

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к проведению лабораторных работ по дисциплине базовой части
профессионального цикла**

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.03.02
«Технологические машины и оборудование»**

**Донецк
ДОННТУ
2017**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ» ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к проведению лабораторных работ по дисциплине базовой части
профессионального цикла**

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.03.02
«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № __ от __.__. 20__ г.

**Донецк
ДОННТУ
2017**

УДК 53.083

Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине базовой части профессионального цикла «Техническая диагностика оборудования» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 44 с.

Отражены цели и задачи лабораторного практикума по дисциплине «Техническая диагностика оборудования» для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Описаны структура лабораторных работ, порядок подготовки к ним, последовательность операций и действий, направленных на выполнение поставленных задач, указаны форма представления результатов работы и порядок защиты отчетов по выполненным заданиям, даны рекомендации по использованию теоретического материала.

Составители: Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:
д. т. н., профессор А. Л. Сотников

© В. А. Сидоров

Фамилия	_____
Имя	_____
Отчество	_____
Предприятие	_____
№ Варианта	_____
№ Учебного стенда	_____
Подпись	_____

Задание	Результат	Проверил	Дата	Подпись
1				
2				
3				
4				
Л/р №1				
Л/р №2				
Л/р №3				
Л/р №4				
Тест				
Итог				

СОДЕРЖАНИЕ

	Список обозначений.....	5
1	Цель проведения работ.....	7
2	Описание средств измерения.....	7
3	Объекты исследования.....	7
ЗАДАНИЕ 1.	Обоснование выбора способа крепления датчика.....	9
ЗАДАНИЕ 2.	Нормирование вибрации Учебного стенда.....	9
ЗАДАНИЕ 3.	Преобразование кинематических характеристик.....	10
ЗАДАНИЕ 4.	Расчет одноплоскостной балансировки.....	11
ЛАБ. РАБОТА №1	Анализ собственных частот форм колебаний.....	13
ЛАБ. РАБОТА №2	Двухплоскостная балансировка ротора.....	17
ЛАБ. РАБОТА №3	Диагностика подшипников качения.....	23
ЛАБ. РАБОТА №4	Формирование базы данных, замеры по маршруту.....	27
ТЕСТ	Теоретический экзамен.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.	ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР «АГАТ».....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.	ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР «КВАРЦ».....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.	УЧЕБНЫЙ СТЕНД.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.	ДАННЫЕ К ЗАДАНИЮ №3.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.	ДАННЫЕ К ЗАДАНИЮ №4.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.	ИНФОРМАЦИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3.....	43

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

ОУ – общий уровень

СКЗ – среднеквадратическое значение

В – вертикальное направление измерения

П – поперечное направление измерения

О – осевое направление измерения

ДКВ – динамический коэффициент влияния

ПК – подшипник качения

$f_{вр.}$ - частота вращения

н.к. – наружное кольцо

в.к. – внутреннее кольцо

$f_{вн}$ – частота дефекта внутреннего кольца

$f_{нар}$ - частота дефекта наружного кольца

$f_{сеп}$ - частота дефекта сепаратора

1. Цель проведения работ

- Изучение теоретических основ вибродиагностики роторного оборудования;
- Изучение функциональных возможностей виброметра Янтарь, виброанализаторов Агат и Кварц (Топаз), освоение структуры меню приборов, получение навыков по выполнению начальных установок и проведению требуемых замеров;
- Освоение на практике основных методик вибродиагностики роторного оборудования;
- Освоение на практике методики двухплоскостной балансировки жесткого ротора методом коэффициентов влияния.

2. Описание средств измерения

В работе используются переносные виброанализаторы/коллекторы данных производства ООО «Диамех 2000». Краткие технические характеристики приборов «Кварц», «Топаз» и «Агат» приведены в Приложениях 1 - 2. В таблице 1 требуется указать модель, серийный номер прибора, тип, серийный номер и чувствительность датчиков вибрации (поставить прочерк там, где аппаратура не используется).

Таблица 1

Используемая измерительная аппаратура

Прибор	Сер. №	Фотоотметчик		Датчик 1			Датчик 2		
		Тип	Сер. №	Тип	Сер. №	Чувствительность (мВ/м/с ²)	Тип	Сер. №	Чувствительность (мВ/м/с ²)
Кварц		КР020л		РА023					
Топаз		КР020л		РА023					
Агат		КР020л		АС-102			АС-102		

3. Объекты исследования

3.1. Двухопорная балка

Схема двухопорной балки, собственные формы и собственные частоты изгибных колебаний которой предстоит изучить, представлена на рисунке 1. На схеме показаны измерительные точки, в которых необходимо провести замеры спектров ударного возбуждения (точки 3-18) и точки, в которые нужно наносить удары импульсным молотком (1 или 2 – по выбору). *Направление нанесения ударов и направление измерений на реальной конструкции выбирается по минимальной изгибной жесткости балки.*

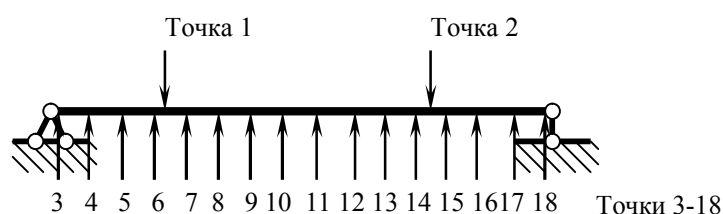


Рисунок 1 - Схема конструкции и точки измерения спектров ударного возбуждения

3.2. Двухпорный ротор Учебного Стенда

В работе используется несколько Учебных стендов, каждый из которых представляет собой четырехпорный ротор (два двухпорных ротора, соединенных промежуточным валом через упругие муфты) с насаженными на него четырьмя дисками. Привод осуществляется электродвигателем постоянного тока посредством ременной передачи. Обороты регулируются блоком управления. Рабочая частота вращения ротора Учебного стенда основного механизма 2520 об/мин. Подробное описание Учебного стенда приведено в Приложении 3.

Схема двухпорного ротора Учебного Стенда, исследовать свойства и провести балансировку которого Вам предстоит, представлена на рисунке 2. На схеме показаны измерительные точки, в которых необходимо будет проводить замеры спектров ударного возбуждения, снимать скоростные характеристики при 3-х уровнях жесткостей опор, проводить замеры амплитуды/фазы, замеры спектров огибающей и т.п. *Нанесение ударов импульсным молотком при замерах спектров ударного возбуждения необходимо производить в точку, противоположную измерительной (замер в точке 1 – удар в точке 2, и наоборот). также можно использовать точку в центре ротора*

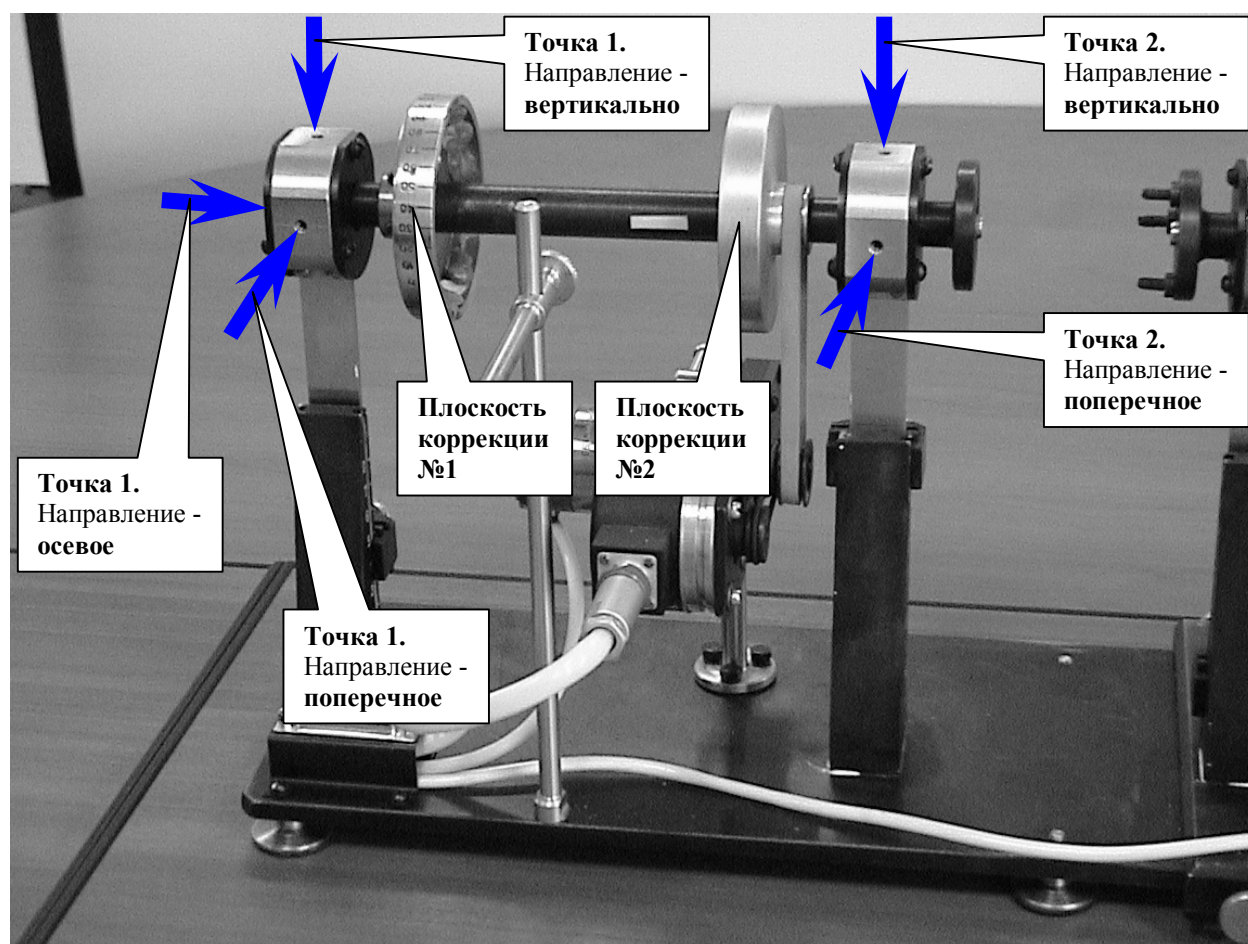


Рисунок 2 - Схема двухпорного ротора Учебного Стенда. Измерительные точки и плоскости коррекции

ЗАДАНИЕ 1. Обоснование выбора способа крепления датчика

Исходя из условия проведения измерений вибрации Учебного стенда при выполнении серии лабораторных работ, выберите подходящий способ крепления датчика на измерительную точку и обоснуйте Ваш выбор.

Обоснуйте Ваш выбор: _____

Можно ли проводить диагностику
Подшипников качения на магните и с
помощью ручного щупа?

Объясните почему?

Шпилька



Магнит



Ручной щуп



Рисунок 1 - Способы крепления датчиков

ЗАДАНИЕ 2. Нормирование вибрации Учебного стенда

В соответствии с ГОСТ ИСО 10816-1-97 обоснуйте класс агрегата для Учебного Стенда и определите для него границы зон вибрационного состояния. Результаты запишите в таблицу 2.

Таблица 2

Нормы вибрации для Учебного стенда согласно ГОСТ ИСО 10816-1-97

Класс агрегата	Зона А (мм/с)	Зона В (мм/с)	Зона С (мм/с)	Зона D (мм/с)

Обоснуйте Ваш выбор: _____

От чего зависят классы роторного оборудования?

Чем отличается диапазон от зоны?

ЗАДАНИЕ 3. Преобразование кинематических характеристик

В соответствии с вариантом задания выбрать данные согласно Приложению 4. Провести преобразование кинематических характеристик гармонического колебания, используя только их *стандартное представление*. Исходные данные и результаты преобразования записать в таблицу 3.

Таблица 3

Преобразование кинематических характеристик в стандартном представлении

Исходные данные (вариант № ____)					Результат расчета				
$f, \text{Гц}$	Характеристика	Значение в текущих единицах измерения	Единицы измерения (мкм, мм/с, м/с ²)	Представление (СКЗ, Пик, Размах)	$\omega, \text{рад/с}$	Характеристика	Значение в текущих единицах измерения	Единицы измерения (мкм, мм/с, м/с ²)	Представление (СКЗ, Пик, Размах)
	Виброперемещение					Виброскорость			
			Виброускорение						
	Виброскорость					Виброперемещение			
			Виброускорение						
	Виброускорение					Виброскорость			
			Виброперемещение						

Приведите расчетные формулы ниже:

	Скорость	Перемещение	Ускорение
Скорость $V=$	-----		
Перемещение $S=$		-----	
Ускорение $W=$			-----

Дайте формулы для связи единиц измерения: 1 м = мм = мкм

Преобразование стандартных представлений:

	СКЗ	Пик	Размах
СКЗ=	-----		
Пик=		-----	
Размах=			-----

ЗАДАНИЕ 4. Расчет одноплоскостной балансировки

В соответствии с номером варианта и данными Приложения 5, рассчитать одноплоскостную балансировку и построить векторную диаграмму, представленную на рисунке 4. На диаграмме указать масштаб. Определить уравнивающий груз и динамический коэффициент влияния α . Записать исходные данные и результаты вычислений в таблицу 4.

Таблица 4

Расчет одноплоскостной балансировки

Параметр	Исходные данные (вариант № ____)			Результаты расчета балансировки	
	Нулевой пуск: A_0	Пробный груз: $P_{пр}$	Пробный пуск: A_1	корректирующий груз: P_k	Динамический коэффициент влияния
Амплитуда					
Фаза, °					

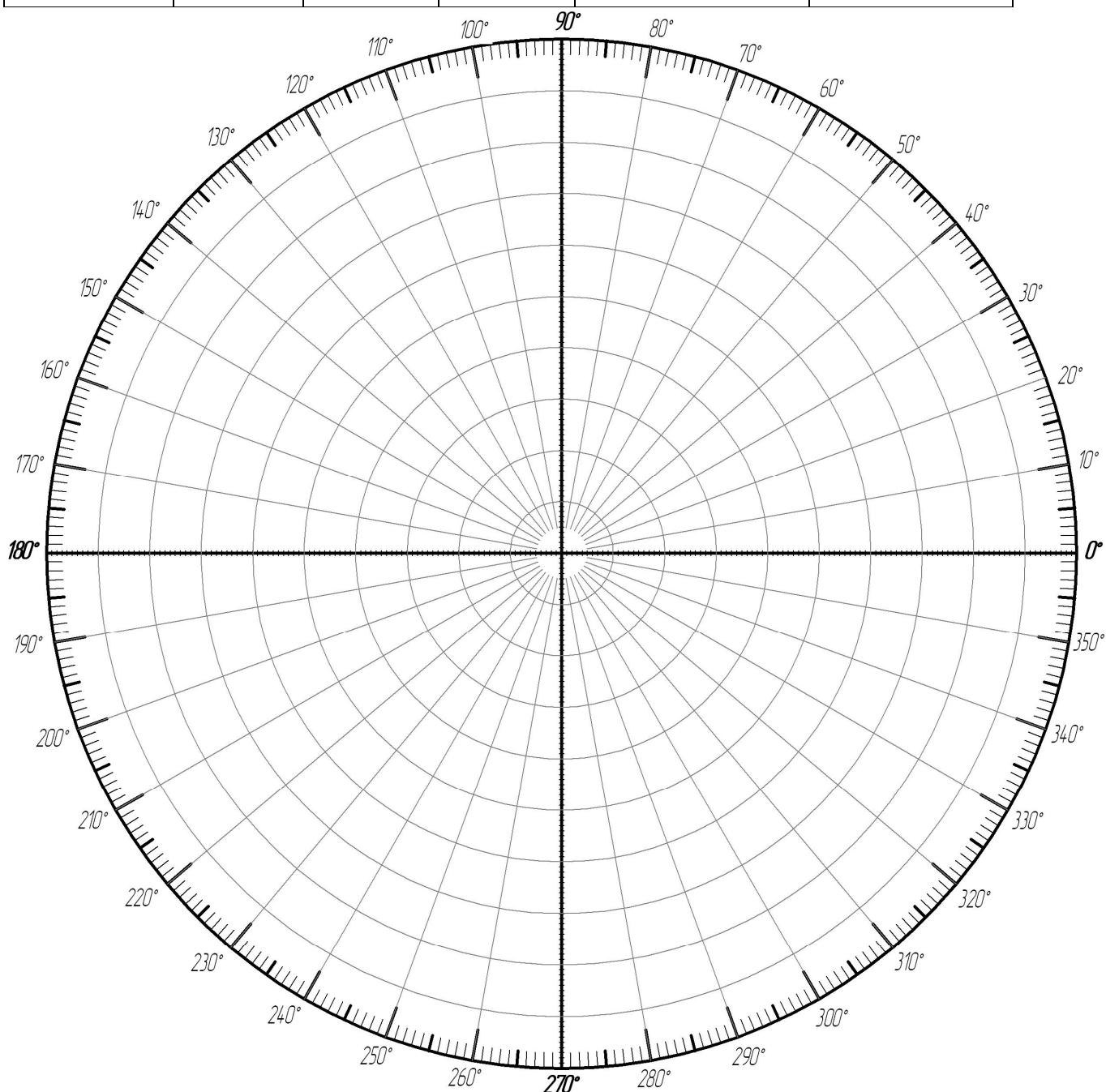


Рисунок 4 - Векторная диаграмма (Масштаб: в 1 см _____ мкм)

Изложите порядок расчета балансировки

Расчет вектора влияния:

Расчет ДКВ:

Расчет балансировочного груза:

Перечислите условия успешной балансировки:

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Анализ собственных частот и собственных форм колебаний механических систем

Цель работы

Практическое освоение навыков определения резонансных частот и собственных форм колебаний механических систем с использованием переносной виброизмерительной аппаратуры.

Оборудование и программное обеспечение

В работе используются переносной виброанализатор/коллектор данных (см. таблицу 1) и программное обеспечение «Диамант 2» производства ООО «Диамех 2000». В таблице 1 указаны модель, серийный номер виброанализатора, тип, серийный номер и чувствительность датчиков вибрации и фотоотметчика.

Описание механических систем

В работе используются две механические системы – Двухопорная балка и Двухопорный ротор Учебного Стенда. Описание этих систем и точек измерения приводится в п.3 «Объекты исследования» в начале данного методического пособия.

Порядок проведения работы

В первой части данной работы требуется определить собственные частоты и собственные формы колебаний упругой двухопорной балки методом ударного возбуждения (провести модальный анализ данной распределенной механической системы). Во второй части работы необходимо изучить зависимость собственных частот свободных колебаний двухопорного ротора Учебного Стенда от жесткости его опорной системы. Далее приводится алгоритм проведения измерений по первой и второй частям работы:

1) Модальный анализ двухопорной балки

- Проведите необходимые настройки замера спектра ударного возбуждения в приборе (рекомендуемый частотный диапазон – до 500 Гц, единицы измерения – м/с^2); задержка 5 мс
- Выберите тип модального анализа: 1 – нанесение ударов импульсным молотком в одну точку конструкции (точка 1 или 2 на рисунке 1) и замеры спектров удара в точках 3-18 (рисунок 1); 2 – нанесение ударов импульсным молотком последовательно в точках 3 - 18 конструкции (рисунок 1) и замеры спектров удара в точках 1 или 2 (рисунок 1);
- Выберите тип насадки импульсного молотка в соответствии с диапазоном возбуждаемых частот;
- Произведите замеры спектров ударного возбуждения балки согласно выбранному типу модального анализа и сохраните замеры в памяти прибора (наносите удары и проводите замеры в направлении минимальной жесткости конструкции, для балки это поперечное направление); *следите за силой ударов – она должна быть постоянной*
- Разгрузите замеры в программу «Диамант 2» и постройте каскад спектров ударного возбуждения балки;
- Проанализируйте первые 3 собственные формы колебаний балки и определите соответствующие собственные частоты;
- Результаты анализа представьте в таблице 5;

2) Определение резонансных частот Учебного Стенда методом ударного возбуждения и путем снятия скоростной характеристики на выбеге при разных жесткостях опор

- Проведите необходимые настройки замера спектра ударного возбуждения в приборе (рекомендуемый частотный диапазон – до 500 Гц, единицы измерения – м/с^2);
- Выберите тип насадки импульсного молотка исходя из диапазона возбуждаемых собственных частот;
- На включенном Стенде установите движки регуляторов жесткостей опор ротора учебного стенда на максимальное значение по их шкале;
- Установите датчик в точку 1 (П) (рисунок 2), сделайте замер спектра удара при ударе в точку 2 (П) и сохраните замер в памяти прибора; сделайте замер спектра удара при ударе в центр ротора, сохраните замер.
- Подключите лазерный отметчик и сделайте необходимые настройки в приборе для снятия скоростной характеристики по оборотной частоте на выбеге; ***убедитесь в наличии дисбаланса на роторе***
- Включите стенд, снимите скоростную характеристику по двум измерительным точкам (1 (П) и 2 (П) на рисунке 2) и сохраните замеры в памяти прибора;
- Повторите процедуры для определения собственных частот методом ударного возбуждения для среднего и минимального (нижнего) положения движков регуляторов жесткости опор Учебного Стенда;
- Разгрузите данные замеров в программу «Диамант2» и проведите анализ собственных частот стенда (сравните значения собственных частот полученные методом ударного возбуждения и по скоростной характеристике на выбеге, так же проанализируйте изменение собственных частот при изменении жесткостей опор стенда);
- Результаты анализа представьте в таблице 6;

Результаты анализа

В данном разделе Вам необходимо представить данные анализа в виде таблиц и распечатанных спектров, каскадов спектров и скоростных характеристик ротора Учебного Стенда. Разгрузите замеренные данные из анализатора в программу «Диамант2» и распечатайте из нее на отдельных листах требуемые рисунки (в дальнейшем эти рисунки будут приложены к данному отчету).

1) Собственные частоты и собственные формы колебаний балки

Определите первые 4 собственных частоты свободных изгибных колебаний упругой двухопорной балки и запишите их значения в таблицу 5. Распечатайте 4 каскада спектров ударного возбуждения балки (каждый каскад на отдельном листе) с установленным курсором (огигающей линией по гармоническим составляющим) на каждой из 4-х собственных частот, таким образом Вы получите вид формы изгибных колебаний для каждой собственной частоты. Обозначьте распечатанные каскады в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (начиная с рисунка 5 и заканчивая рисунком 8).

Собственные частоты колебаний двухопорной балки

Таблица 5

№ частоты	f, Гц	n, об/мин	№ рисунка собственной формы
1			Рисунок 5
2			Рисунок 6
3			Рисунок 7

2) Собственные частоты колебаний опор ротора Учебного Стенда

Определите первые 2 собственных частоты свободных колебаний ротора Учебного Стенда на упругих опорах при трех вариантах жесткостей опор и запишите их значения в таблицу 6. Частоты в Гц укажите по спектрам ударного возбуждения, а частоты в об/мин – по скоростным характеристикам. Распечатайте 3 спектра ударного возбуждения ротора Стенда (каждый спектр на отдельном листе) с установленным курсором на первой из 2-х собственных частот. Распечатайте 3 скоростные характеристики ротора Стенда (каждая характеристика на отдельном листе) с установленным курсором на первой из 2-х резонансных частот. Обозначьте распечатанные рисунки в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (начиная с рисунка 9 и заканчивая рисунком 14).

Таблица 6

Собственные частоты колебаний ротора Учебного Стенда

Жесткость опор ротора	№ резонансной частоты	f, Гц	n, об/мин	№ рисунка спектра удара и скоростной характеристики
Минимальная	1			Рисунок 9 – спектр удара
	2			
Средняя	1			Рисунок 11 – спектр удара
	2			
Максимальная	1			Рисунок 13 – спектр удара Рисунок 14а, 14б - АФЧХ
	2			

Вопросы по проделанной работе

1) Как меняются собственные частоты ротора Учебного Стенда при увеличении жесткости и почему? _____

2) Чем отличается резонансная частота от собственной частоты колебаний системы? _____

3) Почему меняются собственные частоты балки в зависимости от расположения измерительного датчика? _____

Что такое критическая частота вращения ротора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Двухплоскостная балансировка ротора Учебного Стенда в собственных опорах

Цель работы

Выяснение целесообразности балансировки ротора учебного стенда при помощи спектрального анализа. Двухплоскостная балансировка ротора Учебного Стенда в собственных опорах. Сравнение до- и после- балансировки вибрационного состояния Учебного Стенда по стандартным спектрам виброскорости. Выяснение физического смысла динамических коэффициентов влияния.

Оборудование и программное обеспечение

В работе используются переносной виброанализатор/коллектор данных (см. таблицу 1) и программное обеспечение «Диамант 2» производства ООО «Диамех 2000». В таблице 1 указаны модель, серийный номер виброанализатора, тип, серийный номер и чувствительность датчиков вибрации и фотоотметчика.

Описание механических систем

В работе используется одна механическая система – Двухопорный ротор Учебного Стенда. Описание системы и точек измерения приводится в **п.3 «Объекты исследования»** в начале данного методического пособия.

Порядок проведения работы

1) Определение вибрационного состояния Учебного Стенда до балансировки

- Проведите необходимые настройки замеров в приборе;
- Проведите настройку Учебного стенда: установите движки регулировки жесткости опор в положение максимальной жесткости, задайте частоту вращения ротора стенда равную 2520 об/мин;
- Измерьте спектры виброскорости подшипниковых опор (точки 1 и 2 – см. рисунок 2 - во всех направлениях – всего: 5 спектров) ротора **в стандартном частотном диапазоне** и сохраните замеры в памяти анализатора;
- Проведите анализ вибрации подшипниковых опор учебного стенда и сделайте выводы о вибрационном состоянии стенда (в соответствии с ГОСТ ИСО 10816-1-97 границы зон вибрационного состояния см. в таблице 2) и целесообразности проведения балансировки ротора в собственных опорах.

2) Двухплоскостная балансировка ротора Учебного Стенда

- Проведите необходимые настройки в приборе и не меняйте жесткость опор, положение Стенда и частоту вращения в процессе балансировки; снимите все грузы с плоскостей коррекции.
- Проведите двухплоскостную балансировку ротора стенда методом коэффициентов влияния, используя поперечное направление точек 1 и 2 (см. рисунок 2) в следующей последовательности:

Нулевой пуск. Определите соотношения фаз вибрации оборотных составляющих на опорах, сделайте вывод о типе неуравновешенности ротора (оцените вклад статической и моментной составляющей);

Первый пробный пуск. Выберите массу пробного груза и угол установки для плоскости коррекции 1 (см. рисунок 2), установите пробный груз и выполните первый пробный пуск;

Второй пробный пуск. Снимите пробный груз с первой плоскости коррекции. Выберите массу пробного груза и угол установки для плоскости коррекции 2 (см. рисунок 2), установите пробный груз и выполните второй пробный пуск. Снимите пробный груз со второй плоскости коррекции;

Определение коэффициентов влияния. По результатам замеров амплитуд и фаз оборотной составляющей вибрации при нулевом и пробных пусках вычислите динамические коэффициенты влияния (при помощи балансировочной программы учебного диска);

Определение корректирующих грузов. На основании вычисленных коэффициентов влияния выполните расчет корректирующих грузов для плоскостей коррекции 1 и 2 (при помощи балансировочной программы учебного диска);

Первый контрольный пуск. Установите рассчитанные корректирующие грузы, выполните первый контрольный пуск, получите значения оборотной составляющей вибрации и значения дополнительных корректирующих масс;

Дополнительные контрольные пуски. Проведите необходимые дополнительные контрольные пуски и добейтесь снижения оборотной составляющей вибрации до приемлемого уровня (чем ниже – тем лучше, не менее чем в 10 раз).

3) Определение вибрационного состояния Учебного Стенда после балансировки

- Проведите необходимые настройки замеров в приборе;
- Измерьте спектры виброскорости подшипниковых опор (см. рисунок 2, точки 1 и 2, замеры во всех направлениях, всего: 5 спектров) ротора в стандартном частотном диапазоне и сохраните замеры в памяти анализатора;
- Проведите анализ вибрации подшипниковых опор учебного стенда и сделайте выводы о вибрационном состоянии стенда (в соответствии с ГОСТ ИСО 10816-1-97 границы зон вибрационного состояния см. в таблице 2) и о влиянии балансировки ротора Стенда на снижение ОУ вибрации (падение ОУ вибрации оцените в %);

4) Изучение физического смысла коэффициентов влияния

- Проведите необходимые настройки замеров в приборе для замеров Амплитуды/фазы (в режиме стандартных замеров анализатора);
- Установите груз массой 1г в угол 0 градусов в плоскость коррекции №1;
- Проведите замеры амплитуды/фазы в точках 1 (П) и 2 (П) (см. рисунок 2) и сохраните замеры в памяти анализатора;
- Снимите этот груз с первой плоскости коррекции и установите его на плоскость №2 в тот же угол (ноль градусов по разметке ротора);
- Проведите замеры амплитуды/фазы в точках 1 (П) и 2 (П) (см. рисунок 2) и сохраните замеры в памяти анализатора;
- Сравните значения проведенных замеров со значениями полученных ранее коэффициентов влияния. Сделайте выводы.

После выполнения всех указанных действий, разгрузите замеры спектров в программу «Диамант 2» и распечатайте их на отдельных листах.

Результаты анализа

В данной работе Вам необходимо представить данные балансировки и анализа вибрации в виде таблиц и распечатанных спектров виброскорости вибрации Учебного Стенда. Разгрузите замеренные спектры (всего 10 спектров) из анализатора в программу «Диамант2» и распечатайте из нее на отдельных листах требуемые рисунки (в дальнейшем, эти рисунки будут подшиты к данному отчету).

1) Определение вибрационного состояния Учебного Стенда до балансировки

Замеренные до балансировки спектры виброскорости подшипниковых опор 1 и 2 ротора Учебного Стенда распечатайте на отдельных листах из программы «Диамант 2» с установленным курсором на частоте вращения ротора Стенда. Пронумеруйте рисунки в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (начиная с рисунка 15 и заканчивая рисунком 19 – см. таблицу 7). Запишите в таблицу 7 значения ОУ вибрации (определите по спектрам виброскорости) по всем направлениям для опор 1 и 2, аналогично укажите значения оборотной составляющей вибрации и посчитайте соотношение между ОУ и оборотной составляющей вибрации Стенда.

Вибрация Учебного Стенда до балансировки

Таблица 7

Точка	ОУ (СКЗv, 100%), мм/с	Вибрация на оборотной частоте (мм/с, СКЗv)	Соотношение между ОУ и оборотной составляющей, %	№ рисунка спектра виброскорости
1 (В)				Рисунок 15
1 (П)				Рисунок 16
1 (О)				Рисунок 17
2 (В)				Рисунок 18
2 (П)				Рисунок 19

2) Двухплоскостная балансировка ротора Учебного Стенда

Результаты замеров амплитуды/фазы вибрации опор ротора, а так же значения пробных и корректирующих масс представьте в таблице 8. Полученные значения динамических коэффициентов влияния представьте в таблице 9. На векторной диаграмме (см. рисунок 20) представьте разным цветом вектора исходной вибрации опор, а так же вектора вибрации при пробных и контрольных пусках. Обозначение векторов на диаграмме должно соответствовать обозначениям из таблицы 8. В таблице 9 далее будут указаны значения вибрации при установке единичных грузов на отбалансированный ротор.

Данные балансировочных пусков

Таблица 8

Пуск	Вибрация опор						Грузы (пробные или корректирующие)			
	Точка 1 (П)			Точка 2 (П)			Пл. №1		Пл. №2	
	Обозначение	Размах, мкм	Фаза, градусы	Обозначение	Размах, мкм	Фаза, градусы	Масса, г	Угол, градусы	Масса, г	Угол, градусы
0-й	A ₀			B ₀			xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx
1-й пробн.	A ₁			B ₁					xxxxx	xxxxx
2-й пробн.	A ₂			B ₂			xxxxx	xxxxx		
1-й контр.	A ₃			B ₃						

Динамические коэффициенты влияния

Таблица 9

Точка	От плоскости коррекции №1				От плоскости коррекции №2			
	ДКВ		Вибрация от единичного груза		ДКВ		Вибрация от единичного груза	
	Модуль ДКВ	Фаза, градусы	Размах, мкм	Фаза, градусы	Модуль ДКВ	Фаза, градусы	Размах, мкм	Фаза, градусы
Точка 1 (П)								
Точка 2 (П)								

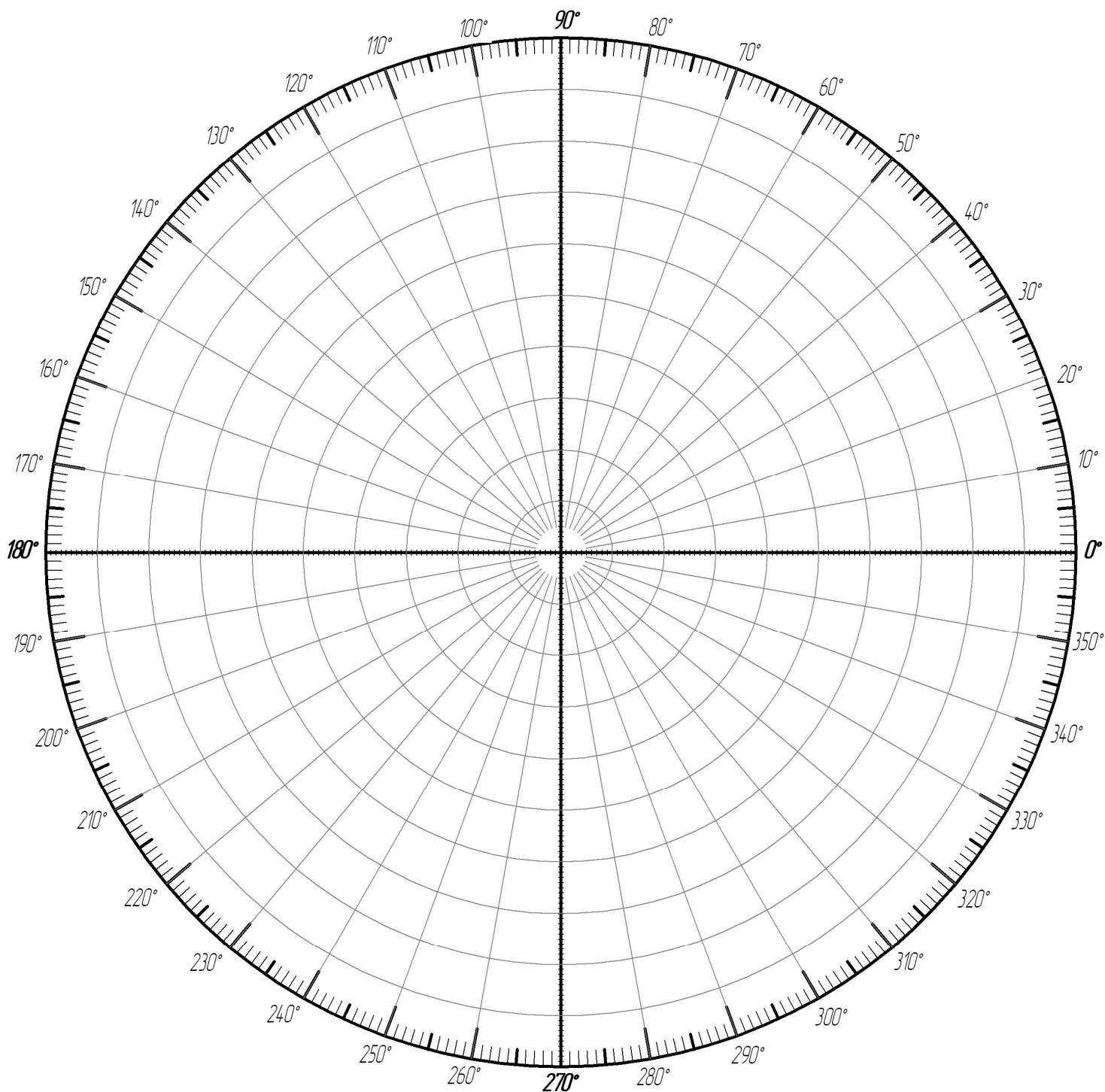


Рисунок 20 - Векторная диаграмма (Масштаб: в 1 см _____ мкм)

3) Определение вибрационного состояния Учебного Стенда после балансировки

Замеренные после балансировки спектры виброскорости подшипниковых опор 1 и 2 ротора Учебного Стенда распечатайте на отдельных листах из программы «Диамант 2» с установленным курсором на частоте вращения ротора Стенда. Пронумеруйте рисунки в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (начиная с рисунка 21 и заканчивая рисунком 25 – см. таблицу 10). Запишите в таблицу 10 значения ОУ вибрации (определите по спектрам виброскорости) по всем направлениям опор 1 и 2, аналогичным образом укажите значения оборотной составляющей вибрации и посчитайте соотношение между ОУ и оборотной составляющей вибрации Стенда. В таблице 10 укажите предыдущие значения (до балансировки) ОУ и оборотной составляющей вибрации Стенда и посчитайте их изменения в %.

Сравнение вибрации опор Стенда до и после балансировки

Таблица 10

Точка	ОУ (СКЗv), мм/с			Вибрация на оборотной частоте (мм/с, СКЗv)			Соотношение между ОУ и оборотной составляющей, %		№ рисунка спектра виброскорости
	Было (100%)	Стало	Отношение, %	Было (100%)	Стало	Отношение, %	Было	Стало	
1 (В)									Рисунок 21
1 (П)									Рисунок 22
1 (О)									Рисунок 23
2 (В)									Рисунок 24
2 (П)									Рисунок 25

4) Изучение физического смысла коэффициентов влияния

Запишите в таблицу 9 значения амплитуды и фазы вибрации опор ротора Учебного Стенда в поперечном направлении, полученные при пусках с единичными грузами (масса – 1г, угол – 0 градусов) на отбалансированном роторе. Сравните значения полученной вибрации со значениями коэффициентов влияния и ответьте на контрольные вопросы.

Вопросы по проделанной работе

- 1) В какой зоне вибрационного состояния согласно ГОСТ ИСО 10816-1-97 находился Учебный Стенд до балансировки ротора и в какую зону он попал после ее проведения?

- 2) Чем объясняется ощутимый остаточный ОУ вибрации после проведенной балансировки?

- 3) В каком соотношении (примерно) вносили вклад моментная и статическая неуравновешенность ротора в общую картину его неуравновешенности?

- 4) В чем проявляется физический смысл динамических коэффициентов влияния ротора?

- 5) Можно ли было устранить неуравновешенность данного ротора одноплоскостной балансировкой (почему)?

- 6) Можно ли было устранить неуравновешенность данного ротора двумя последовательными одноплоскостными балансировками – отдельно по плоскости №1 и отдельно по плоскости №2 (почему)?

- 7) Опишите способ измерения фазы оборотной составляющей вибрации,

- 8) в каких единицах проводят балансировку (почему)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Диагностика подшипников качения

Цель работы

Проведение комплекса замеров и применение различных методик для оценки текущего фактического состояния подшипника качения двухопорного ротора Учебного Стенда. Освоение методов спектра огибающей, эксцесса, прямых спектров, анализа вибросигнала ускорения и т.п.

Оборудование и программное обеспечение

В работе используются переносной виброанализатор/коллектор данных (см. Таблицу 1) и программное обеспечение «Диамант 2» производства ООО «Диамех 2000». В Таблице 1 указаны модель, серийный номер виброанализатора, тип, серийный номер и чувствительность датчиков вибрации и фотоотметчика.

Описание механических систем

В работе используется одна механическая система – Двухопорный ротор Учебного Стенда. Описание системы и точек измерения приводится в **п.3 «Объекты исследования»** в начале данного методического пособия. Для проведения замеров будет использоваться только одна точка на каждой опоре в направлении, в котором датчик находится ближе всего к нагруженной зоне подшипника (в нижней точке подшипника качения). Параметры подшипника качения стенда приведены в Приложении 3.

Порядок проведения работы

Перед началом работы включите Стенд на рабочие (2520) обороты и дайте подшипникам прогреться в течение 20 минут. Не выключайте питание Стенда (не останавливайте ротор) и не меняйте частоту вращения ротора в течение всей работы. Выберите направление измерений для оценки состояния ПК, для этого желательно сделать несколько стандартных замеров ускорения в различных измерительных точках в разных направлениях, сравнить их между собой и выбрать из них лучший. Направление вбирается таким образом, чтобы расстояние от нагруженной зоны в подшипнике до датчика было минимальным, при этом измерительная ось датчика должна проходить через нагруженную зону. В дальнейшем для данного подшипника следует использовать только эту точку и это направление (контрольный замер – спектр ускорения в полосе до 10-20 кГц, критерий – максимальный уровень ВЧ составляющей).

1) Выявление дефектов подшипников качения учебного стенда с помощью спектра огибающей

- Проведите необходимые настройки замера прямого спектра виброускорения в приборе;
- Сделайте замер спектра виброускорения (рекомендуемый частотный диапазон: до 30 кГц - для прибора «КВАРЦ» и до 10 кГц – для прибора «АГАТ») и сохраните данные в памяти прибора;
- Определите точно частоту вращения ротора Стенда;
- Проведите расчет частот неисправностей подшипника качения стенда, используя формулы Приложения 6;

- Выберите по прямому спектру три третьоктавных фильтра для проведения узкополосных измерений. Сделайте необходимые настройки и выполните замеры спектра огибающей на выбранных фильтрах. (Критерий - выбор фильтров с максимально равномерной спектральной плотностью в полосе пропускания фильтра; частотный диапазон спектра огибающей выберите из условия интересующих частот дефектов подшипника и их гармоник);
- Разгрузите замеры в программу «Диамант 2»;
- Проанализируйте полученные данные – определите наличие и уровень гармонических составляющих в спектрах огибающей, соответствующих частотам неисправностей подшипника и их гармоникам, сделайте выводы в соответствии с классификацией дефектов подшипника качения из Приложения 6. Определите, какой из спектров огибающей является наиболее информативным и почему.

2) Оценка состояния подшипника с помощью замера эксцесса (только для Кварца)

- Воспользуйтесь замеренным ранее прямым спектром виброускорения;
- Выберите необходимые настройки замера эксцесса в приборе (тип усреднения, время измерения, число усреднений);
- Задайте диапазоны фильтров высоких и низких частот (полосу для анализа выберете – так же как для спектра огибающей но шириной 1 октава);
- Выполните замер с сохранением данных;
- Разгрузите замеры в программу «Диамант 2»
- Проведите анализ полученных данных и сделайте выводы о состоянии подшипников качения Стенда.

3) Оценка состояния подшипника по прямым спектрам

- Воспользуйтесь замеренным ранее прямыми спектрами виброускорения;
- Сделайте замеры спектра виброскорости (рекомендуемый частотный диапазон: до 2 кГц) сохраните данные в памяти прибора;
- Сохраните выполненные замеры в память прибора;
- Разгрузите замеры в программу «Диамант 2»;
- Проведите анализ высокочастотной составляющей спектров и сделайте выводы о состоянии подшипника качения Стенда;

4) Оценка состояния подшипника с помощью замера временного дампа

- Проведите необходимые настройки замера в приборе (рекомендуемое время измерения - более 1 сек; замер в ускорении полоса 20 кГц)
- Выполните замер с сохранением данных;
- Разгрузите замеры в программу «Диамант 2»;
- Проведите поиск ударных импульсов на форме сигнала и определите их Пик-Фактор, сделайте выводы о состоянии подшипника качения Стенда.

Результаты анализа

1) Выявление дефектов подшипников качения учебного стенда с помощью спектра огибающей

Распечатайте прямые спектры ускорения из программы «Диамант2» и пронумеруйте его в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (рисунок 26). На спектрах укажите выбранные третьоктавные полосы для замеров

спектров огибающей. Проведите расчет частот неисправностей и запишите результаты в таблицу 11.

Распечатайте спектры огибающей из программы «Диамант 2» и пронумеруйте их в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (рисунок 27 – рисунок 29). На спектрах обозначьте подшипниковые частоты и их гармоники. Запишите значения уровней модуляции (в %) на подшипниковых частотах и их гармониках для худшего подшипника в таблицу 12 для трех спектров огибающей сигнала.

Сделайте вывод о состоянии данного подшипника.

Основные частоты дефектов подшипника №180501 Учебного Стенда **Таблица 11**

$f_{вр}$ (в. к.), Гц	$f_{вр}$ (н. к.), Гц	$f_{сеп}$, Гц	$f_{тк}$, Гц	$f_{вн}$, Гц	$f_{нар}$, Гц

Уровни модуляции на частотах дефектов подшипника №180501 **Таблица 12**

№ п/к.	1/3 октавная Полоса, Гц	№ Рисунка спектра огибающей	Глубина модуляции на частотах дефектов подшипника №180501, %														
			I гармоника					II гармоника					III гармоника				
			$f_{вр}$	$f_{сеп}$	$f_{тк}$	$f_{вн}$	$f_{нар}$	$2f_{вр}$	$2f_{сеп}$	$2f_{тк}$	$2f_{вн}$	$2f_{нар}$	$3f_{вр}$	$3f_{сеп}$	$3f_{тк}$	$3f_{вн}$	$3f_{нар}$
1		Рис. 27															
		Рис. 28															
		Рис. 29															
2		Рис. 30															
		Рис. 31															
		Рис. 32															

Оценка состояния 1 подшипника _____

Оценка состояния 2 подшипника _____

2) Оценка состояния подшипников с помощью замера эксцесса (только для прибора «Кварц»)

Укажите в таблице 13 значения Эксцесса НЧ и ВЧ, а так же значения параметров из настроек замера. Сделайте вывод о состоянии подшипника и обоснуйте его.

Данные замера Эксцесса подшипника №180501 Учебного Стенда **Таблица 13**

№ п/к.	Эксцесс НЧ	Эксцесс ВЧ	ФВЧ, Гц	ФНЧ, Гц	Тип усреднений	Количество усреднений	Время замера, сек
1							
2							

Оценка состояния 1 подшипника _____

Оценка состояния 2 подшипника _____

3) Оценка состояния подшипника по прямым спектрам

Распечатайте прямые спектры виброскорости из программы «Диамант2» и пронумеруйте его в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (рисунок 30). Проанализируйте прямые спектры ускорения (рисунок 20) и скорости (рисунок 30) и сделайте вывод о состоянии подшипника качения Учебного Стенда.

Оценка состояния 1 подшипника _____

Оценка состояния 2 подшипника _____

4) Оценка состояния подшипника с помощью замера временного дампа

Распечатайте дамп вибросигнала из программы «Диамант2» и пронумеруйте его в соответствии со сквозной нумерацией рисунков данного пособия (рисунок 31).

Оценка состояния 1 подшипника _____

Оценка состояния 2 подшипника _____

Вопросы по проделанной работе

1) Как влияет выбор измерительной точки на результаты замеров?

2) Как влияет выбор способа крепления датчика на результаты измерений?

3) На основании чего и на какой срок можно сделать прогноз работоспособности подшипника?

4) В каких случаях диагностика ПК затруднена и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Формирование базы данных, замеры по маршруту, выработка норм вибрационных параметров для парка однотипного оборудования

Цель работы

Создание маршрута замеров при помощи моделей в БД «Диамант 2». Сбор данных по маршруту и формирование базы данных. На основании полученных данных определение норм вибрационного состояния для парка Учебных Стендов.

Оборудование и программное обеспечение

В работе используются переносной виброанализатор/коллектор данных (см. таблицу 1) и программное обеспечение «Диамант 2» производства ООО «Диамех 2000». В таблице 1 указаны модель, серийный номер виброанализатора, тип, серийный номер и чувствительность датчиков вибрации и фотоотметчика.

Описание механических систем

В работе используется несколько однотипных агрегатов – Двухопорные роторы Учебных Стендов. Описание двухопорного ротора Учебного Стенда и стандартных точек измерения приводится в **п.3 «Объекты исследования»** в начале данного методического пособия.

Порядок проведения работы

1) Замеры по маршруту и создание базы данных вибрации Учебных Стендов

- Создайте новую базу в программе «Диамант 2» и сделайте необходимые начальные установки;
- Создайте в программе «Диамант 2» модель двухопорного ротора Учебного Стенда;
- Создайте измерительные точки модели согласно схеме из **п.3 «Объекты исследования»**;
- Создайте требуемое количество замеров для каждой измерительной точки модели (стандартные спектры ускорения, скорости перемещения, гармонические спектры, спектры огибающей, эксцесс, пик-фактор и т.п.);
- Установите уровни сигнализации по стандартным параметрам (например, по ОУ СКЗ виброскорости, эксцессу и т.п.);
- Создайте на основе данной модели структуру Учебного Зала из пяти Учебных Стендов;
- Создайте маршрут обхода Учебного Зала и загрузите данный маршрут в анализатор (предварительно освободите его память от имеющихся замеров);
- Соберите данные по загруженному маршруту по Стендам и разгрузите коллектор в программу «Диамант 2» (режим работы всех стендов должен быть одинаковый);
- Распечатайте отчет из программы «Диамант2» и приложите его к данному пособию в качестве Приложения 8.

2) Нормирование вибрации Учебных Стендов по различным параметрам

- Выберите любой вибрационный параметр, для которого Вы будете рассчитывать нормы контроля вибрации (это может быть ОУ вибрации для перемещения, скорости или ускорения, уровень оборотной составляющей вибрации, уровень второй гармоники от оборотной частоты, глубина модуляции частоты дефекта подшипника качения на спектре огибающей, пик-фактор, эксцесс и т.п.);
- Занесите в таблицу данные по выбранному параметру;
- Посчитайте среднее значение параметра по каждому Стенду, по каждой точке и по всем замерам вместе, (исключая максимальные значения, если они сильно отличаются от средних по точке) используя формулу (4.1);

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \quad (4.1)$$

- Используя среднее значение вибрации по всем Стендам и всем точкам, рассчитайте среднеквадратическое отклонение по формуле 4.2;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \quad (4.2)$$

- Рассчитайте нормы контроля вибрации Учебных Стендов по данному параметру используя «правило трех σ » и сделайте выводы о вибрационном состоянии каждого Стенда.

Результаты анализа

Представьте результаты работы по п.1 в виде распечатки отчета из программы «Диамант 2» в качестве Приложения 8 к данному пособию. Результаты работы по п.2 отобразите в таблице 11 (данные замеров вибрационного параметра по Учебным Стендам и результаты расчета средних значений параметра). Результаты расчета значений норм контроля вибрации Стендов отобразите в таблице 12. В таблице 13 отметьте крестиком зоны вибрационного состояния для каждого Учебного Стенда. Ответьте на контрольные вопросы.

Параметр вибрации опор Учебного Стенда

(Название параметра: _____,

единицы измерения: _____

Таблица 10

Стенд	Точка 1			Точка 2		Максимальное значение по стенду
	В	П	О	В	П	
1						
2						
3						
4						
5						
Максимальное по точке						-----
Среднее значение по точке без максимального X_i						Среднее по группе стендов $\bar{X} =$ _____

Нормы вибрации опор Учебных стендов

(Название параметра: _____,

единицы измерения: _____

Таблица 11

Оценка состояния	Диапазон вибрации	Значение границ диапазона
Хорошо	меньше $\bar{X} + \sigma$	
Нормально	больше $\bar{X} + \sigma$, но меньше $\bar{X} + 2\sigma$	
Плохо	Больше $\bar{X} + 2\sigma$, но меньше $\bar{X} + 3\sigma$	
Авария	больше $\bar{X} + 3\sigma$	

Вибрационное состояние Стендов

Таблица 12

Оценка состояния	Номер Учебного Стенда				
	1	2	3	4	5
Хорошо					
Нормально					
Плохо					
Авария					

Вопросы по проделанной работе

- 1) Можно ли подобным образом пронормировать вибрацию отдельно для каждого измерительного направления (В, П, О) в отдельности и почему?

- 2) Могут ли нормы вибрации по виброскорости, сформированные для группы однотипных агрегатов быть более мягкими, чем нормы по ГОСТ ИСО 10816-1-97 и почему?

- 3) Для чего в программе «Диамант 2» предусмотрена возможность контроля уровня относительного изменения вибропараметров при мониторинге?

Ф.И.О. экзаменуемого _____

№№ вопросов	Варианты ответов			
	а	б	в	г
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				

№№ вопросов	Варианты ответов			
	а	б	в	г
26.				
27.				
28.				
29.				
30.				
31.				
32.				
33.				
34.				
35.				
36.				
37.				
38.				
39.				
40.				
41.				
42.				
43.				
44.				
45.				
46.				
47.				
48.				
49.				
50.				

№№ вопросов	Варианты ответов			
	а	б	в	г
51.				
52.				
53.				
54.				
55.				
56.				
57.				
58.				
59.				
60.				
61.				
62.				
63.				
64.				
65.				
66.				
67.				
68.				
69.				
70.				
71.				
72.				
73.				
74.				
75.				

№№ вопросов	Варианты ответов			
	а	б	в	г
76.				
77.				
78.				
79.				
80.				
81.				
82.				
83.				
84.				
85.				
86.				
87.				
88.				
89.				
90.				
91.				
92.				
93.				
94.				
95.				
96.				
97.				
98.				
99.				
100.				

Указания:

При ответах на вопросы экзамена нужно поставить знак в поле клетки для каждого вопроса. Номер этой клетки должен совпадать с вариантом правильного ответа.

Подпись экзаменуемого: _____

ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР «АГАТ»

Назначение прибора:

Универсальный портативный анализатор вибрации / коллектор данных «АГАТ» представляет собой микропроцессорный виброизмерительный прибор, который может работать совместно с программным обеспечением «ДИАМАНТ2» как коллектор данных в системе прогнозируемого обслуживания оборудования или как автономный анализатор вибрации. Прибор имеет оптимальный набор функций и позволяет решать различные задачи измерения вибрации, вибромониторинга, и балансировки роторов в собственных опорах. Особенностью прибора является возможность диагностики подшипников качения и зубчатых передач (в том числе тихоходных машин). Русский/английский интерфейс программного обеспечения прибора. Загрузка программного обеспечения с любого IBM-совместимого ПК через стандартный интерфейс RS-232C. Прибор имеет жидкокристаллический дисплей с подсветкой.



Основные функции прибора:

- Измерение общего уровня;
- Измерение амплитуды / фазы вибрации;
- Спектральный анализ сигналов и их огибающей;
- 1/3-октавный анализ;
- измерение формы сигнала;
- измерение ПИК-ФАКТОРА;
- Снятие скоростных характеристик по одному / двум каналам;
- Балансировка роторов в собственных опорах (2х4);
- Определение собственных частот.

Технические характеристики:

Частотный диапазон	5-10000 Гц
АЦП	14 бит
Объем памяти (энергонезависимая)	2 Мб (1,5 Мб – данные, 0,5 Мб – ПО)
Дисплей	Жидкокристаллический, 128х128 точек с подсветкой
Измерительные входы	Два измерительных (мультиплексируемые), вход подключения отметчика
Интегрирование	Аналоговое, одинарное и двойное
Соединение с ПК	Последовательный интерфейс RS-232C
Скорость обмена с ПК	9600 – 115200 бод
Питание	Встроенный аккумулятор 1,6 А ч
Продолжительность работы от аккумуляторов	Не менее 6 часов
Время заряда аккумуляторов	Не более 3 часов
Условия эксплуатации	Температура: -10 до +50 °С Относительная влажность воздуха 0-95% без конденсата
Размеры	220х110х38 мм
Масса	1200 г (в комплекте – 5100 г)

Структура меню прибора АГАТ

- **Измерения**
- **Просмотр данных**
 - *Данные анализа*
 - *Данные маршрутов*
- **Установки**
 - *Дата и время*
 - *Установки коллектора*
 - *Единицы измерения*
 - *Установка датчиков*
- **Балансировка**
- **Коллектор**
 - *Загрузка маршрута*
 - *Разгрузка маршрута*
 - *Данные маршрутов*
 - *Пройти по маршруту*
 - *Удаление данных*
- **Дополнительные функции**
 - *Состояние памяти*
 - *Очистка памяти*
 - *Калибровка каналов*
 - *Контроль батареи*
 - *Загрузка МО*
 - *Исходные установки*
 - *Специальные измерения*

МОДЕЛЬ "КВАРЦ" (КУ060) / ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ "ТОПАЗ-В"

Назначение прибора:

Универсальный виброанализатор модели "КВАРЦ" представляет собой микропроцессорный виброизмерительный прибор, который может работать совместно с программным обеспечением "ДИАМАНТ2" как коллектор данных в системе прогнозируемого обслуживания оборудования и как автономный анализатор вибрации с возможностью разгрузки данных для их анализа в системе "ДИАМАНТ2". Прибор позволяет измерять и анализировать динамические сигналы с возможностью их записи в энергонезависимую память, последующего их просмотра и анализа и разгрузки данных в базу данных "ДИАМАНТ2" или в файл. Программное обеспечение прибора может быть загружено с любого IBM-совместимого ПК через стандартный интерфейс RS-232C.

Основные функции прибора:

- Измерение общего уровня;
- Измерение амплитуды / фазы вибрации;
- Спектральный анализ сигналов и их огибающей;
- 1/3-октавный анализ;
- Измерение формы сигнала;
- Измерение ПИК-ФАКТОРА;
- Измерение ЭКСЦЕССА;
- Снятие скоростных и временных характеристик по одному каналу или в многоканальном (8 каналов)/мультиплексорном (4, 16 каналов) режиме. Использование при снятии характеристик различных стандартных замеров (ОУ, А/Ф, каскады спектров);
- Балансировка роторов в собственных опорах (16x16);
- Определение собственных частот методом ударного возбуждения;
- Режим цифрового магнитофона (запись дампов вибросигнала).

Технические характеристики:

Количество каналов:	1 (до 8 с блоком расширения); 4 или 16 входов с мультиплексором.
Частотный диапазон измерительного блока:	0.3 Гц - 40 кГц.
АЦП:	12 бит.
Интегрирование:	одинарное и двойное.
Измерительные входы:	Основной: подключение штатного акселерометра; подключение произвольного датчика. Отметчик: подключение лазерного фотоотметчика КР020л ; подключение Э/М отметчика КЕ010 . Разъем блока расширения: подключение дополнительных устройств.
Функции обработки:	общий уровень, пик-фактор, эксцесс (состояние подшипников качения); амплитуда/фаза, спектр, форма сигнала, характеристики разгона/выбега, каскады спектров, спектры ударного возбуждения, спектры огибающих сигнала; дамп временного сигнала, 1/3 октавный анализ
Усреднения:	Без усреднений, Линейные, Пиковые, Экспоненциальные.
Количество линий спектра:	100, 200, 400, 800, 1600.
Реальный ZOOM:	расширение частотного диапазона от 2 до 10 раз.
Взвешивание:	Прямоугольное, Ханнинга.
Режимы запуска:	Свободный, от отметчика, от сигнала.
Длина выборки сигналов:	256, 512, 1024, 2048, 4096.
Длина выборки дампов сигналов:	4096, 8192, 16384, 32768, 65536.
Измеряемые величины при РАЗГОНЕ/ВЫБЕГЕ:	ОБЩИЙ УРОВЕНЬ, ПИК-ФАКТОР, ЭКСЦЕСС, АМПЛИТУДА/ФАЗА, КАСКАДЫ СПЕКТРОВ.
Максимальное количество точек РАЗГОНА/ВЫБЕГА:	512 - для 1 канала, 93 - для 8-и каналов.
Общий объем памяти:	4 Мбт.
Область данных памяти:	3 Мбт.
Дисплей:	Низкотемпературный ЖКИ с подсветкой 240 x 128 пикселей программная настройка контрастности.
Скорость обмена с ПК:	Программируемая: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бод.
Питание:	Аккумуляторы тип АА 1.3 А*ч, сетевой блок питания.
Длительность работы от аккумуляторов:	5 часов в режиме непрерывных измерений без подсветки дисплея, более 8 часов в обычном режиме.
Корпус:	Цельнофрезерованный, разъемный, грязезащитный.
Размеры:	255 x 175 x 75 мм
Масса прибора:	2100 г.
Масса комплекта:	5900 г. (полная стандартная комплектация).

Структура меню приборов КВАРЦ, ТОПАЗ, ТОПАЗ-В

Основное меню

- **Установки**

- *Прибор*
- *Коллектор*
- *Измерения*
 - Штатные датчики
 - Дополнительные датчики
 - Мультиплексор
 - 8 - канальный блок
- *Единицы*
- *Протоколы*
 - По маршрутам
 - Балансировки

- **Коммутации**

- *Загрузка маршрута БД*
- *Разгрузка маршрута БД*
- *Загрузка основного ПО*
- *Разгрузка анализатора*
- *Загрузка балансировки*
- *Разгрузка балансировки*

- **Коллектор**

- *Переход по маршрутам*
- *Сбор данных по маршрутам*
- *Просмотр/стирание данных*
- *Формирование протоколов*

- **Анализ**

- *Измерения*
 - Общий уровень
 - Пик-фактор и СКЗ
 - Экспесс ВЧ/НЧ
 - Амплитуда/фаза
 - Спектр
 - Форма сигнала
 - 1/3-октавный анализ
- *Просмотр данных*
- *Стирание данных*
- *Дополнительные программы*
 - Одноканальная характеристика
 - Многоканальная характеристика
 - Определение собственных частот
 - Балансировочная программа
 - Дамп временного сигнала
 - Диагностика подшипников

- **Контроль**

- *Питание*
- *Память*
- *Сигнал*
- *Отметчик*

- **Спецфункции**

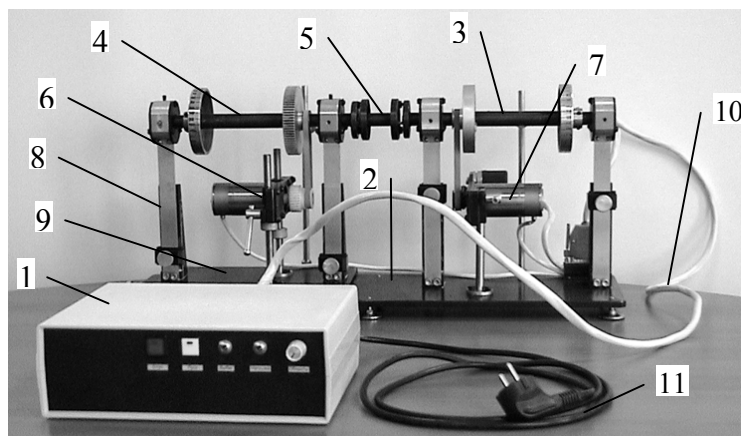
- *Автокалибровка*
- *Стирание памяти*

УЧЕБНЫЙ СТЕНД

Назначение стенда:

Моделирование различных дефектов роторного оборудования.

Конструкция учебного стенда:



1 – блок управления; 2 – плита основания стенда; 3 – приводной ротор (тяговый); 4 – исполнительный ротор (ведомый); 5 – промежуточный вал; 6 – электрический тормоз; 7 – электрический привод; 8 – опорная система с регулирующей жесткостью в поперечном направлении; 9 – подвижная плита исполнительного ротора; 10 – кабель соединения стенда и блока управления; 11 – сетевой кабель.

Блок управления учебным стендом:

1. Кнопка останова ротора;
2. Кнопка запуска привода стенда;
3. Переключатель выбега: Для того, чтобы начать выбег, нужно запустить ротор кнопкой «Пуск», а затем переключить тумблер выбега в нижнее положение. После выключения этого режима, ротор наберет первоначальные обороты.
4. Включение резистивной нагрузки на электрическом тормозе: Положение вниз – нагрузка включена, положение вверх – выключена.
5. Ручка регулировки частоты вращения ротора: Увеличение оборотов происходит при вращении ручки по часовой стрелке.



Функциональные возможности:

- Проведение балансировки ротора в собственных опорах (до шести плоскостей коррекции);
- Изменяющаяся жесткость опор, дает возможность изучать зависимость резонансных частот конструкции от ее жесткостных свойств и моделировать дефекты опорной системы ротора;
- Электронный выбег позволяет снимать качественные скоростные характеристики;

- Возможность моделирования дефектов расцентровки в горизонтальной плоскости и дефектов компенсирующей муфты;
- Работа в режиме дополнительной нагрузки крутящим моментом (для диагностики дефектов муфт);
- Возможность плавной регулировки оборотов ротора;
- Моделирование дефектов зубчатых и ременных передач;
- Возможность моделирования задеваний;
- Возможность диагностики подшипников качения.

Технические характеристики:

Общие технические данные

Наименование	Значение
Напряжение питания блока управления	~220В, 50Гц
Максимальная потребляемая мощность	50 Вт
Максимальные обороты ротора	3000 об/мин
Время управляемого выбега с максимальных оборотов до останова	5 мин
Габариты стенда(длина – ширина - высота)	600 – 250 –300 мм
Масса стенда (без блока управления)	17 кг

Параметры подшипников качения ротора (подшипник №180501 - шариковый радиальный однорядный с уплотнениями)

Наименование	Значение
Диаметр внутреннего кольца	12 мм
Диаметр наружного кольца	32 мм
Ширина подшипника	14 мм
Диаметр сепаратора	22 мм
Диаметр тел качения	5,56 мм
Число тел качения	7
Угол контакта	0

Параметры зубчатой и ременных передач

Наименование	Значение
Число зубьев ведущей шестерни	80
Число зубьев ведомой шестерни	30
Длина ремней в свободном состоянии	240 мм
Диаметры шкивов тормозной и приводной ременных передач (ведущего и ведомого)	20 мм

ДАННЫЕ К ЗАДАНИЮ №3

«ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК»

№ варианта	Исходное значение	
	Частота, Гц	Значение в текущих единицах и стандартном представлении
1	50	10
2		20
3		30
4		40
5		50
6		60
7		70
8		80
9		90
10		100
11	25	10
12		20
13		30
14		40
15		50
16		60
17		70
18		80
19		90
20		100
21	12,5	10
22		20
23		30
24		40
25		50
26		60
27		70
28		80
29		90
30		100

ДАННЫЕ К ЗАДАНИЮ №4

«РАСЧЕТ ОДНОПЛОСКОСТНОЙ БАЛАНСИРОВКИ»

№ варианта	Нулевой пуск A_0		Пробный груз $P_{пр}$		Пробный пуск A_1	
	Амплитуда, мкм	Фаза, градусы	Масса, г	Угол, градусы	Амплитуда, мкм	Фаза, градусы
1	120	0	300	60	100	200
2	140	40	400	80	120	180
3	100	340	200	40	140	160
4	160	60	500	100	100	240
5	80	320	600	20	160	140
6	180	100	800	80	60	100
7	60	270	80	340	160	260
8	100	340	50	180	120	180
9	200	100	300	100	180	280
10	80	0	150	300	70	250
11	180	80	600	120	160	260
12	60	270	400	60	80	290
13	150	50	250	100	150	250
14	40	280	80	340	40	140
15	100	340	60	320	60	100
16	170	60	350	90	90	210
17	20	260	60	320	200	300
18	120	0	150	300	100	240
19	140	40	600	120	160	140
20	100	340	400	60	60	100
21	80	0	300	60	60	100
22	180	80	400	80	90	210
23	60	270	200	40	200	300
24	150	50	500	100	100	240
25	40	280	600	20	160	140
26	100	340	800	80	60	100
27	150	50	50	180	100	200
28	40	280	300	100	120	180
29	100	340	150	300	140	160
30	170	60	600	120	100	240

ИНФОРМАЦИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3

«ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ»

Основные обнаруживаемые дефекты подшипников качения

№	Вид дефекта	Основные частоты модуляции	Дополнительные частоты модуляции	Наличие боковых составляющих в модуляции	Примечание
1	Проскальзывание кольца в посадочном месте	$f_{вр}$	$kf_{вр} \quad k=2,3,4 \dots$ $k > 10$	нет	Рост ОУ ВЧ, Нет других составляющих
2	Дефекты смазки	Рост ОУ ВЧ	нет	нет	Нет сильных дефектов поверхностей качения
3	Обкатывание наружного (неподвижного) кольца	$f_{вр}$	Возможно небольшое число гармоник, преимущественно, нечетных	отсутствуют	Роста ОУ ВЧ нет
4	Неоднородный радиальный натяг	$2f_{вр}$	$kf_{вр} + kf_{вр}$ $k=1,3,5 \dots$ $k_l=4,6,8 \dots$	нет	Роста ОУ ВЧ нет, спад амплитуд гармоник с ростом k
5	Перекося наружного кольца	$2f_{нар}$	$kf_{нар}$ $k_l=1,3,4,5 \dots$	нет	Проявляется преимущественно на четных гармониках
6	Износ наружного кольца	$f_{нар}$	$kf_{нар}$ $k=2,3,4, \dots$	При дисбалансе $kf_{нар} \pm kf_{вр}$ $k_l=1,2,3, \dots$	спад амплитуд гармоник с ростом k , Рост ОУ ВЧ
7	Раковины (трещины) на наружном кольце	$f_{нар}$	$kf_{нар}$ $k=2,3,4, \dots \quad k > 10$	Нет	Спада амплитуд гармоник с ростом k нет
8	Износ внутреннего кольца	$f_{вр}$	$kf_{вр} + kf_{вн}$ $k=2,3,4 \dots$ $k_l=1,2,3, \dots$	Нет	Рост ОУ ВЧ, спад амплитуд гармоник с ростом k небольшие $k_l f_{вн}$
9	Раковины (трещины) на внутреннем кольце	$f_{вн}$	$kf_{вн}$ $k=2,3,4 \dots$	$kf_{вн} \pm kf_{вр}$ $k_l=1,2,3, \dots$ $k=1,2,3, \dots$	Рост ОУ ВЧ. Спада амплитуд гармоник с ростом k нет
10	Износ тел качения и сепаратора	$f_{сен}$	$kf_{сен} + k_l(f_{вр} - f_{сен})$ (при дисбалансе) $+ kf_{вр}$ $k=2,3,4, \dots$ $k_l=1,2,3, \dots$	нет	Рост ОУ ВЧ, спад амплитуд гармоник с ростом k
11	Раковины (сколы) на телах качения	$2f_{тк}$	$kf_{тк} + kf_{сен}$ $k=2,3,4, \dots$ $k_l=1,2,3, \dots$	$Kf_{тк} \pm kf_{сен}$ $k_l=1,2,3, \dots$ $k=1,2,3, \dots$	спад амплитуд гармоник $f_{сен}$ с ростом k_l , Наличие, преимущественно, четных гармоник $f_{тк}$
12	Дефекты группы поверхностей качения	—	$kf_{нар} + kf_{сен}$ или $kf_{нар} + kf_{вн} = f_{вр} z$ или $kf_{нар} + 1/k_l f_{вр}$ или $kf_{нар} + kf_{вр}$ или $(f_{вр} - f_{сен})(z+1)kf_{вр}$ $k=1,2,3, \dots$ $k_l=1,2,3, \dots$	—	Рост ОУ ВЧ

Где:

$f_{\text{вр}}$ – частота вращения ротора;

$f_{\text{сен}}$ – частота вращения сепаратора $f_{\text{сен}} = \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$;

$f_{\text{тк}}$ – частота вращения тела качения $f_{\text{тк}} = \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \frac{D}{d} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \cos^2 \alpha \right)$;

$f_{\text{нар}}$ – частота перекачивания тела качения по наружному кольцу $f_{\text{нар}} = z \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$;

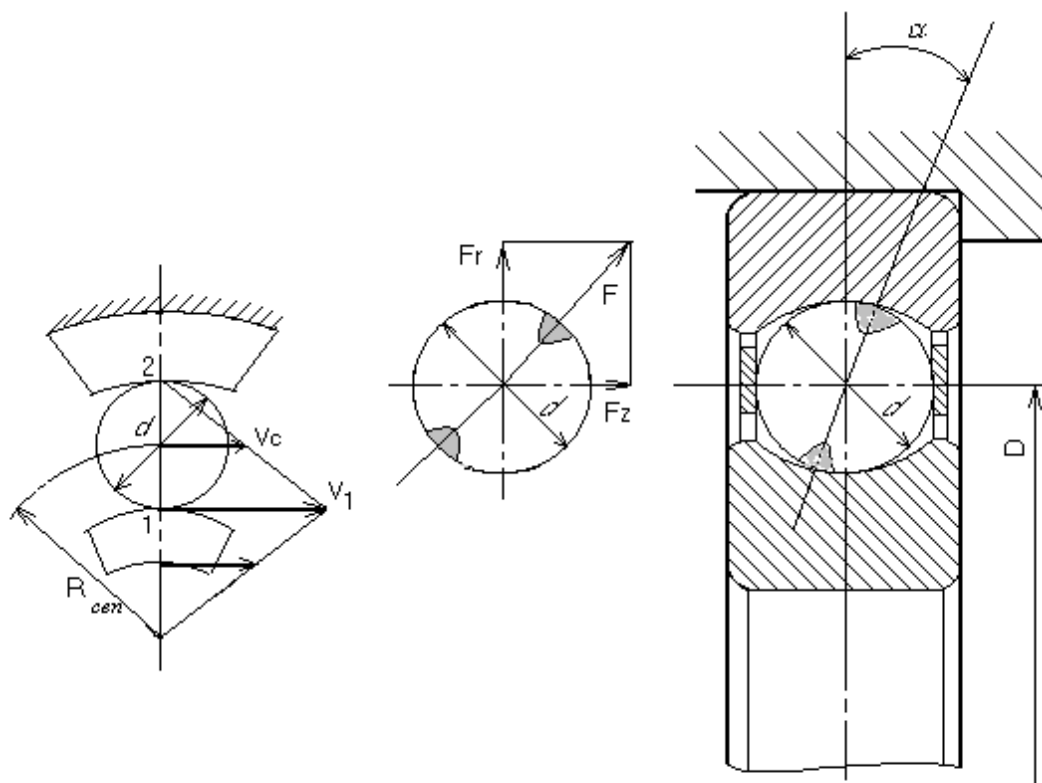
$f_{\text{вн}}$ – частота перекачивания тела качения по внутреннему кольцу $f_{\text{вн}} = z \frac{f_{\text{вр}}}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right)$;

z – число тел качения;

D и d — соответственно средний диаметр сепаратора и диаметр тел качения;

α - номинальный угол контакта тела качения;

ВЧ – Высокочастотная область спектра вибрации;



Определение номинального угла контакта тела качения