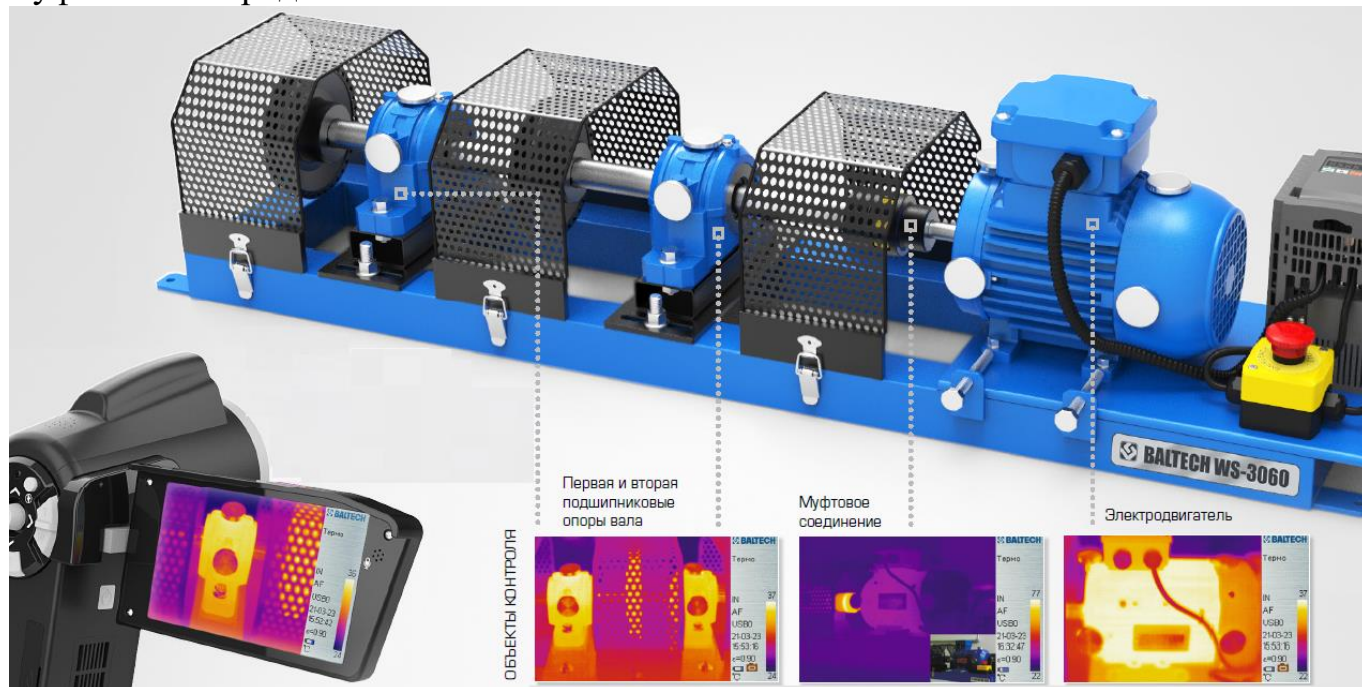
(Отчет о состоянии оборудования генерируется автоматически после выгрузки данных проведенных замеров!)

## 2.2. Используя тепловизор провести определение тепловых полей подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.

Произвести настройку тепловизора.

Сделать замеры на прогретом стенде.

Сохранить термограммы, показывающие тепловое поле подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.



Выгрузить термограммы в программное обеспечение BALTECH-Expert.

## 2.3. Заполнить бланк о состоянии агрегата по вибрационным и тепловым характеристикам, используя следующее нормирование:

В выводах отметить, какому вибрационному состоянию соответствует стенд, какие требуются работы по виброналадке, каково значение температуры узлов.

Заключение о состоянии оборудования:

Выводы делаются на основе справочной информации\*

Задание выполнено

\_\_\_\_\_  
ФИО эсопера

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
время

**\*Справочная информация:**

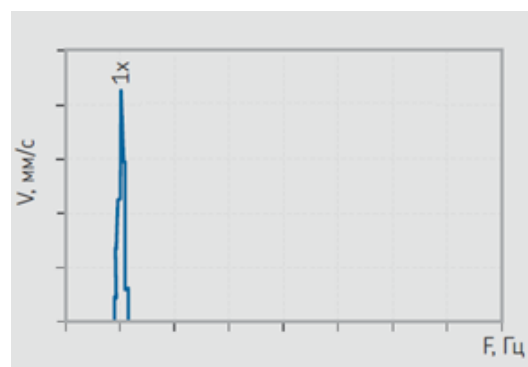
*Нормирование общего уровня вибрации:*

Уровень вибрации $V_{с.к.э.}$ , мм/с (10...1000Гц)	Зоны вибрационного состояния станда BALTECH WS-3060 (мощность дв. = 1,5 кВт)	
0,28	Зона А	В эту зону попадают, как правило, новые машины, только что введенные в эксплуатацию
0,45		
0,71		
1,12	Зона В	Машины, попадающие в эту зону, считают пригодными для дальнейшей эксплуатации без ограничения сроков
1,8		
2,8	Зона С	Машины, попадающие в эту зону, рассматривают как непригодные для длительной непрерывной эксплуатации. Данные машины могут функционировать ограниченный период времени, пока не появится подходящая возможность для проведения ремонтных работ
4,5		
7,10	Зона D	Уровни вибрации в данной зоне рассматривают как достаточно серьезные, для того чтобы вызвать повреждение машины
9,3		
11,20		
14,7 и выше		

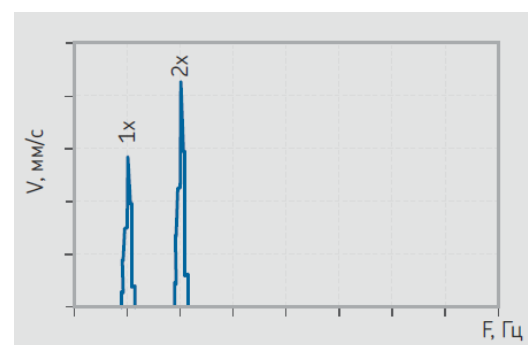
*Оценка прямого спектра*

Наличие дефекта «дисбаланс» проявляется в виде всплеска вибрации на оборотной частоте (для скорости  $n=1500$  об/мин, оборотная частота составит  $F_{об}=25$ Гц)

Высокий уровень вибрации преобладает в горизонтальном направлении.



Наличие дефекта «несоосность валов» или расцентровка проявляется в виде всплеска вибрации на оборотной и 2-кратной оборотной частоте (для скорости  $n=1500$  об/мин, оборотная частота составит  $F_{об} = 25$ Гц, 2-кратная  $F_{2об}=50$ Гц).



Высокий уровень радиальной и осевой вибрации:

- Преобладающая амплитуда 1-ой, 2-ой, а иногда и 3-ей оборотной частот в спектре вибрации
- При большой угловой или параллельной расцентровке могут возникать и более высокие гармоники (4x - 8x) или даже целые серии высокочастотных гармоник, соответствующих по характеру спектра дефекту «механические ослабления»

Наличие дефекта «механические ослабления корпуса» (ослабление болтов крепления, лап

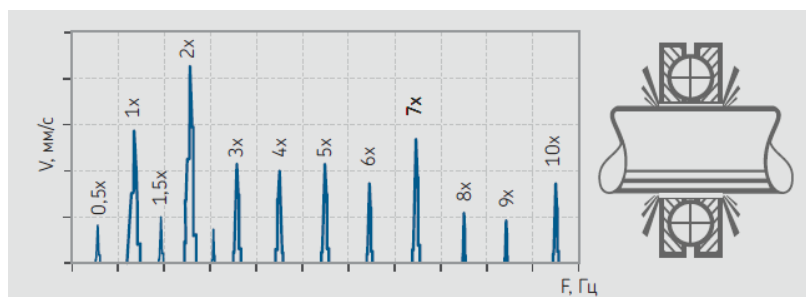




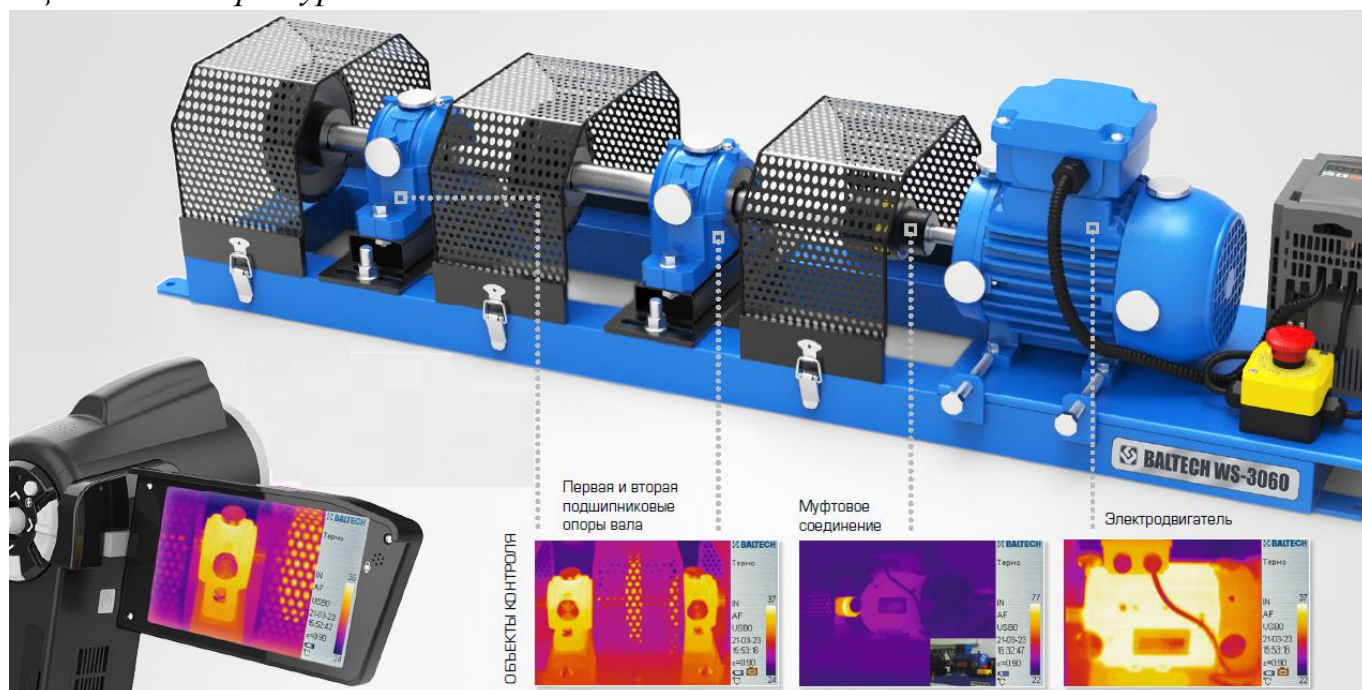
машины, трещины в элементах рамы или подшипниковой опоры)

- Характеризуется появлением составляющих вибрации корпуса на  $1x, 2x, 3x, 0.5x$ , а при сильной разболтанности – появлением высокочастотных составляющих некратных оборотным частотам из-за ударных процессов.

Наличие дефекта «механические ослабления подшипника» (износ / повышенные зазоры, связано с исчезновением натяга между деталями) приводит к появлению многочисленных гармоник вибрации корпуса подшипника из-за нелинейной реакции разболтанных деталей на динамические силы от ротора.



### Оценка температурных полей



Фиксируется максимальная, минимальная и средняя температура зон: первой и второй подшипниковых опор, соединительная муфта и эл.двигатель.

Выводы делаются на основе разницы температуры в градусах между зонами и величины превышения температуры окружающего воздуха.

## ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ по II БЛОКУ

Контролируемые параметры виброконтроля:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Правильность действий загрузки/выгрузки маршрута	
2.	Замер вибрации по 8 точкам контроля	

Контролируемые параметры теплового контроля:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Правильность настройки тепловизора	
2.	Замер температурных полей всех узлов: первой и второй подшипниковой опоры агрегата, температура муфты, температура подшипниковых узлов электродвигателя	
3.	Данные выгружены в программное обеспечение	

Контролируемые параметры по заключению о состоянии оборудования:

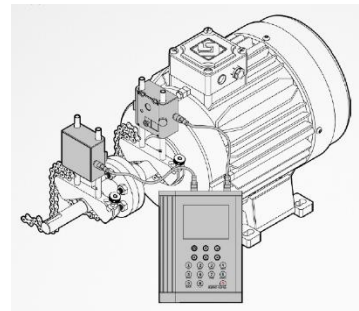
№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Наличие заключения о состоянии оборудования по вибрационным и температурным показателям	

### III Блок – Техническое обслуживание: центровка муфтового соединения и балансировка ротора на месте эксплуатации.

(Maintenance service: Shaft Alignment & Balancing in-suit)

#### 3.1. Провести точную центровку муфтового соединения при помощи системы лазерной центровки.

- Провести установку системы лазерной центровки на валы (проверить монтаж: БИЛ-1 подвижная – со стороны эл.двигателя; БИЛ-2 стационарная – со стороны механизма)
- Настроить лазерные лучи на попадание в приемники (лучи включатся при запуске программы центровки!)



Изначально проверяется наличие и устраняется дефект «мягкая лапа».

- Выставить лазерные головки в вертикальном направлении (наверх). Чем меньше составляет угол наклона в горизонте, тем выше точность замера!
- Запустить программу «Мягкая лапа» и поочередно отпустить и затянуть каждый болт на креплении двигателя
- Зафиксировать значение подъема лапы при отпуске болта. Величина  $\geq 0,06$  мм требует корректировки пластинами.
- Подложить калиброванные пластины на величину подъема лапы, не более 4шт. под опору
- Продолжать операцию до значений  $\leq 0,05$  мм под каждой опорой.
- Результаты сохранить в приборе!



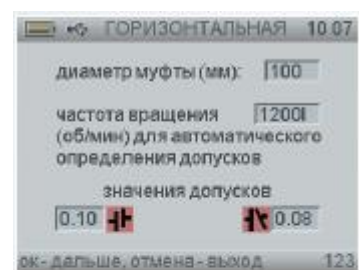
**Функция «Мягкая лапа», окно измерений**

1. Область показаний угломера
2. Маркер служит для выбора опоры
3. Область отображения результатов (величина мягкой лапы)

После устранения мягкой лапы провести центровку «горизонтальной машины»

Выбирать центровка «горизонтальных машин».

- Диаметр муфты не изменяем, оставляем значение 100мм, (для расчета угловой несоосности в единицах: мм/100мм)
- Ввести частоту вращения, прибор автоматически подберет допуски на центровку.
- Ввод размеров:
  1. Между центрами креплений лазерных головок
  2. От центра крепления подвижной головки до центра муфты
  3. От центра муфты до передней опоры
  4. Между опорами электродвигателя



- Выбрать удобный метод центровки: усеченный угол или часовой (9-0-3)
- Провести измерения вращая вал до требуемых угловых положений

- Получить расчет величин несоосности и произвести подвижки двигателя.

После выполнения операции центровки итоговые значения должны быть в зеленом цвете (в допуске).

В режиме «Центровка валов» отображаются величины перемещения в вертикальной (вверх-вниз) и горизонтальной (вправо-влево) плоскостях на величины значений, указанных стрелками ▼ ▲.

Для переключения между направлениями перемещения необходимо поставить измерительные головки по вертикали (наверх) или по горизонту (в сторону).

Необходимо уложиться в допуски до 2000 об/мин

Частота вращения, об/мин	Допуск			
	Смещение осей, мм		Излом осей, мм/100 мм	
	Хорошо	Приемлемо	Хорошо	Приемлемо
до 1000	0,07	0,13	0,06	0,10
до 2000	0,05	0,10	0,05	0,08
до 3000	0,03	0,07	0,04	0,07

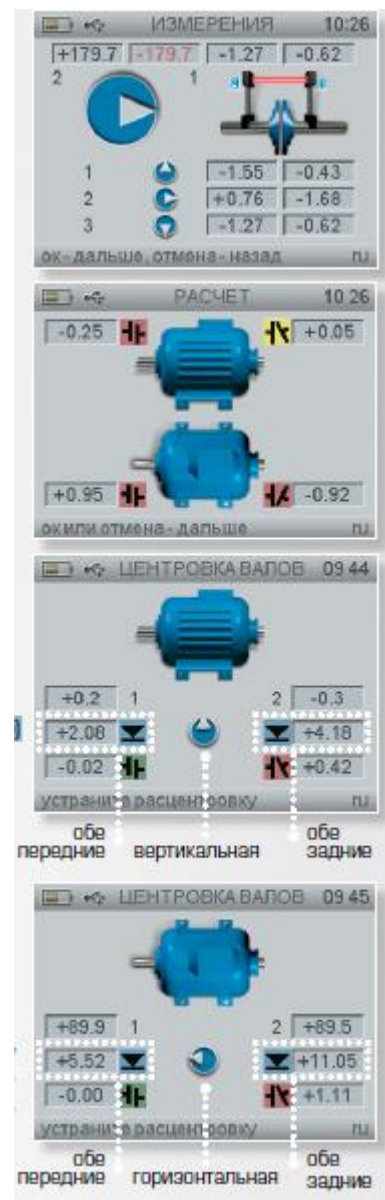
Оценка «не удовл» - агрегат в допуски не выставлен

Оценка «принято» - в соответствующие допуски «приемлемо»

Оценка «отлично» - в соответствующие допуски «хорошо»

Отчет по центровке сохранить в приборе.

Выгрузить в программное обеспечение BALTECH-Expert отчет о корректировке «мягкой лапы» и отчет по результатам центровки.



Задание выполнено \_\_\_\_\_

ФИО эксперта

подпись

время

### 3.2. Провести балансировку при помощи виброанализатора по четырём измерительным точкам. Результаты сохранить в программе.

Балансировка межопорного ротора используя 2 плоскости коррекции и 4 измерительные точки (на подшипниковых опорах вала).

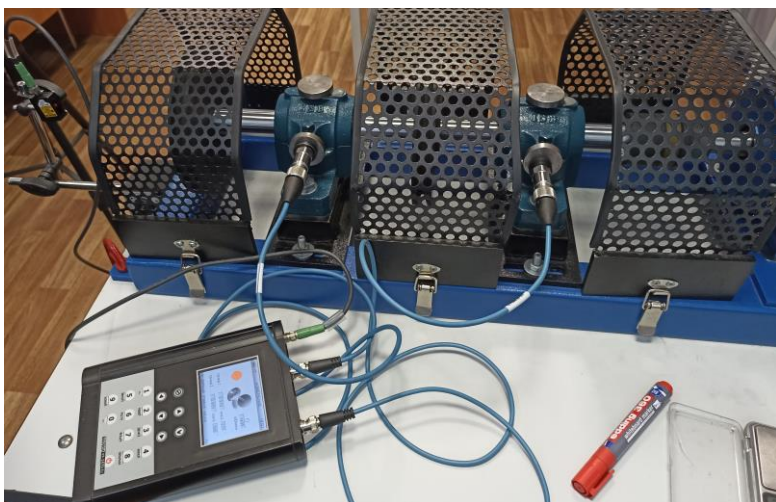
Использовать следующие границы допусков вибрации ( $V$  мм/с):

Границы допусков ( $V$ мм/с)	Заключение
0-1,12	Отлично
>1,12-2,8	Хорошо
>2,8-4,5	Приемлемо с ограничениями
>4.5	Не приемлемо

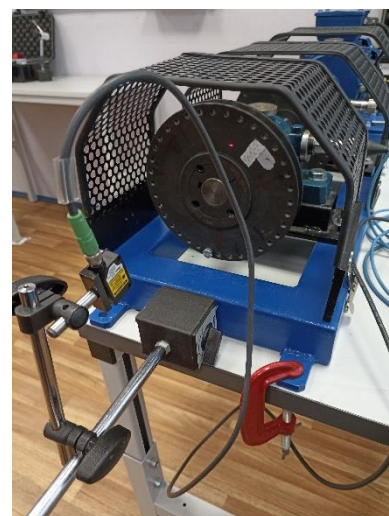
Вращающиеся диски являются плоскостями коррекции для установки пробных и корректирующих масс

Площадки на подшипниковых опорах агрегата – являются точками для измерения вибрационных параметров (измерение делается по горизонту и по вертикале)

С торца на вращающийся диск наклеивается метка для таходатчика для замера скорости вращения вала.



монтаж прибора для проведения балансировки



установка таходатчика

Во вкладке НОВАЯ БАЛАНСИРОВКА выбрать:

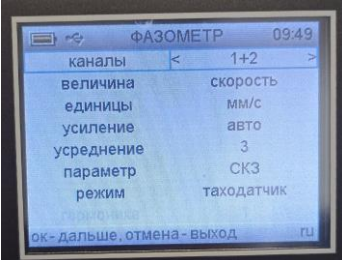
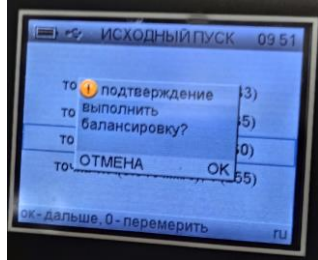



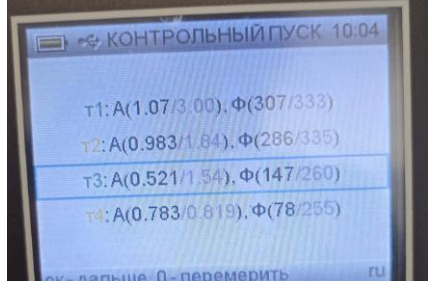

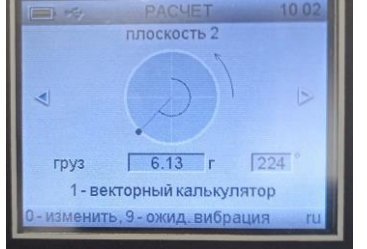
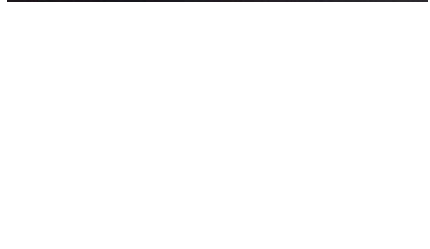
число плоскостей < 2 >

точек измерений < 4 >

остальные настройки без изменений

НОВАЯ БАЛАНСИРОВКА 09 19		
число плоскостей	< 1   >	
точек измерений	1	
метод	стандартный	
число углов	3	
расчет углов	против вращен.	
пробный груз	не оставлять	
коррекц. груз	добавляется	
ок - дальше, отмена - выход		123

Далее пошагово провести процедуру балансировки:

Шаг 1	Шаг 2	Шаг 3
<p>Выбор количества каналов измерения вибрации &lt; 1+2 &gt; - оба канала</p>	<p>Делаем измерения по 1 и 2 точке, потом переставляем датчики и делаем измерения по 3 и 4 точке. Сохранение при зеленом маркере сбора данных!</p>	<p>После снятия замеров ждем ✓ и подтверждаем желание выполнить балансировку повторным нажатием ✓</p>
		
Шаг 4	Шаг 5	Шаг 6
<p>Выбираем плоскость коррекции (первый диск – первая плоскость, второй диск – вторая плоскость)</p>	<p>Взвешиваем на весах пробную массу, записываем её величину в прибор. Устанавливаем массу на вращающийся диск в любое место. Это место станет отметкой 0° относительно которой потом ставится корректирующая масса.</p>	<p>Возвращаем датчики вибрации в начальное положение в точки 1 и 2, и делаем замер вибрации. Затем переставляем датчики в положение 3 и 4. Действия аналогичные шагу 2.</p>
		
Шаг 7	Шаг 7	Шаг 9
<p>Снимаем пробную массу с плоскости 1, помечаем это место маркером, чтобы запомнить где был 0° Повторяем процедуры Шагов 5,8 для Плоскости 2</p>	<p>Переходим в расчеты и видим величину требуемой для балансировки массу и угол ее установки. Угол против направления вращения от 0° - места установки пробной массы. (может быть по направлению, см шаг1)</p>	<p>После установки соответствующих масс проводим контрольное измерение по процедуре аналогичной Шагу 2. Сравниваем сколько стало (темный цвет) и сколько было (светлый) вибрации. Результат сохраняем нажав ✓</p>
		
		

После выполнения работы, выгрузить данные по балансировке в программное обеспечение BALTECH Expert

Задание выполнено

\_\_\_\_\_  
ФИО эсопера

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
время

## ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ по III БЛОКУ

Контролируемые параметры центровка:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	В программное обеспечение выгружен отчет «мягкая лапа»	
2.	В программное обеспечение выгружен отчет «центровка»	
3.	В результатах по «мягкой лапе» нет превышения <b>0,06 мм</b>	
4.	Под каждой из опор <b>не более 4 пластин</b>	
5.	Допуски по центровке выполнены по заданию: Оценка «не удовл» - агрегат в допуски не выставлен Оценка «принято» - выставлен в допуски «приемлемо» Оценка «отлично» - выставлен в допуски «хорошо»	

Контролируемые параметры балансировка:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	В программное обеспечение выгружен отчет «балансировка»	
2.	Нормирование остаточной вибрации: «Не удовл» св. 4,5 мм/с «Удовл» 2,8 – 4,5 мм/с «Хорошо» 1,12-2,8 мм/с «Отлично» до 1,12 мм/с	

## IV Блок – Контрольные измерения. Проверка качества выполненных работ. (Maintenance Quality Check. Vibration & Thermography Measurements and Analysis)

Работы, аналогичные Блок II

Проводятся сравнение данных по вибрационному замеру и тепловому контролю.

### 4.1. Используя систему виброконтроля провести маршрутные измерения общего уровня вибрации и прямого спектра вибрации.

Провести замеры вибрации по созданному пользователем собственному маршруту измерений по 8 точкам контроля. Данные замеров выгрузить в программное обеспечение.

Программное обеспечение BALTECH-Expert 2.5.2902 (DSN: RESOURCE DB: resource 2854 User: root Host: localhost via TCP/IP)

Общие Данные

Закладки Дерево Мнем Маршруты ?

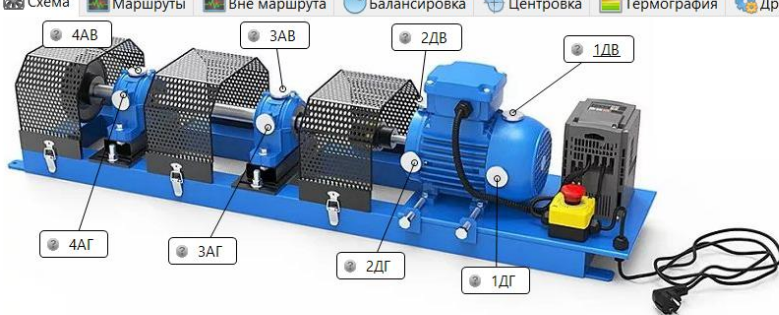
Оборудование

Пример

- Завод-1
  - Энергоцех
    - WS-3060

WS-3060

Схема Маршруты Вне маршрута Балансировка Центровка Термография Другое



Маршруты

#	Имя	Устройство	Описание
1	маршрут замеров	BALTECH VP-3470	

Провести анализ параметров вибрации и сохранить отчет с выводами о состоянии оборудования и требуемых работах по виброналадке, используя рекомендованные уровни вибрации и анализ прямого спектра вибрации. (Отчет о состоянии оборудования генерируется автоматически после выгрузки данных проведенных замеров!)

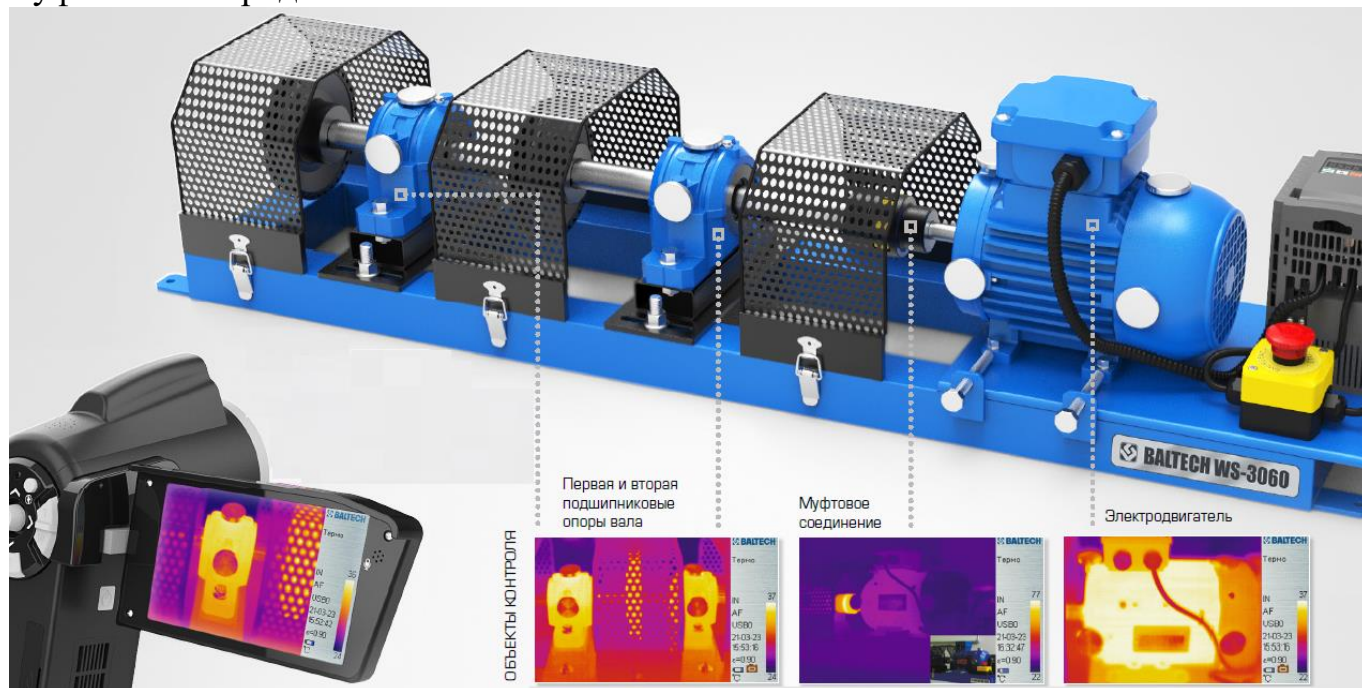


## 4.2. Используя тепловизор провести определение тепловых полей подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.

Произвести настройку тепловизора.

Сделать замеры на прогретом стенде.

Сохранить термограммы, показывающие тепловое поле подшипниковых опор, муфты и электродвигателя.



Выгрузить термограммы в программное обеспечение BALTECH-Expert.

## 4.3. Заполнить бланк о состоянии агрегата по вибрационным и тепловым характеристикам, используя следующее нормирование:

В выводах отметить, какому вибрационному состоянию соответствует стенд WS-3060, какие требуются работы по виброналадке, каково значение температуры узлов.

Заключение о состоянии оборудования:

Выводы делаются на основе справочной информации\*

Задание выполнено

\_\_\_\_\_  
ФИО эсопера

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
время

## ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ по IV БЛОКУ

Контролируемые параметры виброконтроля:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Правильность действий загрузки/выгрузки маршрута	
2.	Замер вибрации по 8 точкам контроля	

Контролируемые параметры теплового контроля:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Правильность настройки тепловизора	
2.	Замер температурных полей всех узлов: первой и второй подшипниковой опоры агрегата, температура муфты, температура подшипниковых узлов электродвигателя	
3.	Данные выгружены в программное обеспечение	

Контролируемые параметры по заключению о состоянии оборудования:

№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Наличие заключения о состоянии оборудования по вибрационным и температурным показателям	