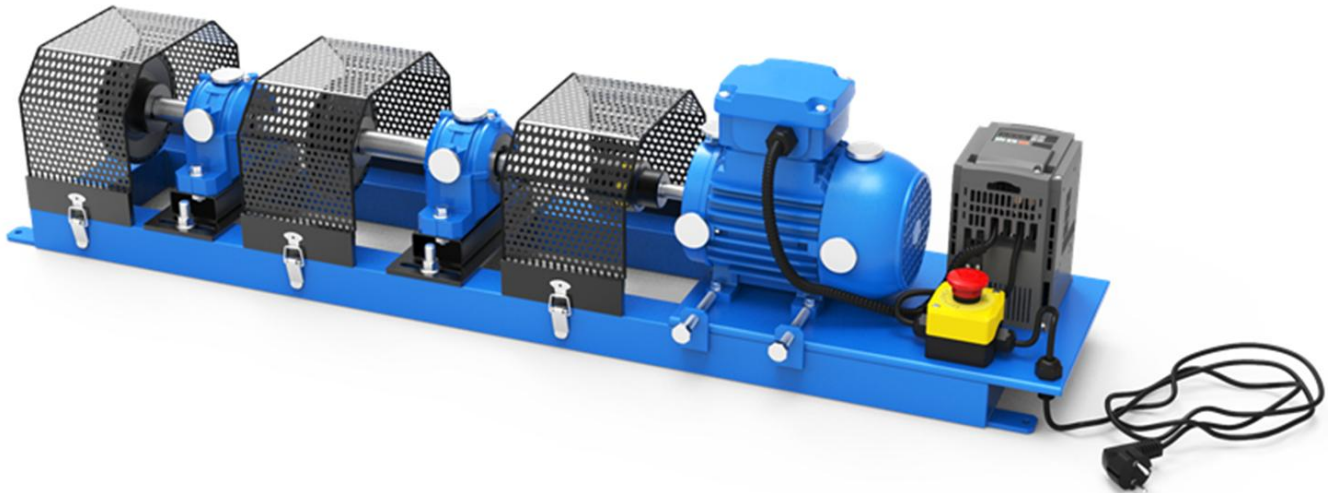


Задание для Модуля «Промышленная механика и монтаж»

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 BALTECH-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 BALTECH-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 BALTECH-Expert и сделать заключение о состоянии агрегата после выполнения работ по техническому обслуживанию.

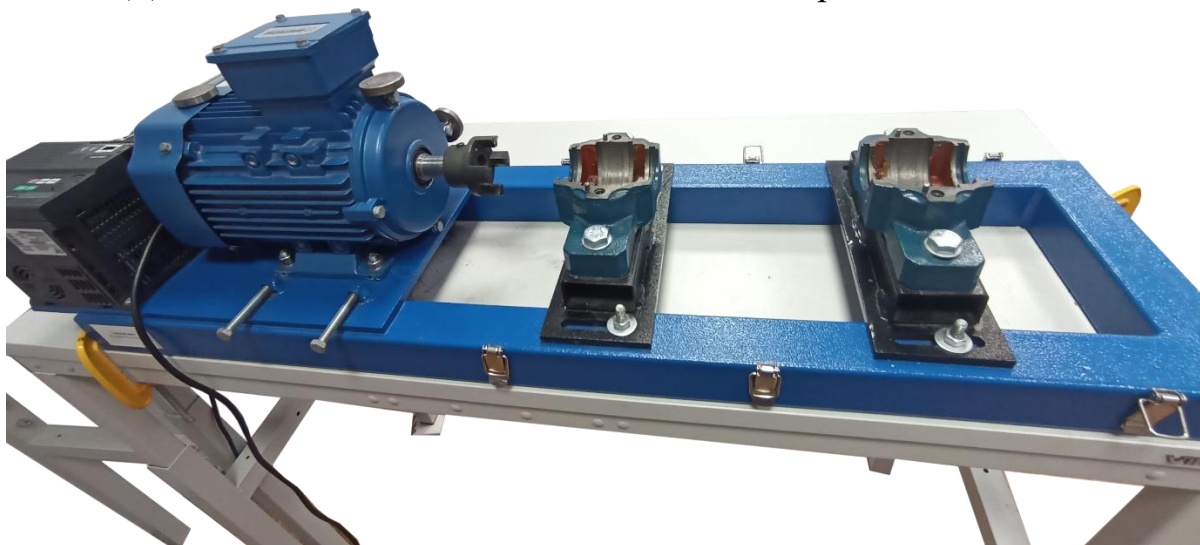
I Блок – Промышленная механика и монтаж (Industrial Mechanics Millwright)

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

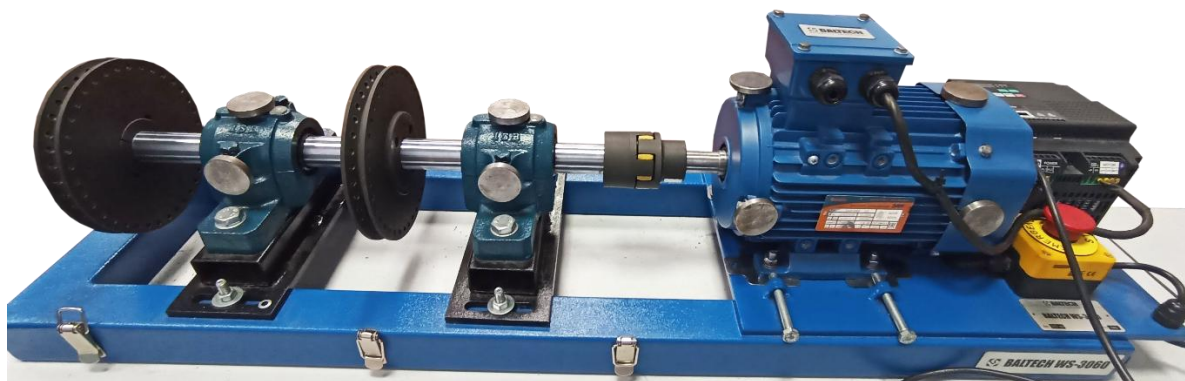
ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ: сборочный комплект



ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ: осто́в сте́нда для сборки



РЕЗУЛЬТАТ СБОРКИ:

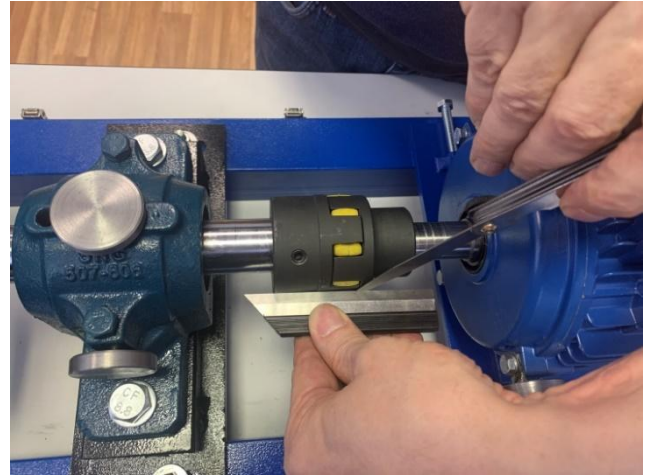


*ПРИЛОЖЕНИЕ: Схема сборки

После сборки выполняются работы по предварительной регулировке:

1. Грубая центровка:

Замеры при помощи щупов и лекальной линейки;



Корректировка положения двигателя по высоте осуществляется калиброванными пластинами.



2. Проверка величин биений.

При помощи магнитной стойки и часового индикатора проверяется радиальное биение валов с каждой стороны полумуфты и каждой из полумуфт.

Результаты записать в таблицу:

Место замера	Биение
Вал двигателя	
Полумуфта двигателя	
Вал агрегата	
Волумуфта агрегата	



Задание выполнено

ФИО эсперта

подпись

время

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.	

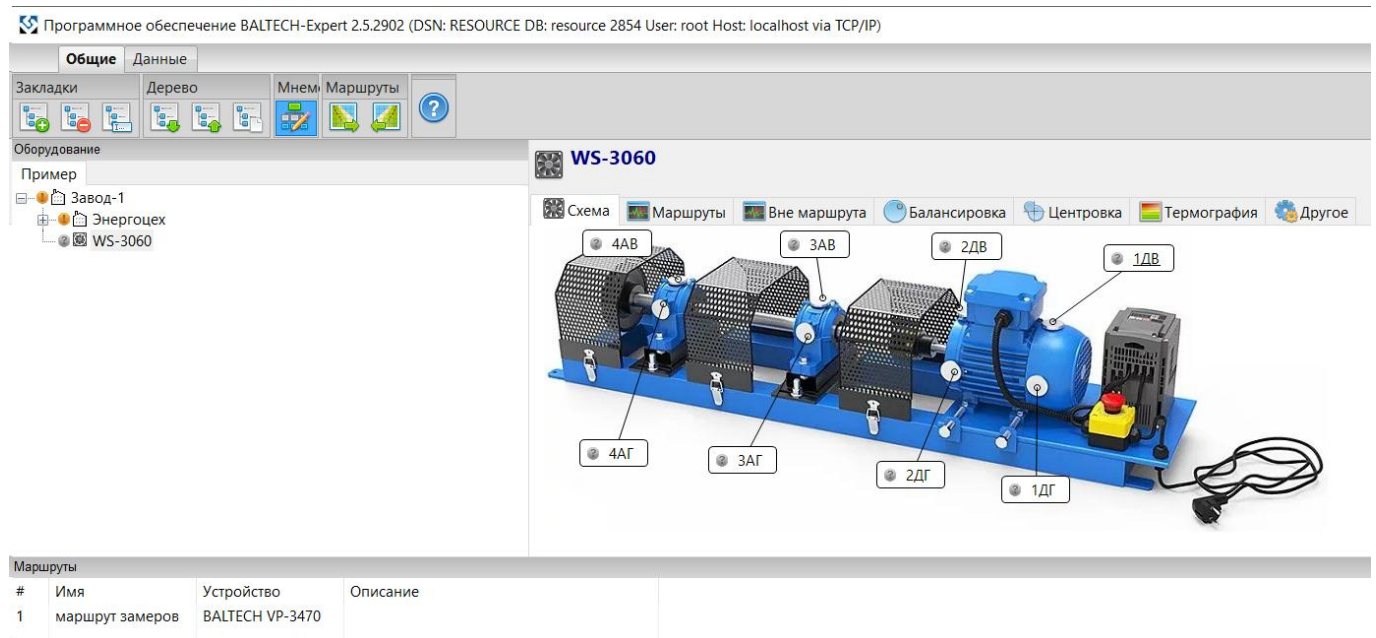
II Блок – Диагностика и определение состояния роторного агрегата вибродиагностическим и тепловым методами НК (Vibration & Thermography Measurements and Analysis)

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.



Включить стенд, установив 50Гц на частотном преобразователе (скорость вращения вала ≈ 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.

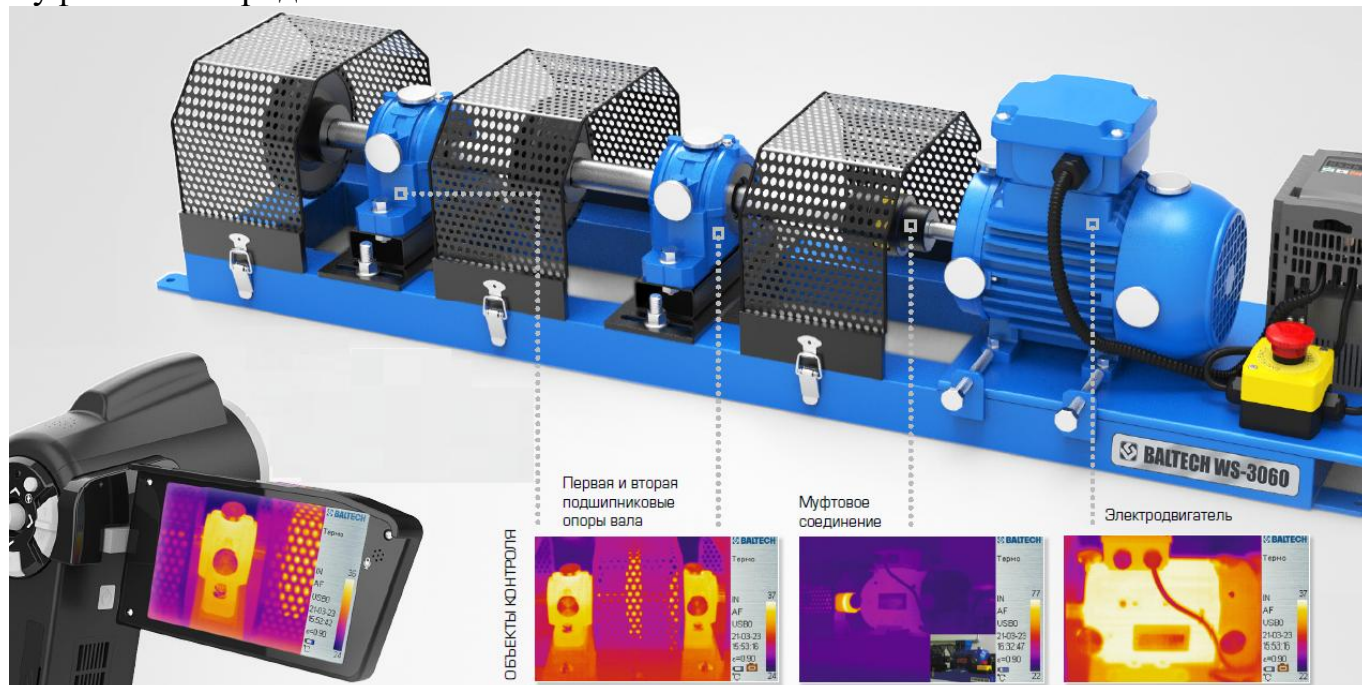
(Отчет о состоянии оборудования генерируется автоматически после выгрузки данных проведенных замеров!)

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 эксперта

подпись

время

*Справочная информация:

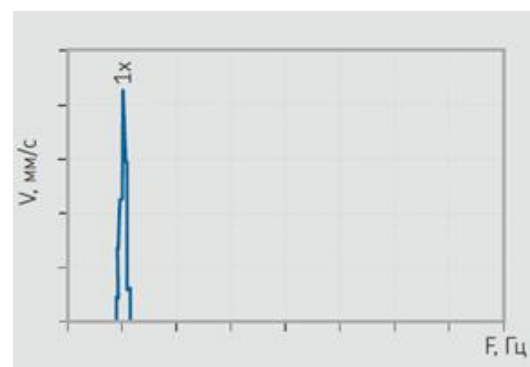
Нормирование общего уровня вибрации:

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		

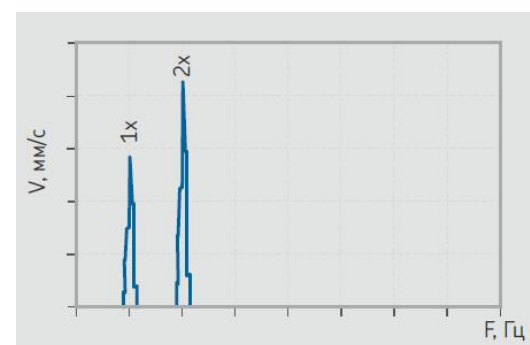
Оценка прямого спектра

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.



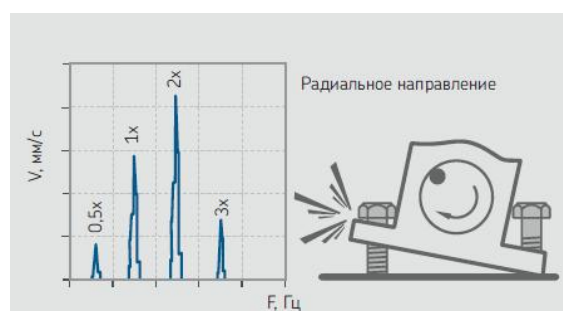
Наличие дефекта «несоосность валов» или расцентровка проявляется в виде всплеска вибрации на оборотной и 2-кратной оборотной частоте (для скорости $n=1500$ об/мин, оборотная частота составит $F_{об}=25$ Гц, 2-кратная $F_{2об}=50$ Гц).



Высокий уровень радиальной и осевой вибрации:

- Преобладающая амплитуда 1-ой, 2-ой, а иногда и 3-ей оборотной частоты 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»

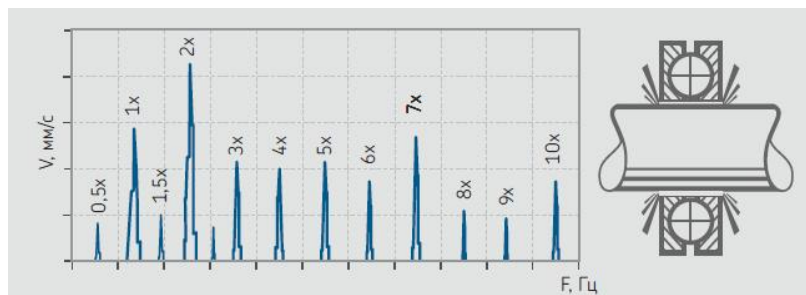
Наличие дефекта «механические ослабления корпуса» (ослабление болтов крепления, лап



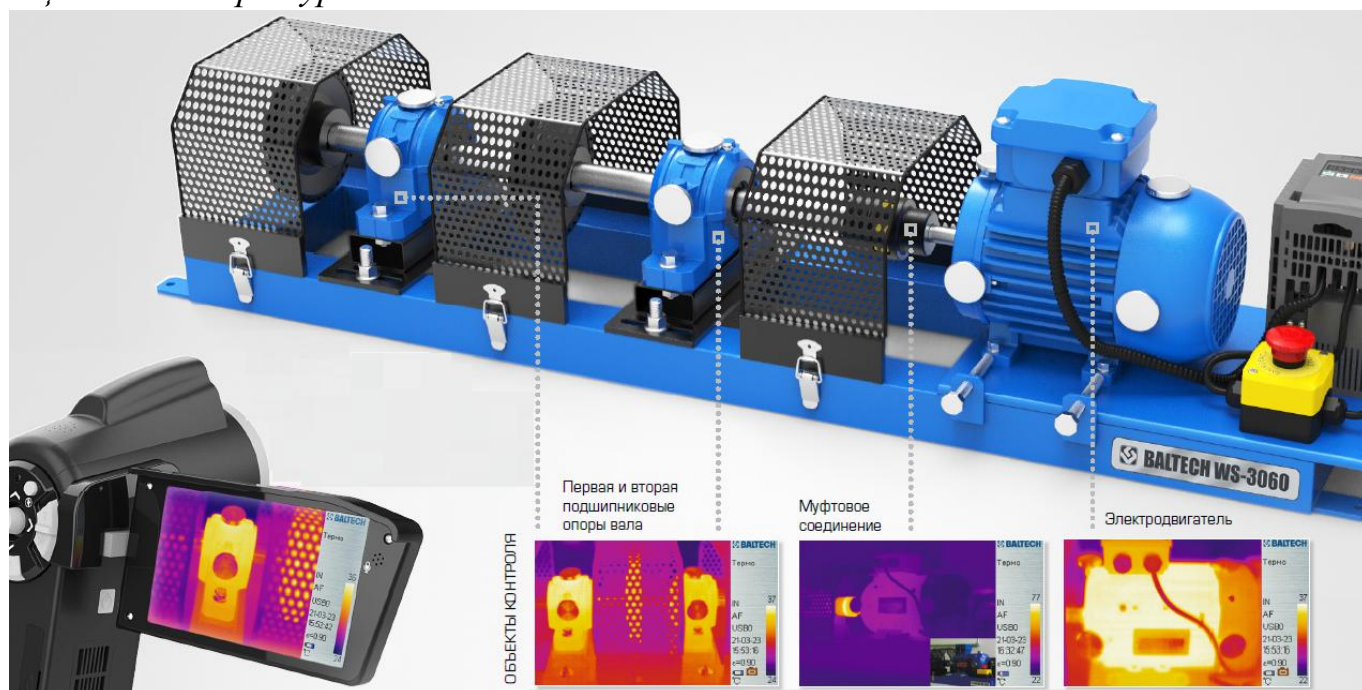
машины, трещины в элементах рамы или подшипниковой опоры)

- 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:

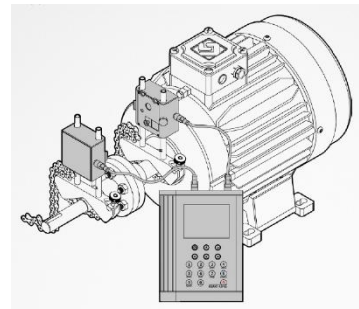
№	Параметр критерий	Оценка выполнения
1.	Наличие заключения о состоянии оборудования по вибрационным и температурным показателям	

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!



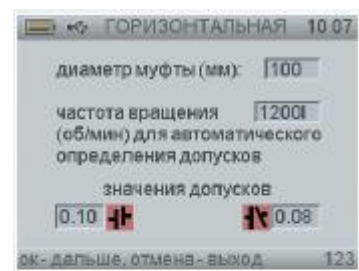
Функция «Мягкая лапа», окно измерений

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

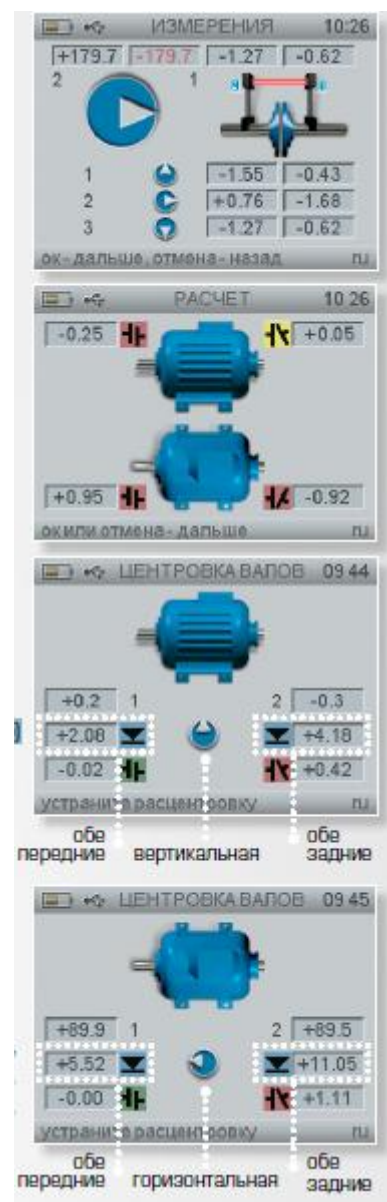
Оценка «не удовл» - агрегат в допуски не выставлен

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 эсеперта

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).

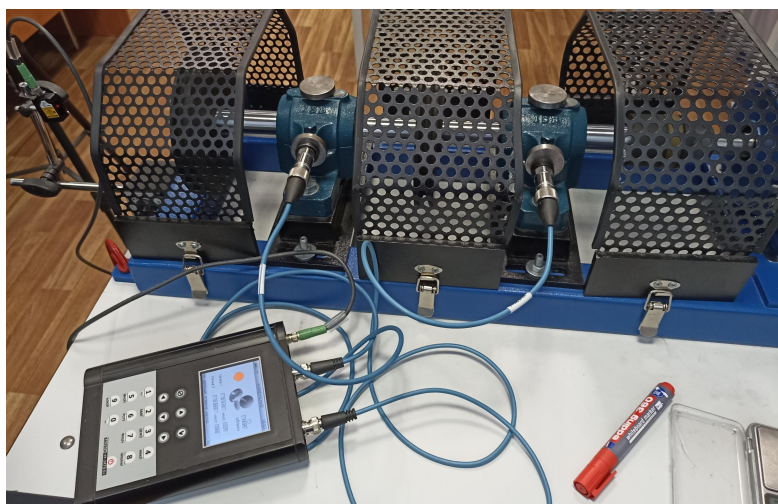
Использовать следующие границы допусков вибрации (V мм/с):

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

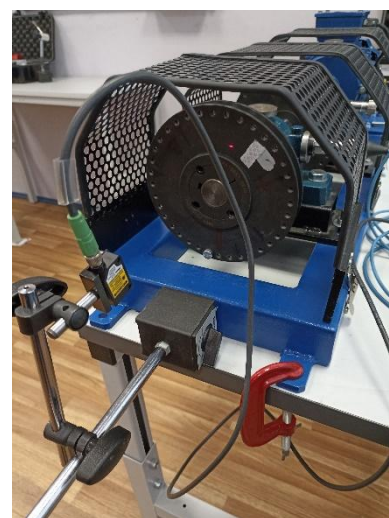
Вращающиеся диски являются плоскостями коррекции для установки пробных и корректирующих масс

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



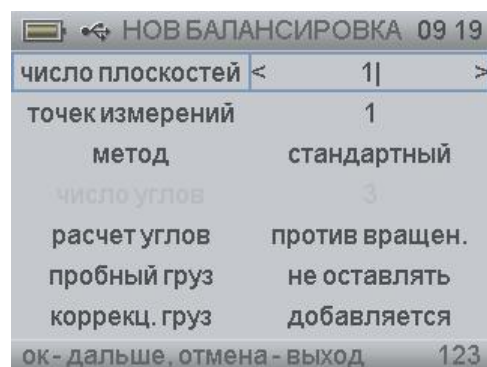
установка таходатчика

Во вкладке НОВАЯ БАЛАНСИРОВКА выбрать:


число плоскостей < 2 >

точек измерений < 4 >

остальные настройки без изменений



Далее пошагово провести процедуру балансировки:

Шаг 1	Шаг 2	Шаг 3
Выбор количества каналов измерения вибрации < 1+2 > - оба канала	Делаем измерения по 1 и 2 точке, потом переставляем датчики и делаем измерения по 3 и 4 точке. Сохранение при зеленом маркере сбора данных!	После снятия замеров жмем ✓ и подтверждаем желание выполнить балансировку повторным нажатием ✓
		
Шаг 4	Шаг 5	Шаг 6
Выбираем плоскость коррекции (первый диск – первая плоскость, второй диск – вторая плоскость)	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.	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.
		
Шаг 7	Шаг 7	Шаг 9
Снимаем пробную массу с плоскости 1, помечаем это место маркером, чтобы запомнить где был 0°. Повторяем процедуры Шагов 5,8 для Плоскости 2	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)	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 ✓
		

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

Задание выполнено _____ / _____ / _____
 ФИО эссперта 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 0,06 мм	
4.	Под каждой из опор не более 4 пластин	
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.



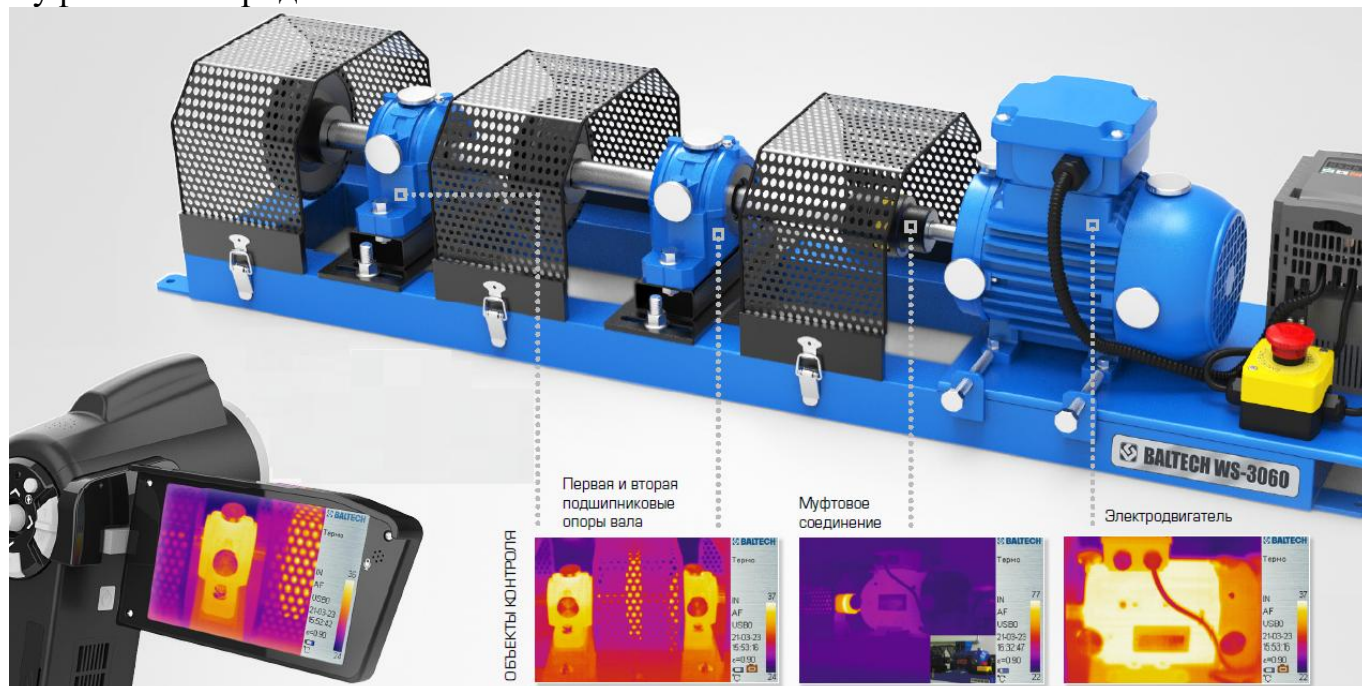
Провести анализ параметров вибрации и сохранить отчет с выводами о состоянии оборудования и требуемых работах по виброналадке, используя рекомендованные уровни вибрации и анализ прямого спектра вибрации. (Отчет о состоянии оборудования генерируется автоматически после выгрузки данных проведенных замеров!)

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 эксперта

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	