

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Структурное подразделение  
«ИНСТИТУТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ»

Д.И. Сидоркин

**«ДИНАМИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ  
НАСОСОВ (ВВ020Р «АМЕТИСТ»)**

Лабораторный практикум

© Д.И. Сидоркин, 2018

© ССП УГНТУ «ИДПО», 2018

Уфа

ФГБОУ ВО «УГНТУ» • ССП УГНТУ «ИДПО»

2018

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Теория .....	3
2 Оборудование .....	9
2.1 Активные клавиши .....	9
2.2 Балансировочный прибор модели ВВ020Р «Аметист».....	10
2.2.1 Характеристики балансировочного прибора модели ВВ020Р «Аметист».....	13
2.3 Станок для динамической балансировки «Аметист».....	14
2.4 Роторы.....	17
2.5 Тельфер.....	19
2.6 Дополнительное оборудование .....	20
3 Порядок выполнения работы .....	20
3.1 Подготовительная часть .....	20
3.2 Работа с балансировочным прибором модели ВВ020Р «Аметист».....	23
3.3 Балансировочная часть.....	31
4 Отчет .....	32
5 Контрольные вопросы.....	33
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	34

## ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – изучение методики проведения балансировки ротора центробежного насоса.

Задачи:

- провести балансировку ротора насоса типа НМ;
- вычислить и устранить дисбаланс ротора до значения допуска остаточной неуравновешенности для данного ротора.

### 1 Теория

Для уравнивания вращающихся деталей и сборочных единиц машин применяют балансировку. В процессе балансировки определяют места и величины дисбаланса, а затем устраняют или уменьшают дисбаланс до допустимого предела, удаляя излишний материал или устанавливая дополнительные грузы.

Основными причинами неуравновешенности являются неточность размеров, формы деталей и сборки, т.е. смещение сопряженных деталей и сборочных единиц, неравномерность размещения массы металла, а также неравномерный износ детали в процессе эксплуатации. Различают статическую и динамическую неуравновешенности.

Статическая неуравновешенность возникает вследствие смещения центра тяжести относительно оси вращения и проявляется в статическом состоянии. В этом случае дисбаланс  $D$  измеряется статическим моментом (в кг·м):

$$D = m \cdot r = M \cdot e, \quad (1.1)$$

где  $m$  – неуравновешенная масса, кг;

$r$  – расстояние центра тяжести неуравновешенной массы от оси вращения, м;

$M$  – масса ротора, кг;

$e$  – смещение центра тяжести ротора от оси вращения, м.

Статическая неуравновешенность обычно свойственна деталям типа дисков, т.е. таким деталям, у которых диаметр превышает длину. К таким деталям относятся рабочие колеса центробежных насосов, компрессоров, турбин и т. д.

При вращении неуравновешенной массы возникает постоянная по величине и переменная по направлению центробежная сила инерции, соответствующая рисунку 1.1, величина которой определяется по формуле:

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (1.2)$$

где  $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$  – угловая скорость, рад/с.

Из формулы (1.2) видно, что центробежная сила наиболее опасна при больших оборотах, так как ее величина пропорциональна квадрату скорости.

Эта сила создает дополнительные циклические нагрузки на подшипники, максимальная величина которых, в соответствии с рисунком 1.1:

$$T_1 = F \cdot \frac{b}{l}; \quad (1.3)$$

$$T_2 = F \cdot \frac{a}{l}. \quad (1.4)$$

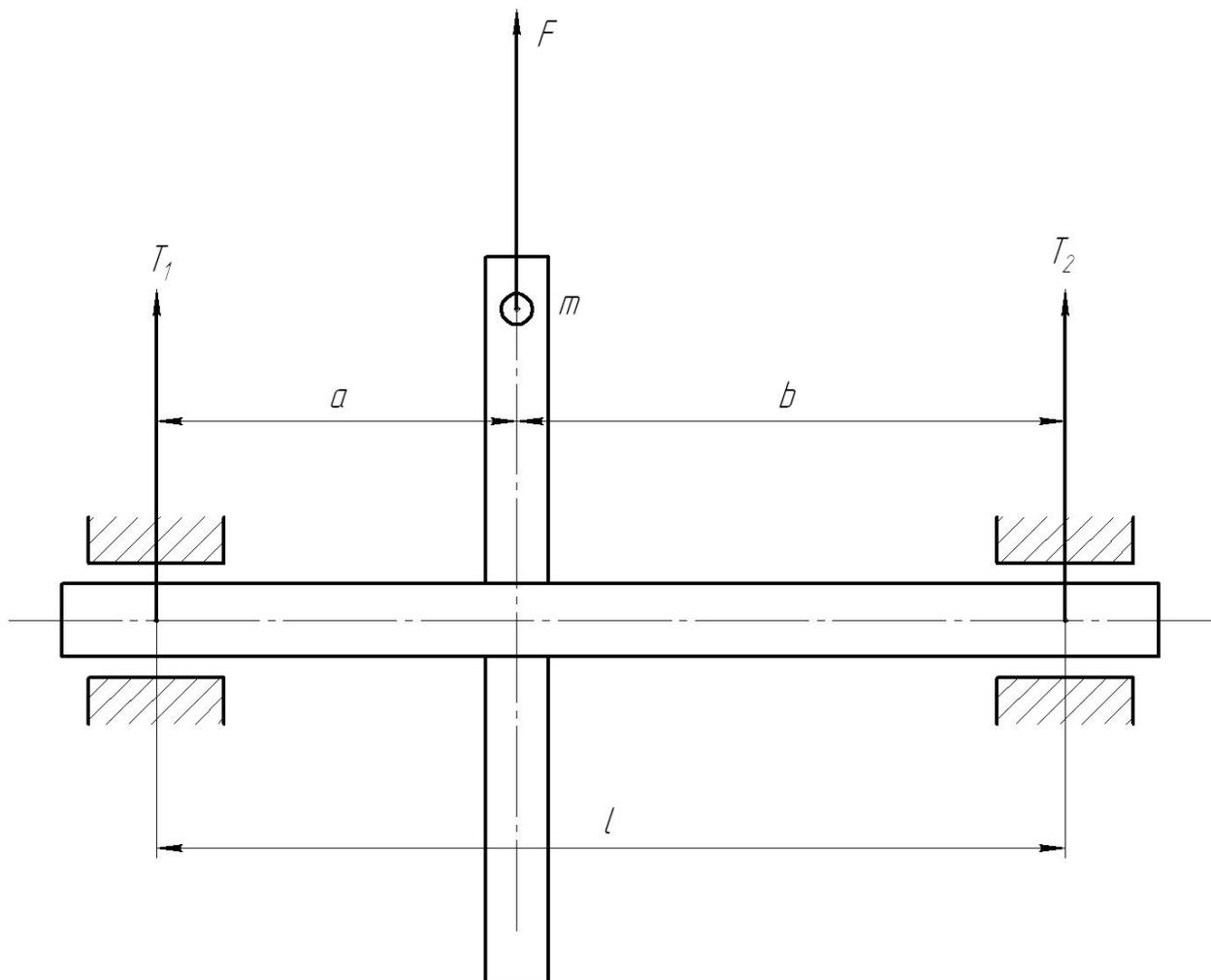


Рисунок 1.1 – Схема действия сил при статической неуравновешенности детали

Если подобную неуравновешенную деталь свободно установить на опорах, то сила тяжести неуравновешенной массы, создавая крутящий момент, повернет деталь и неуравновешенная часть займет нижнее положение. Для уравнивания детали необходимо на ее противоположной стороне закрепить груз массой  $m_1$  так, чтобы создаваемый им крутящий момент был равен по величине и противоположен по направлению моменту, создаваемому неуравновешенной массой  $m$ . Схема статической балансировки показана на рисунке 1.2.

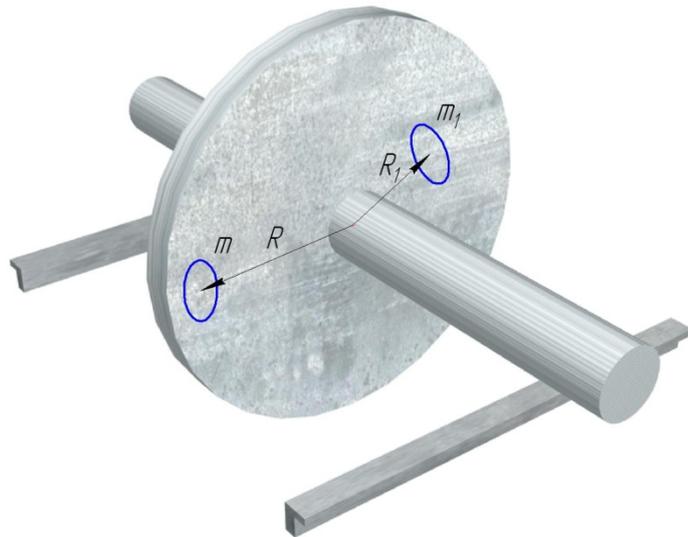


Рисунок 1.2 – Схема балансировки детали при статической неуравновешенности

Для устранения статической неуравновешенности применяют различные методы статической балансировки. При статической балансировке определяют опытным путем наиболее легкую и тяжелую части детали: уменьшая массу тяжелой части за счет снятия металла или утяжеляя легкую путем установки дополнительных грузов, достигают необходимого уравнивания. Лишний металл снимают сверлением, фрезерованием, эксцентричным точением и шлифованием. Дополнительные корректирующие грузы устанавливают при помощи сварки, наплавки или резьбовых и болтовых соединений.

Точность статической балансировки невысока, что для точных быстроходных машин и механизмов недопустимо. Для тихоходных машин такая точность балансировки достаточна. Неточность статической балансировки обусловлена трением качения в результате деформации металла в местах контакта вала и ножевой части параллелей, что создает момент сопротивления качению.

Статическая балансировка является далеко не универсальным методом уравнивания деталей — форма и соотношение размеров деталей

являются главным критерием при оценке применения этого метода. Так, если длина детали по сравнению с ее диаметром значительна, то компенсация неуравновешенной массы  $m$  подвешенным с противоположной стороны грузом  $m_1$  обеспечивает равновесие детали в статическом состоянии, при вращении детали приводит к возникновению двух равных и противоположно направленных центробежных сил, которые стремятся вырвать деталь из подшипников. Следовательно, статическая балансировка успешно может быть применена лишь для деталей дисковой формы, у которых диаметр значительно больше высоты.

Динамическая неуравновешенность обычно присуща деталям и узлам, у которых длина больше диаметра. Процесс определения величины и направления неуравновешенных центробежных сил и их устранение называется динамической балансировкой.

Динамическая балансировка деталей и сборочных единиц осуществляется на балансировочных станках различной конструкции.

На рисунке 1.3 приведена схема детали с динамической неуравновешенностью. Вал находится в статическом равновесии. На противоположных концах вала расположены две неуравновешенные массы:  $m_1$ , находящаяся на расстоянии  $a$  от левого подшипника, и  $m_2$ , находящаяся на расстоянии  $b$  от правого подшипника. При вращении вала возникают центробежные силы  $F$  и  $Q$ , которые не совпадают по направлению, в результате чего создается момент центробежных сил, являющийся причиной дополнительных нагрузок и вибраций.

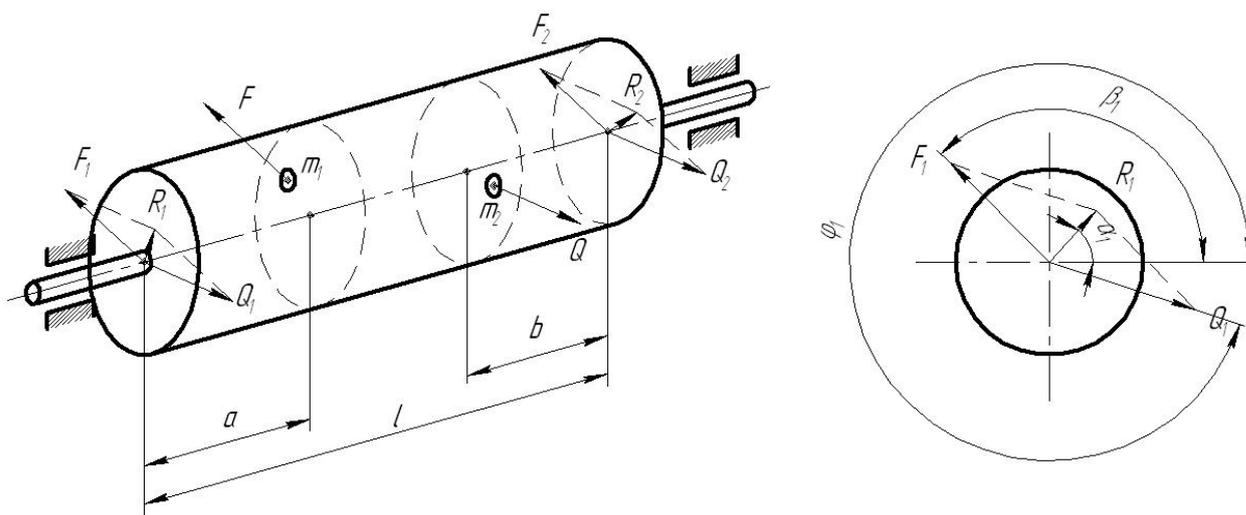


Рисунок 1.3 – Схема балансировки детали при динамической  
неуравновешенности

Силы  $Q$  и  $F$  могут быть разложены на две составляющие, отнесенные к торцовым поверхностям. Величина составляющих силы определяется из уравнений:

$$F_1 = F \cdot \frac{l-a}{l};$$

$$F_2 = F \cdot \frac{a}{l},$$

где  $F_1 + F_2 = F$ .

Аналогично определяется величина составляющих силы  $Q$ . Сложив силы, внесенные к торцам детали по правилу параллелограмма, получим их результирующие  $R_1$  и  $R_2$ , которые и следует уравновесить, чтобы получить динамически уравновешенную деталь. Для устранения динамической неуравновешенности необходимо на противоположной стороне торцовых поверхностей установить грузы таким образом, чтобы создаваемые ими центробежные силы  $Re_1$  и  $Re_2$  были равны по величине и противоположно направлены силам  $R_1$  и  $R_2$ .

Для устранения динамической неуравновешенности можно также удалить с утяжеленных мест равные массы, вызывающие появление неуравновешенной пары центробежных сил.

## 2 Оборудование

### 2.1 Активные клавиши

Для работы в этой лабораторной работе применяются следующие клавиши:

W, S, A, D – для перемещения в пространстве;

F2, E – аналог средней клавиши манипулятора (при первом нажатии берется объект, при последующем – ставится);

Ctrl – присесть;

F10 – выход из программы.



Рисунок 2.1 – Активные клавиши клавиатуры

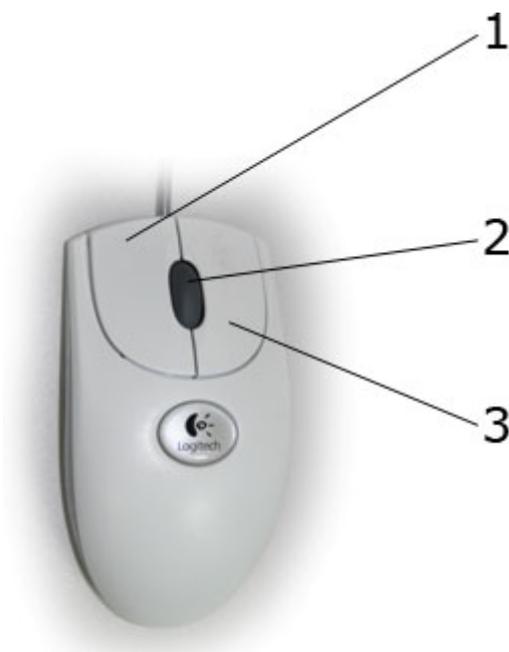


Рисунок 2.2 – Функции манипулятора

Левая клавиша мыши (1) – при нажатии и удерживании обрабатывается (поворачивается, переключается) тот или иной объект.

Средняя клавиша (2) – при первом нажатии (прокрутка не используется) берется объект, при последующем – ставится.

Правая клавиша (3) – появляется курсор–указатель (при повторном нажатии исчезает).

Примечание – При появившемся курсоре невозможно перевести взгляд вверх и стороны.

## **2.2 Балансировочный прибор модели ВВ020Р «Аметист»**

Балансировочный прибор модели ВВ020Р «Аметист» представляет собой стационарный микропроцессорный балансировочный прибор с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В. Прибор «Аметист» позволяет измерять вибрацию по двум каналам, производить расчет коэффициентов влияния, корректирующих грузов и остаточной неуравновешенности, а в комплекте с датчиком угла ВЕ-178А производить

отсчет угла поворота ротора. В комплектацию прибора также входят два взаимозаменяемых фотоэлектрических датчика синхронизирующего сигнала модели КРОЮ, обеспечивающие формирование опорного сигнала при измерении частоты вращения ротора, синхронном запуске измерения амплитуды/фазы, запуске отсчета угла поворота ротора. Для защиты от стирания данных при выключении питания в приборе установлены два элемента питания типа АА. В прибор «Аметист» вмонтировано портативное печатающее устройство с матричной головкой, позволяющее выводить данные роторов и результаты балансировки на бумагу.

Назначением прибора является динамическая балансировка различных типов роторов массой до 150 тонн на станках или в собственных опорах в диапазоне скоростей 60–1500 об/мин. Установочные данные роторов, коэффициенты влияния, данные последних пяти пусков, а также протокол балансировки могут быть записаны в долговременную память для последующего хранения, просмотра или распечатки.

Встроенная в прибор программа дает возможность рассчитывать корректирующие массы по данным пробных пусков и по известным коэффициентам влияния (уравновешивание за один пуск). В программе предусмотрены опции векторного сложения и разложения, применяемые для получения массы и угла установки суммарного груза и для расчета разложения корректирующей массы по дискретным углам установки. Программа рассчитывает корректирующие массы по методу коэффициентов влияния в линейной постановке задачи. На сегодня это самый совершенный из опробованных методов. Он успешно применяется для уравновешивания роторов, как в собственных опорах, так и на балансировочных станках.

Прибор «Аметист» рассчитан на использование техническим персоналом, имеющим необходимый опыт в проведении работ по динамическому уравновешиванию роторов.

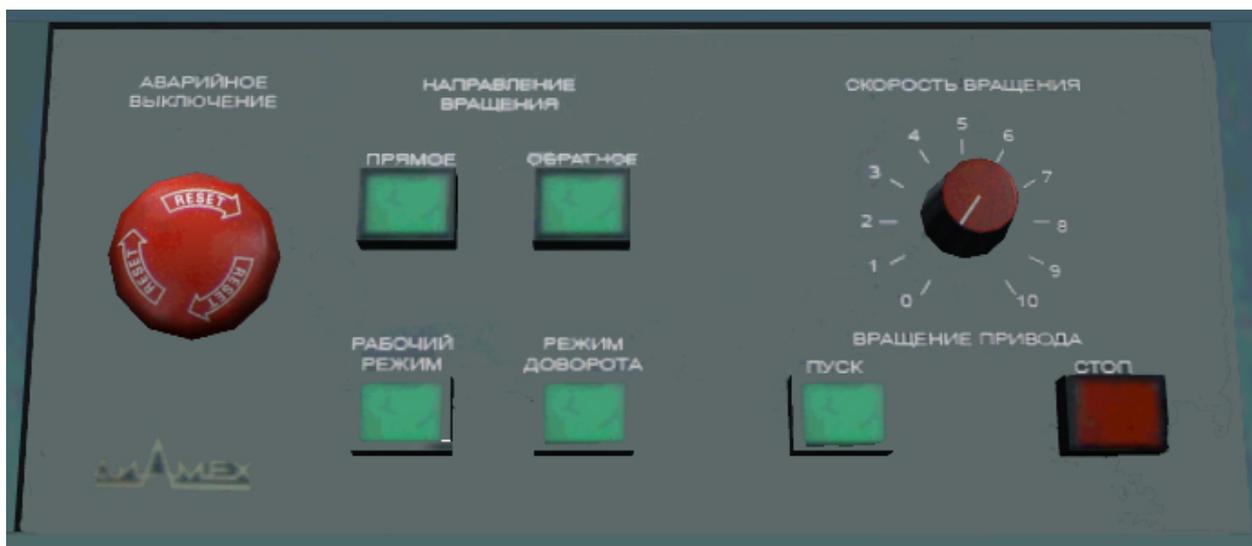


Рисунок 2.3 – Панель балансировочного прибора модели ВВ020Р «Аметист»

Кнопка «Аварийное выключение» – остановка балансировочного станка в аварийном режиме.

Направление вращения:

Кнопка «ПРЯМОЕ» – устанавливает направление вращения ротора, подобно вращению рабочего колеса в насосе.

Кнопка «ОБРАТНОЕ» – устанавливает направление вращения ротора, обратно вращению рабочего колеса в насосе.

Кнопка «РАБОЧИЙ РЕЖИМ» – установка режима балансировки.

Кнопка «РЕЖИМ ДОВОРОТА» – установка режима, при котором ротор поворачивается на заданный угол (используется для точного отчета угла установки балансировочного груза).

Кнопка «ПУСК» – ручной запуск балансировки.

Кнопка «СТОП» – ручная остановка балансировки.

Тумблер «СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ» – используется для увеличения или уменьшения скорости вращения ротора, непосредственно во время балансировки (необходимо для вывода частоты вращения ротора в заданный режим).

## **2.2.1 Характеристики балансировочного прибора модели ВВ020Р «Аметист»**

1. Диапазон скоростей балансировки: от 60 до 1500 об/мин. (рабочая скорость уравнивания зависит от конкретного типа используемого станка).

2. Точность контроля скорости:  $\pm 1$  об/мин. во всем диапазоне скоростей.

3. Датчики: емкостные акселерометры со встроенными предусилителями. Частотный диапазон – от 0 до 600 Гц.

Чувствительность – от 2 до 10 В/г (чувствительность датчика определяется типом балансировочного станка).

4. Измерительные каналы: два канала с автоматической настройкой усиления, узкополосным перестраиваемым аналоговым фильтром, цифровым фильтром и векторным усреднением данных. Ручной или автоматический режимы измерений.

5. Погрешности измерения: амплитуды:  $\pm 1$  дБ ( $\pm 12\%$ ); фазы:  $\pm 1^\circ$ .

6. Дисплей: графический жидко-кристаллический с подсветкой, разрешение 128×256.

7. Память: могут быть записаны до 100 установок различных роторов, Поддерживается независимым источником питания до 12 месяцев, сохраняется при замене элементов питания.

8. Функции балансировки:

- одноплоскостная балансировка;
- двухплоскостная балансировка.

Расчет корректирующих грузов по методу коэффициентов влияния. Внесение корректировки добавлением/удалением масс. Представление данных вибрации в единицах смещения, единицах корректирующих масс или неуравновешенности.

9. Конфигурация роторов: одна или две плоскости балансировки, каждая из которых может располагаться как между опорами, так и вне их.

10. Встроенный принтер:

- тип: матричный;
- скорость печати: 360 символов в минуту;
- ширина печати: 56 мм (40 символов в строку);
- распечатка протоколов балансировки и данных пусков.

11. Входы:

- два разъема для емкостных акселерометров;
- вход для отметчика оборотов;
- разъем подключения датчика углового положения ротора;
- разъем подключения фотодатчика-указателя;
- разъем последовательного интерфейса RS-232C;
- выход управления приводом балансировочного станка;
- разъем подключения сетевого питания.

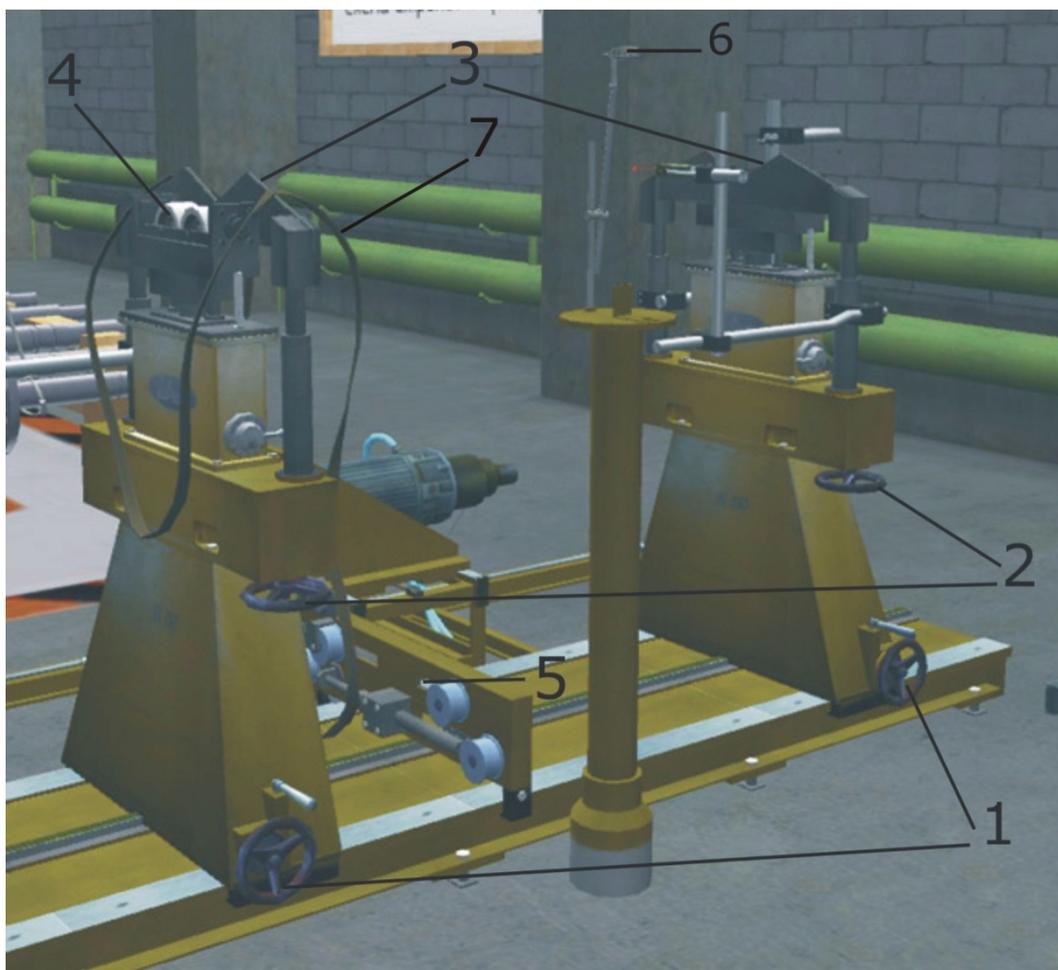
12. Питание: сеть переменного тока 200-240В, 50 Гц. Потребление – не более 25 Вт.

13. Физические данные:

- размеры: 380x360x220 мм;
- масса: 6.9 кг без принадлежностей.

### **2.3 Станок для динамической балансировки «Аметист»**

Станок для динамической балансировки «Аметист» представлен на рисунках 2.4, 2.6.



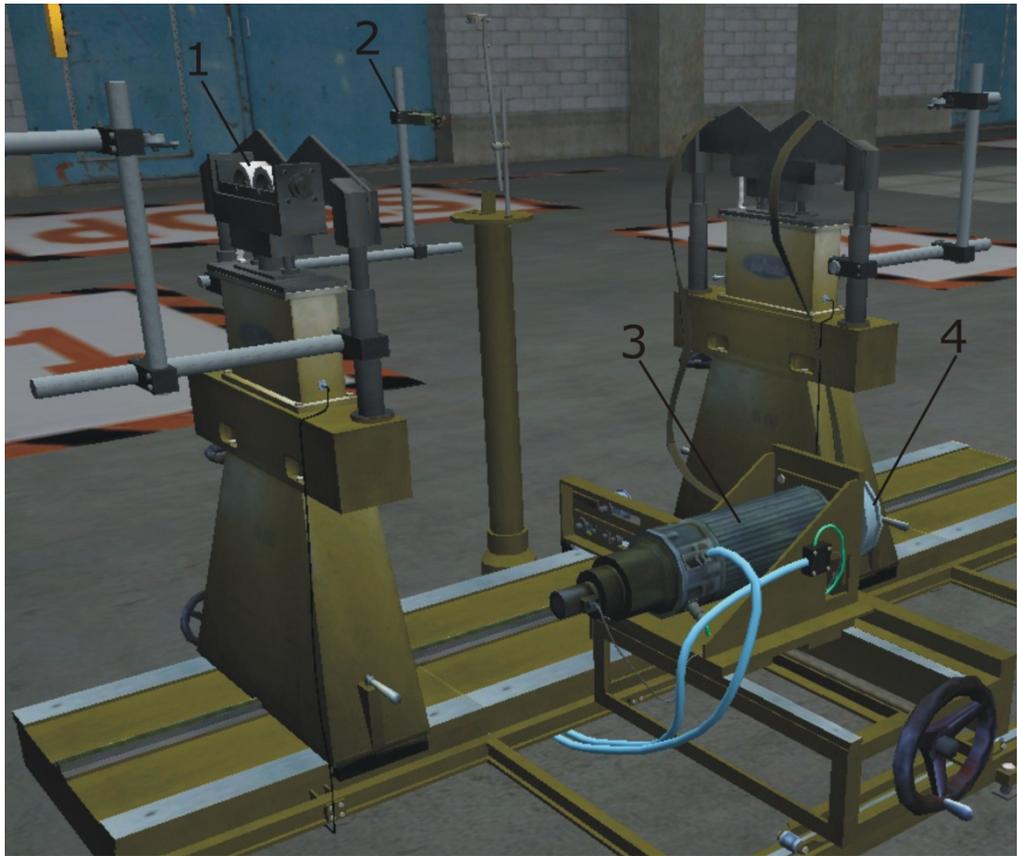
1 – штурвал передвижения стойки; 2 – штурвал подъема/опускания укладочной призмы; 3 – укладочные призмы; 4 – роликовые блоки передвижной стойки; 5 – пазы приводного ремня; 6 – индикатор; 7 – приводной ремень

Рисунок 2.4 – Станок балансировочный VM1000 (вид спереди)



Рисунок 2.5 – Стрелочный индикатор

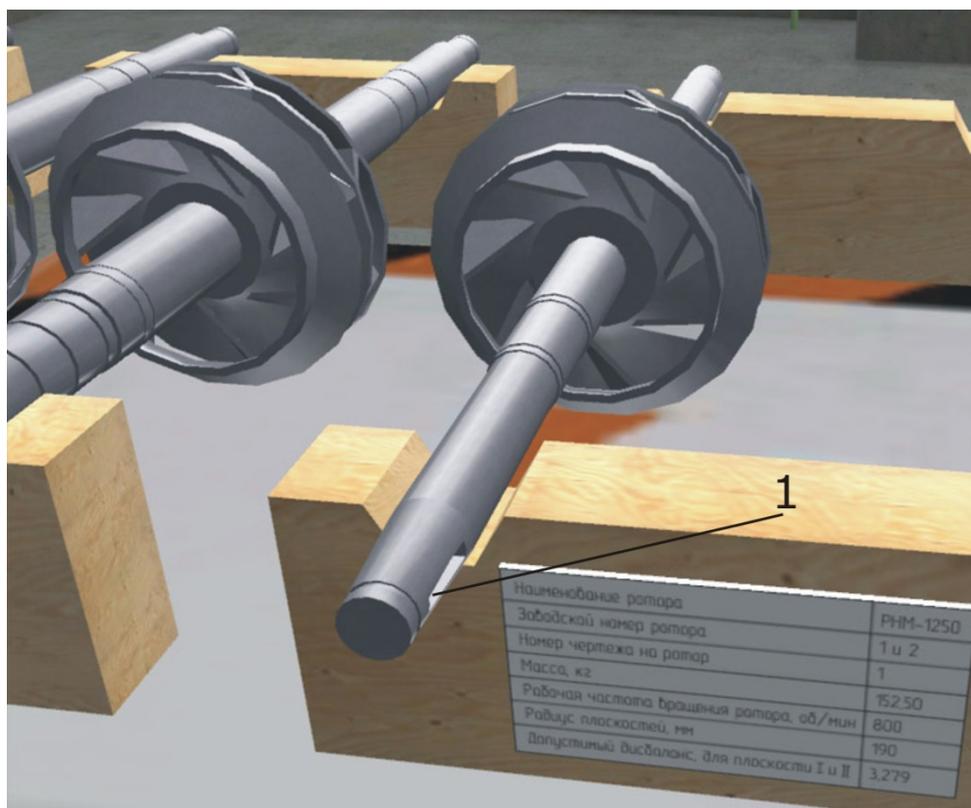
Индикатор укреплен на шарнирной стойке. На большой шкале (2) расположено 100 делений. Полный круг стрелки (1) будет соответствовать 1 мм, соответственно одно деление – 0,01 мм. Черная разметка – движение измерительной иглы снизу вверх (вдавливание измерительной иглы внутрь прибора). Красная шкала – движение стрелки в обратную сторону. Маленькая круглая шкала (3) отсчитывает целые миллиметры (максимум 10 мм).



1 – роликовые блоки неподвижной стойки; 2 – лазерная указка;  
3 – приводной двигатель; 4 – ротор приводного двигателя

Рисунок 2.6 – Станок балансировочный VM1000 (вид сзади)

## 2.4 Роторы



1 – шпоночный паз

Рисунок 2.7 – Ротор на деревянной подставке

В лабораторной работе используются 10 роторов. Каждый ротор уложен на деревянном стеллаже. На деревянном стеллаже закреплена таблица с параметрами ротора. Табличка выглядит следующим образом:

Наименование ротора		PHM-1250
№ чертежа на ротор		2
Заводской номер ротора		1
Масса ротора, кг		152,50
Рабочая частота вращения ротора, об/мин		800
Радиус плоскости коррекции, мм	I	190
	II	190
Допустимый дисбаланс для плоскостей коррекции, гр.	I	3,279
	II	3,279

## 2.5 Тельфер

Для установки роторов на балансировочный станок используется кран-балка.



Рисунок 2.8 – Крюк и пульт управления кран-балки



Рисунок 2.9 – Пульт управления кран-балки

## 2.6 Дополнительное оборудование

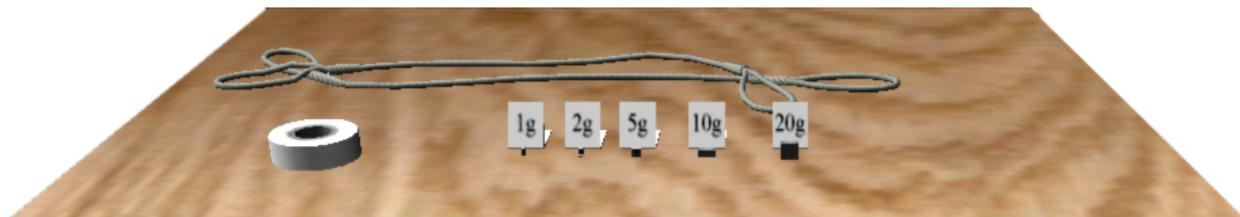


Рисунок 2.10 – Стропы, лента для нанесения контрольной метки, балансировочные грузы

## 3 Порядок выполнения работы

### 3.1 Подготовительная часть

1. Передвиньте стойки с роликовыми блоками штурвалами передвижения стойки (поз. 1, рисунок 2.4) на расстояние, равное расстоянию между серединами подшипниковых шеек вала ротора.

2. Во избежание повреждений роликовых блоков, установите призмы укладчиков на 5 мм выше уровня роликов. Установка производится при помощи штурвала (поз. 2, рисунок 2.4).

3. При помощи пульта управления кран-балки подведите крюк в зону с роторами. Опустите крюк кран-балки к выбранному ротору.

4. Застропите ротор – возьмите стропы и примерьте их к крюку. Стропа будет зацеплена к крюку и ротору.

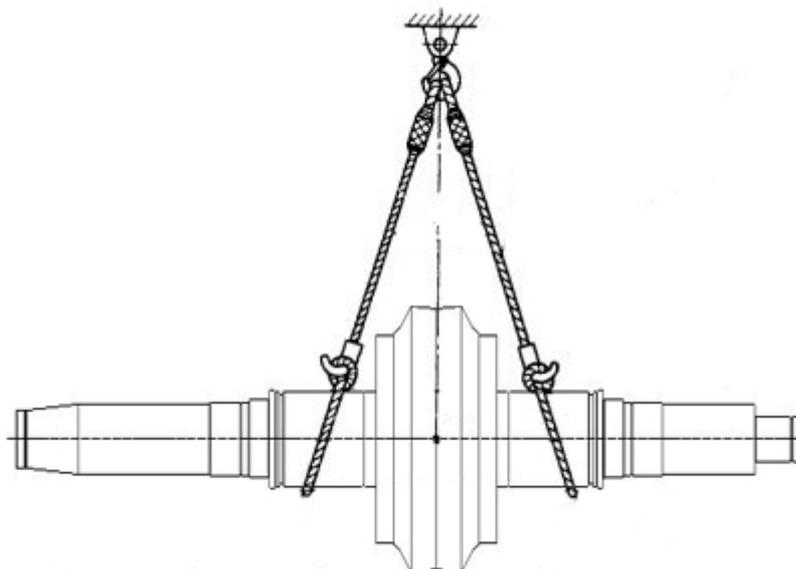


Рисунок 3.1 – Схема строповки ротора

5. Поднимите ротор с подставок кран-балкой и переместите его к балансировочному станку.
6. Уложите ротор на призмы укладчиков.



Рисунок 3.2 – Уложенный на призмы ротор

7. Снимите стропы с крюка (щелчок манипулятора на крюк) и ротора и поместите их на стол.

8. Поднимите крюк кран-балки в верхнее положение. Откатите кран-балку за пределы участка балансировки.

9. Плавню, без удара, опустите ротор на опорные ролики роликовых блоков с укладочных призм. Опускание осуществляется при помощи штурвалов (поз. 2, рисунок 2.4).

10. Наклоните индикатор радиальных биений (рисунок 3.3) до соприкосновения с поверхностью рабочего колеса ротора. Прокручивая ротор вручную, проконтролируйте индикатором радиальные биения поверхностей ротора согласно чертежу на ротор. После этого индикатор необходимо отклонить от ротора и убрать из зоны балансировки.

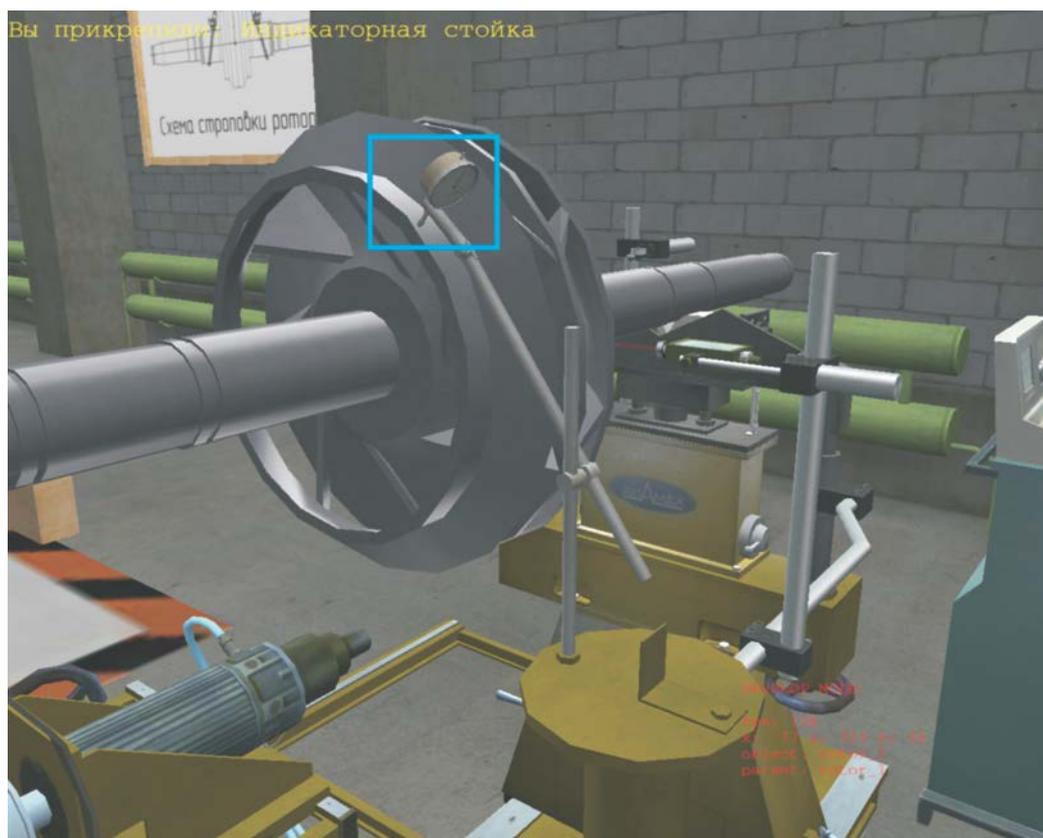


Рисунок 3.3 – Установленный индикатор

11. Установите приводной ремень балансировочного станка на приводные ролики станка и шейку рабочего колеса ротора. Для этого возьмите приводной ремень в руки и примените его к ротору.



Рисунок 3.4 – Осевые роликовые упоры

12. Установите осевые роликовые упоры балансировочного станка к торцам вала ротора.

13. Нанесите контрольную балансировочную метку на свободную шейку рабочего колеса ротора (рисунок 3.5). Для этого необходимо взять со стола ленту и применить ее к поверхности рабочего колеса. Контрольная метка будет нанесена на поверхность колеса. Далее положите ленту на стол.



Рисунок 3.5 – Рабочее колесо с нанесенной контрольной меткой

### **3.2 Работа с балансировочным прибором модели ВВ020Р «Аметист»**

1. Включите прибор. Для этого на фронтальной стороне прибора находится кнопка «Сеть».

После звукового сигнала на экране монитора появится информация о приборе, далее она сменится на «Основное меню»:

## ОСНОВНОЕ МЕНЮ

- УСТАНОВКИ -  
БАЛАНСИРОВКА  
ДАННЫЕ  
ФУНКЦИИ  
ПРИНТЕР  
СЕРВИС

Активный элемент меню обозначен «←», до и после команды.



Рисунок 3.6 – Клавиатура прибора

Для навигации в меню используются клавиши на клавиатуре:

- стрелки «←», «↑», «→» и «↓» – перемещение указателя по командам меню;
- «ВВОД» – войти в подменю / выполнить команду;
- «СБРОС» – отмена действия / возврат в меню выше;
- «ЗАПИСЬ» – фиксирование введенных данных;
- клавиши цифровой клавиатуры – предназначены для ввода цифр;
- клавиша с символом «←» на цифровой клавиатуре – предназначена для удаления последнего введенного символа (backspace).

## Меню УСТАНОВКИ:

УСТАНОВКИ
- ПАРАМЕТРЫ РОТОРА -
ТИП МЕТКИ
ДАТА/ВРЕМЯ
КАЛИБРОВКА

Строка РОТОР – предназначена для ввода номера чертежа ротора (от 1 до 5).

При изменении строки РОТОР изменяется: ЧИСЛО ПЛОСКОСТЕЙ.

Строка МАССА – масса ротора.

Строка СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ – предусмотренная скорость вращения данного ротора при балансировке.

Строка ДОПУСКИ – переход в меню ДОПУСКИ (см. ниже).

Строка КОЭФФ. ВЛИЯНИЯ – установка коэффициентов влияния плоскостей.

Строка РАДИУС ПЛОСКОСТЕЙ – переход в меню РАДИУС ПЛОСКОСТЕЙ (см. ниже).

Строка УСТАНОВКА ГРУЗОВ – установка варианта устранения дисбаланса: «+» - устранение дисбаланса посредством добавления груза, «-» - устранение дисбаланса посредством снятия лишнего металла с ротора.

Параметры ротора:

- РОТОР: - - 1 -
ЧИСЛО ПЛОСКОСТЕЙ: 2
МАССА (КГ): 450
СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ (ОБ/МИН): 600
ДОПУСКИ
КОЭФФ. ВЛИЯНИЯ
РАДИУС ПЛОСКОСТЕЙ
УСТАНОВКА ГРУЗОВ: (+)

Меню ДОПУСК – только просматривается:

ДОПУСК НА УРАВНОВЕШИВАНИЕ

Г\*ММ НА 1 КГ МАССЫ РОТОРА

ПЛОСКОСТЬ 1 3.279

ПЛОСКОСТЬ 2 3.279

Меню радиус плоскостей – только просматривается:

РАДИУС ПЛОСКОСТЕЙ

ПЛОСКОСТЬ

1 (ММ) 2

0190 0190

ТИП МЕТКИ – задается тип наносимой на ротор метки (не активна):

ТИП МЕТКИ

- СВЕТЛАЯ -

ТЕМНАЯ

ДАТА/ВРЕМЯ – выводятся дата и время:

ДАТА/ВРЕМЯ

ВРЕМЯ: 16:51

ДАТА: 10/05/07

КАЛИБРОВКА – предназначена для конфигурирования чувствительности датчиков (не активна):

КОНФИГУРАЦИЯ ВХОДОВ

ВХОД Л: НОМЕР ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ  
ДАТЧИК - 0134 00556 IB/G

ВХОД П:  
ДАТЧИК - 0135 00437 IB/G

Меню СЕРВИС – настройка сервисных функций:

СЕРВИСНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ДАТЧИК УГЛА: ВКЛ  
ЗВУК. УСТАНОВКИ УГЛА: ВКЛ  
ТОЧНОСТЬ УСТ-КИ УГЛА: +-02 ГРД

Меню БАЛАНСИРОВКА – настройка и запуск балансировки:

БАЛАНСИРОВКА  
РОТОРА 1

УПРАВЛЕНИЕ АВТ.  
ТОЧНОСТЬ 0.15  
ПУСК 1

Нажимаем клавишу «ВВОД». Пока разгоняется электродвигатель на экране отобразится надпись:

ОБОРОТЫ РОТОРА НЕ В ДОПУСКЕ

После набора оборотов (600 +/-15) меняется на:

ПУСК 1

ОБОРОТЫ: 598 УСРЕДНЕНИЕ: 85

Пока идет балансировка (вращение), усреднение меняется от 0 до 100.

После окончания балансировки появляется окно.

КОРРЕКТИРУЮЩИЕ МАССЫ

КОРРЕКЦИЯ: Г. (+)

ПЛ. 1 ПЛ. 2

43.63 МАССА 25.88

078 УГОЛ 234

Нажимая клавишу вниз или вверх, перемещаемся на остаточную неуравновешенность.

ОСТАТОЧНАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ

(Г\*М/КГ)

1 ПЛОСК. 2

5.683 4.578

ДОПУСК

8.500 8.500

Меню ДАННЫЕ (коэффициенты влияния и вибрация не активны):

ДАННЫЕ

УРАВНОВЕШИВАЮЩИЕ ГРУЗЫ

ВИБРАЦИЯ

ОСТАТ. НЕУРАВНОВЕШЕН.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЛИЯНИЯ

УРАВНОВЕШИВАЮЩИЕ ГРУЗЫ		
ПЛОКОСТЬ	ПУСК	МАССА УГОЛ
-1-	1	48.56 013
2	12.37	358
3	5.089	174
4	1.439	034
5	.0000	000
СУММА: 57.07 013		

Для смены информации «1» плоскости на «2» и обратно нажмите клавишу «вправо»/«влево».

ОСТАТОЧНАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ		
ПЛОКОСТЬ: -1-		
ПУСК	ЗНАЧ.	ДОПУСК
1	16.89	8.500
2	4.678	8.500
3	1.267	8.500
4	0.268	8.500
5	.0000	8.500

Меню ФУНКЦИИ (СИГНАЛ ОТМЕТЧИКА не активен):

ФУНКЦИИ
- СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ -
РАЗЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ
СИГНАЛ ОТМЕТЧИКА
УСТАНОВКА УГЛА

Сложение векторов предназначено для пересчета двух мест установки дисбаланса на одно. Сложение векторов происходит следующим образом: в меню вводятся данные по двум векторам (масса дисбаланса и угол установки) и нажимается кнопка «ВВОД». Компьютер рассчитывает новый суммарный вектор.

### СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ

МАССА УГОЛ

ВЕКТ. А: 48.50 030

ВЕКТ. Б: 29.72 -060-

СУММА: 75.63 041

Разложение векторов противоположно сложению векторов и происходит следующим образом.

### РАЗЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ

МАССА УГОЛ

ВЕКТ. А: 48.50 030

ВЕКТ. Б: 29.72 -060-

СУММА: 75.63 041

Команда «УСТАНОВКА УГЛА» предназначена для точного поворота ротора на заданный угол.

К примеру, после проведения балансировки были выяснены угол установки и масса груза, необходимого для устранения дисбаланса. Чтобы точно установить груз на заданный угол, вводим в меню «УСТАНОВКА УГЛА» требуемый угол установки и нажимаем «ВВОД». Ротор поворачивается на заданный угол (отсчет угла происходит относительно контрольной метки). Углом установки груза будет считаться точка, куда после доворота попадает луч лазерного указателя.

### УСТАНОВКА УГЛА

ВВЕДИТЕ УГОЛ ОСТАНОВА: -150-

### 3.3 Балансировочная часть

1. В меню «ПАРАМЕТРЫ РОТОРА» введите параметры установленного ротора. Далее в меню «БАЛАНСИРОВКА» нажмите клавишу «ВВОД». Ротор начнет автоматически вращаться. Дождитесь окончания вращения.

2. По окончании балансировки данные дисбаланса ротора отобразятся на мониторе.

3. Если дисбаланс по одной или двум плоскостям находится не в пределах допустимых значений, то необходимо устранить дисбаланс (добавить груз). Для устранения дисбаланса поверните ротор на необходимый угол: в меню установка угла установите угол установки груза для I плоскости и установите на этот угол необходимый груз, аналогичную операцию проделайте для II плоскости.

На столе находятся грузы для устранения дисбаланса: 1 г, 2 г, 5 г, 10 г, 20 г. Возьмите груз и прикрепите его на шейку ротора (на первую и вторую плоскость).

4. Проведите балансировку ротора еще раз. При необходимости вновь установите балансирующие грузы. Проводите данную операцию до тех пор, пока значения дисбаланса по обеим плоскостям не окажутся в пределах допустимых.

5. Снимите приводной ремень с ротора.

6. Отведите осевые упоры от торцов вала.

7. Установите призмы укладчиков на 5 мм выше уровня роликов.

8. Застропите ротор, снимите его с балансировочного станка кран-балкой и переместите на стеллаж.

## 4 Отчет

Цель работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Таблица 4.1 – Параметры ротора (как образец)

Наименование ротора	PHM-1250	
№ чертежа на ротор	1	
Заводской номер ротора	1	
Масса ротора, кг	152,50	
Рабочая частота вращения ротора, об/мин.	800	
Радиус плоскости коррекции, мм	I	190
	II	190
Допустимый дисбаланс для плоскостей коррекции, гр·мм/кг	I	3,279
	II	3,279

Точность балансировки ротора 15%.

Таблица 4.2 – Данные по балансировке ротора

Пуск	Уравновешивающие грузы				Остаточная неуравновешенность			
	Плоскость 1		Плоскость 2		Плоскость 1		Плоскость 2	
	Масса	Угол	Масса	Угол	Знач.	Допуск	Знач.	Допуск
	гр	град	гр	град	гр×м/кг	гр×м/кг	гр×м/кг	гр×м/кг
1								
2								
3								
4								
5								

Вывод:

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Отчет принял \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_г.

## 5 Контрольные вопросы

1. Укажите назначение балансировки.
2. Какие параметры определяют в процессе балансировки?
3. Какие основные причины неуравновешенности деталей?
4. Какие виды неуравновешенности бывают?
5. Вследствие чего возникает статическая неуравновешенность?
6. Каким деталям свойственна статическая неуравновешенность?
7. В каких случаях наиболее опасна центробежная сила инерции неуравновешенной массы?
8. Чем обусловлена неточность статической балансировки?
9. Каким способом можно удалить лишний металл с неуравновешенной детали?
10. Каким способом можно установить дополнительные корректирующие грузы на неуравновешенную деталь?
11. Укажите размерность центробежной силы .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации балансировочного станка ВМ-1000. – М.: ТОО «Фирма ДИАМЕХ». – 32 с.
2. Авербух Б.А. Ремонт и монтаж бурового и нефтегазопромыслового оборудования / Б.А. Авербух. – М.: Недра. – 368 с., ил.
3. Уравновешивание роторов и механизмов: [сб. статей] / под ред. В.А. Щепетильникова. – М.: Машиностроение, 1978. – 320 с., ил.
4. Методические указания к виртуальной лабораторной работе «Динамическая балансировка роторов центробежных насосов (ВВ020Р «Аметист»)» [Электронный ресурс]: <http://www.professionalgroup.ru/>