

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА»

Кафедра теоретической и прикладной механики

# Вибромониторинг и вибродиагностика роторных машин

Выполнила: студентка гр.4-33

Андреева О.В.

Руководитель: доц., к. т. н.

Колобов А. Б.

Иваново 2021

# Цель

- Целью работы является создание методической и технической базы учебного программно-технического комплекса (УПТК) вибромониторинга на основе программной системы (ПС) «АГАТ-Протокол» и измерительного средства виброанализатор АГАТ (производитель ООО «Диамех 2000»).
- Обучающий эффект УПТК должен заключаться в приобретении обучающимися навыков и умений в областях:
  - измерения и анализа параметров вибрации энергомеханических роторных машин;
  - оценки технического состояния (ТС) и диагностирования основных дефектов роторных машин.

# Задачи

- Классификация контролируемого энергомеханического оборудования, разработка маршрутные карты контроля и выбор нормативной базы оценки вибрации;
- Установка ПС на компьютерах в сетевой конфигурации, отладка процесса передачи информации с виброанализатора на ПК,
- Разработка инструкции по работе с виброанализатором и ПС «АГАТ-Протокол» и апробация (проверка работоспособности) УПТК;
- Формирование базы данных измерений по отдельным типам проведение анализа временных дампов и спектров машин, а также диагностирования отдельных дефектов.

# Технология «off-line» контроля

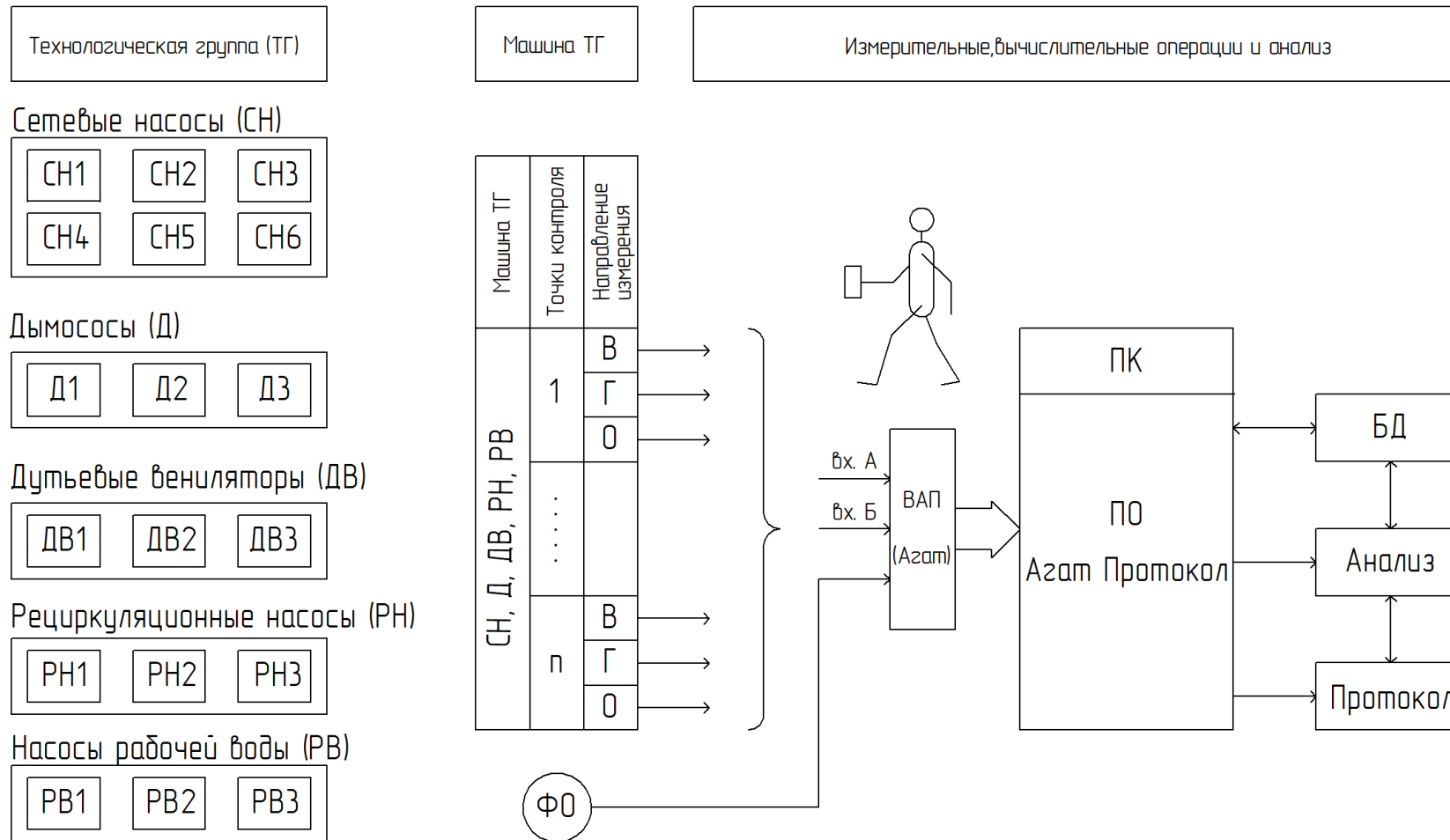


Рис.1. Этапы технологии «off-line» контроля роторных машин котельной ИГЭУ

# Технология «off-line» контроля

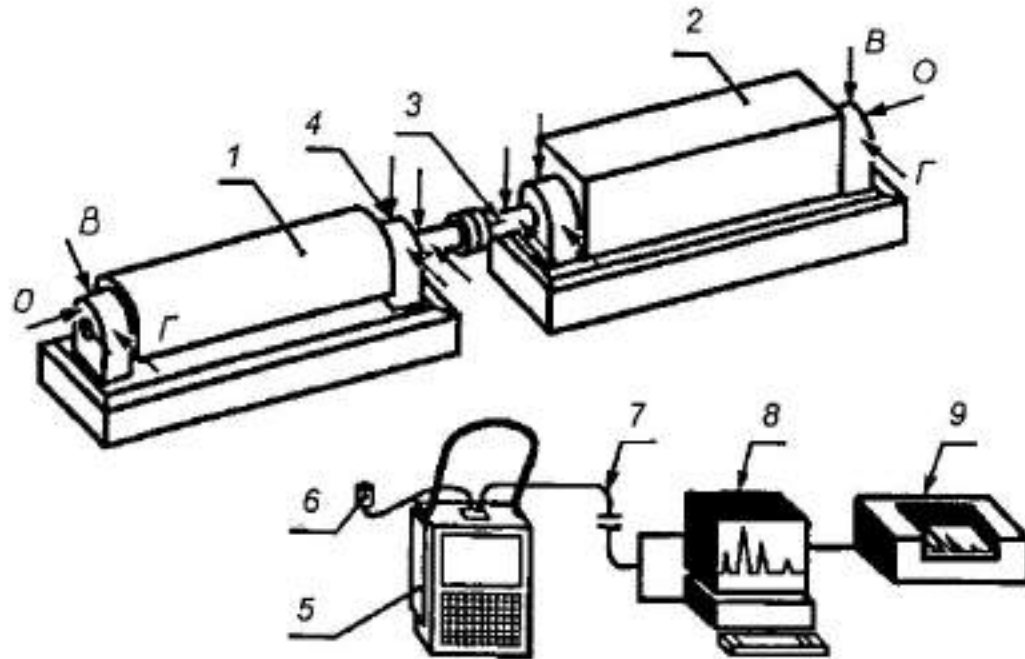


Рис.2. Типовая техническая структура «off-line» вибромониторинга роторной машины

1 – привод агрегата;

2 – машина (агрегат);

3 – фазовый отметчик (таходатчик);

4 – точка измерения абсолютной вибрации подшипниковых опор (на каждой опоре в 3-х ортогональных направлениях В, Г и О);

5 – портативный сборщик данных (ВАП);

6 – вибродатчик;

7 – канал связи с ПК для передачи информации в базу данных;

8 – ПК;

9 – принтер или иное средство визуализации результатов

# Нормативная база контроля вибрации машин технологических групп

Технические параметры	Технологические группы				
	Сетевые насосы (СН)	Дымососы (Д)	Вентиляторы дутьевые (ДВ)	Рециркуляционные насосы (РН)	Насосы рабочей воды (РВ)
Тип	CR-90-3-2 Grundfos <sup>†</sup>	Д-12,5	ВДН-10	АК 80-160/16/-22,0/2	АЦМС-40-160/158
Тип электродвигателя	5A160S2	5A1116SY3	A1P160S6Y3	A1P180S2Y3 <sup>**</sup>	RA132S A2Y3
Мощность, кВт	18,5	11	11	22 <sup>**</sup>	5,5
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2930	970	970	2920 <sup>**</sup>	2895

Примечание: <sup>†</sup> Для насосов СН1 – СН5.  
<sup>\*\*</sup> Для насосов РН2 и РН3.  
 Насос РН1 NK80-160/161 (Grundfos),  
 электродвигатель GMC2-160L-2B3 (Китай) мощность 18,5 кВт,  
 номинальная частота вращения 2940 мин<sup>-1</sup>

Таблица 1. Технические параметры машин технологических групп

Технологическая группа	ГОСТ ИСО	Класс/ группа	Граница зон состояний, мм/с		
			A/B	B/C	C/D
Сетевой насос (СН)	10816-3	2	1,4	2,8	4,5
Дымосос (Д)	10816-1	1	0,71	1,8	4,5
Дутьевой вентилятор (ДВ)					
Рециркуляционный насос (РН)	10816-3	3	3,5*	7,1*	11,0*
Насос рабочей воды (РВ)	10816-1	1	0,71	1,8	4,5

Примечание: <sup>\*</sup> Упругая установка агрегата (податливая опора).

Таблица 2. Границы зон вибрационного состояния

# Руководство к использованию программно-технического учебного комплекса

- Описание технического средства измерений(характеристики)
- Внешний вид прибора и подключение периферийных устройств
- Описание органов управления прибором
- Подробное описание работы с прибором
- Описание программы «АГАТ-ПРОТОКОЛ», обмен данными и основные элементы ПО
- Технология проведения измерений на объектах в котельной

# Виброанализатор «АГАТ»



Рис.3. Внешний вид прибора



Рис.5. Форма установки параметров замера для асинхронного спектра

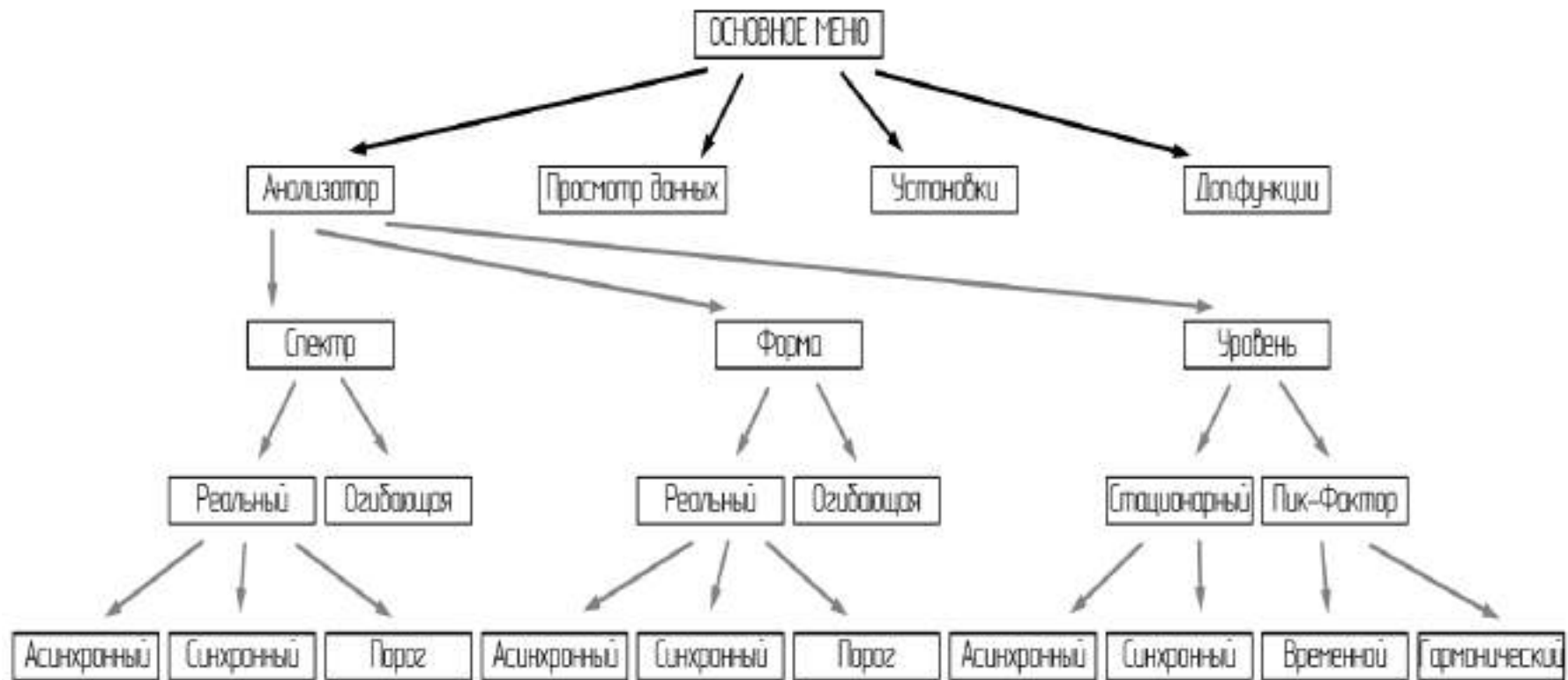


Рис.4. Иерархическая структура основного меню прибора



# Программа «АГАТ-Протокол»

Возможности:

- Режим просмотра частотного спектра, спектра огибающей, форм сигналов
- Режим создания протоколов измерений и отчетной документации

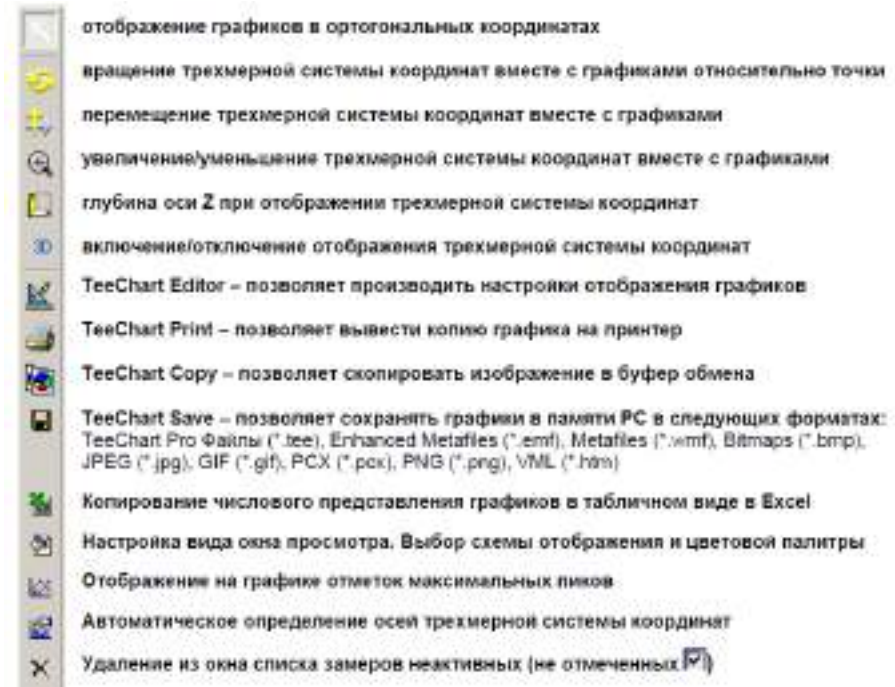


Рис.7. Возможности работы с графиками



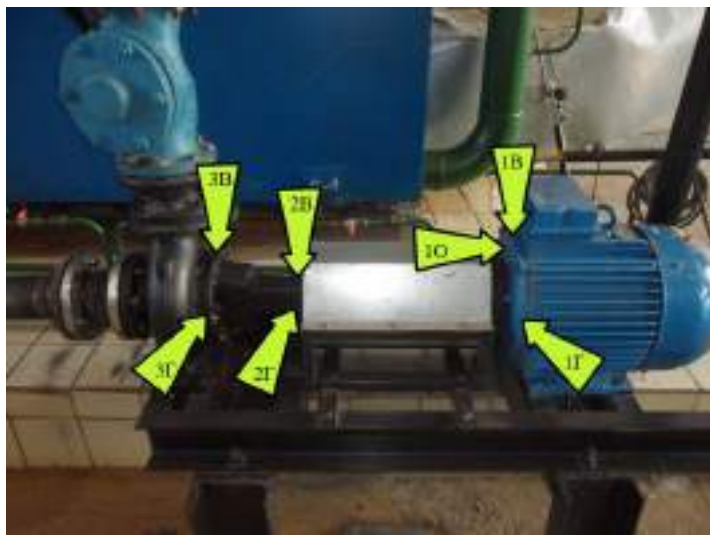
Рис.6. Основное меню программы

# Основные принципы анализа дампов вибрации и спектров

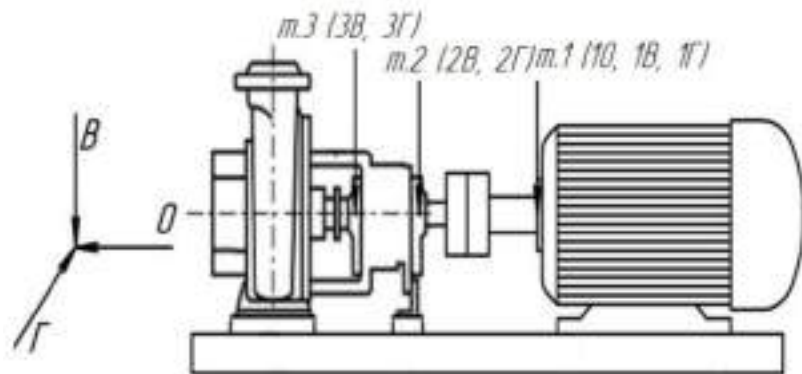
Частотный диапазон	Границы диапазона	Составляющие спектра	Информация о деталях и процессах в машине
Субгармонический	До оборотной частоты $f_0$	Субгармоники	Наличие зазоров, повышенная податливость деталей и опор
Низкочастотная область	От $f_0$ до $3f_0$	Гармоники оборотной частоты, полуторные гармоники	Разбалансированность
			Расцентровка валов, дефекты муфт
			Зазоры в сопряжениях, дефекты фундамента
Среднечастотная область	От $3f_0$ до $(8 - 15)f_0$	Гармоники оборотной частоты, полуторные гармоники	Дефекты механической природы, ослабление посадок и люфты, внутренние динамические соударения, качество изготовления, сборки и монтажа
Высокочастотная область	Более $15f_0$	Гармоники оборотной частоты, несинхронные гармоники	Состояние подшипников, зубчатых передач, электромагнитной части электрических машин, гидравлические и аэродинамические процессы

Таблица 3. Информативные частотные диапазоны спектра виброскорости роторных машин

# Анализ вибросостояния и диагностика рециркуляционного насоса



а)



б)

Рис.7. Маршрутная карта контроля вибрации рециркуляционного насоса:  
а – внешний вид; б – эскизное изображение

Рециркуляционный насос	Точки и направления измерения	Результаты, мм/с	Граница зон состояний по ГОСТ ИСО 10816-3, мм/с			Состояние на момент измерения
			A/B	B/C	C/D	
PH1	1B	15,15	3,5	7,1	11,0	Зона D
	1Г	1,98				
	1О	21,51				
	2B	6,51				
	2Г	2,45				
PH3	1B	2,03	3,5	7,1	11,0	Зона B
	1Г	3,06				
	1О	0,04				
	2B	1,96				
	2Г	4,89				

Таблица 4. Оценка технического состояния рециркуляционных насосов PH1 и PH3

$$\text{Оборотная частота вала насоса } f_o = \frac{n}{60} = \frac{2940}{60} = 49 \text{ Гц}$$

# Анализ вибросостояния и диагностика рециркуляционного насоса

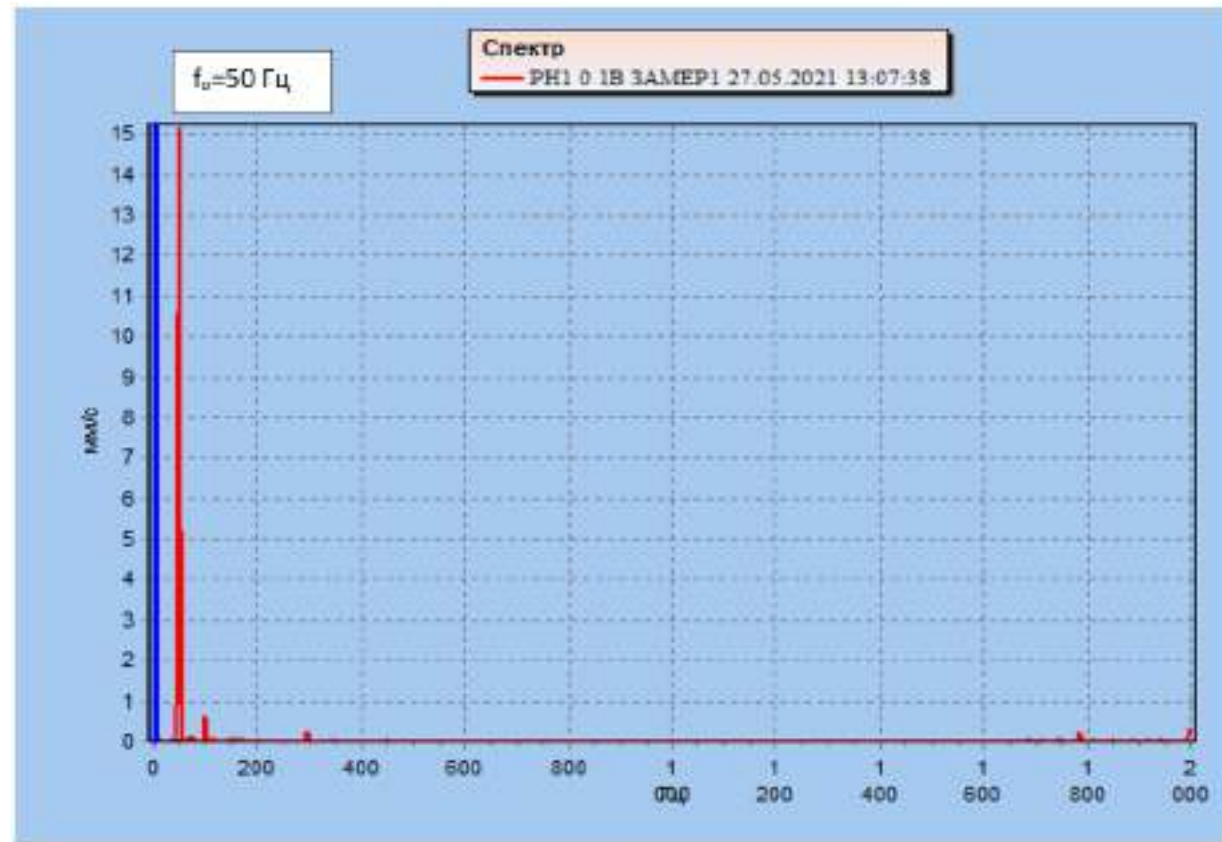


Рис.8. Спектр вибрации насоса РН1 в вертикальном направлении измерения в т. 1(виброскорость)

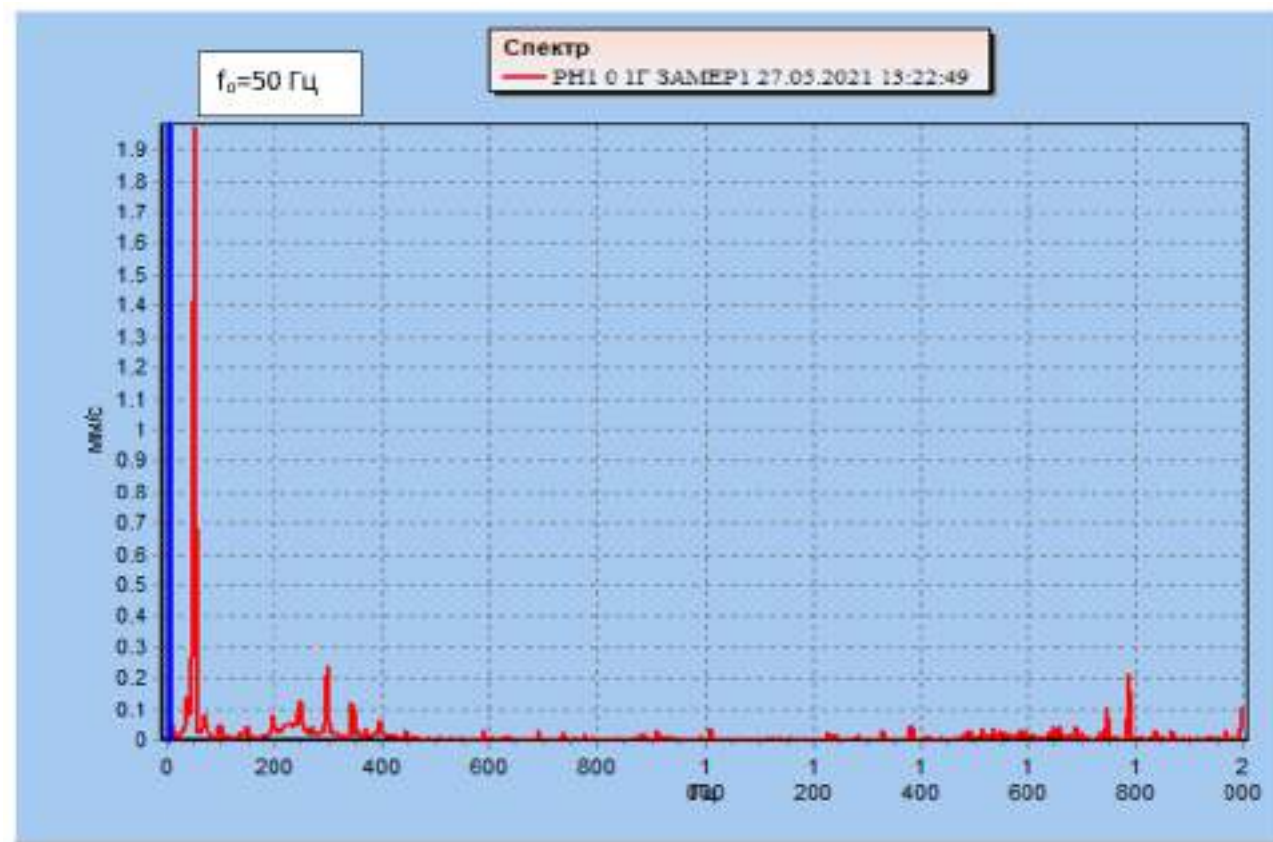


Рис.9. Спектр вибрации насоса РН1 в горизонтальном направлении измерения в т. 1(виброскорость)



# Анализ вибросостояния и диагностика рециркуляционного насоса

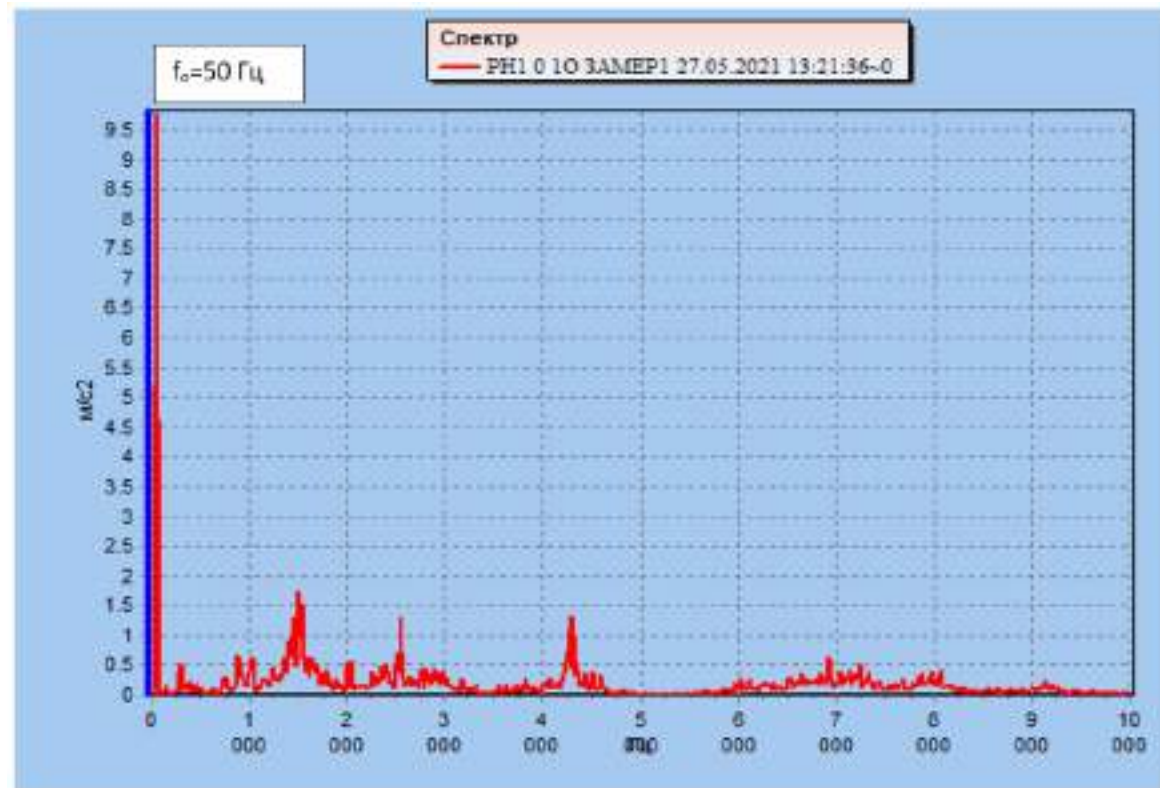
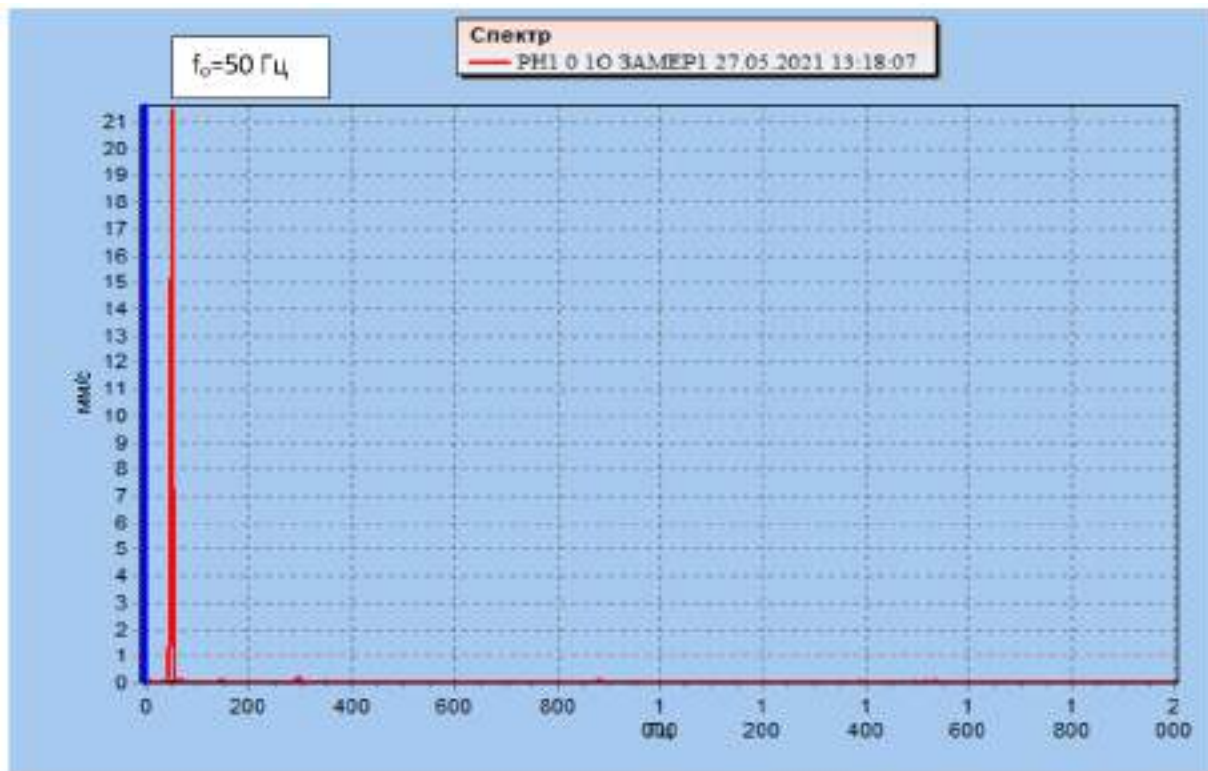


Рис.10. Спектр вибрации насоса PH1 в осевом направлении измерения в т. 1(виброскорость)

Рис.11. Спектр вибрации насоса PH1 в осевом направлении измерения в т. 1(виброускорение)

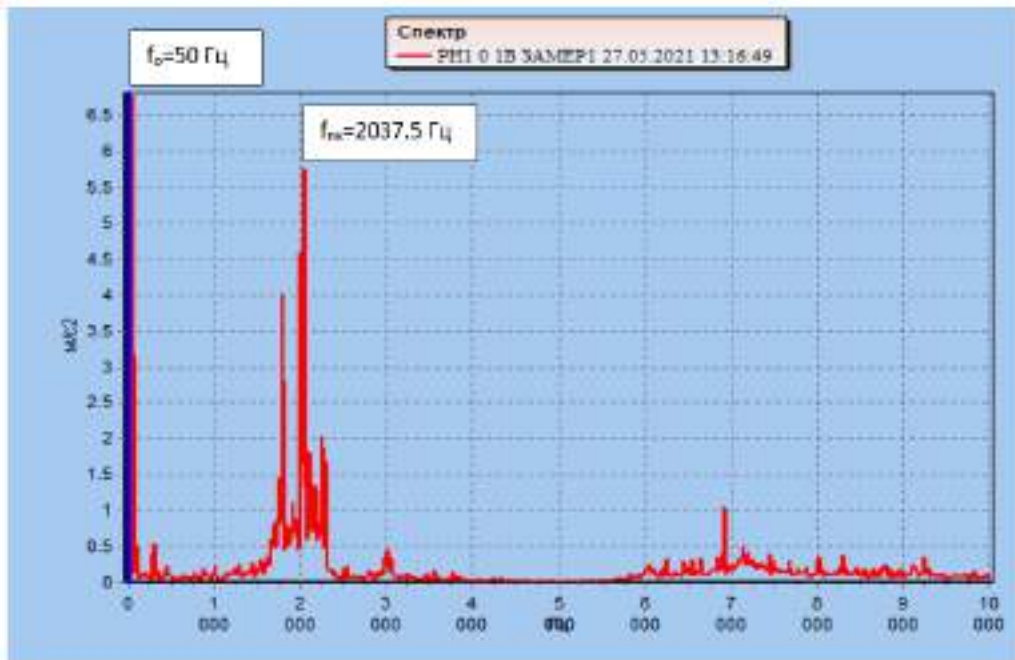


Рис.12. PH1 в вертикальном направлении измерения в т.1(виброускорение)

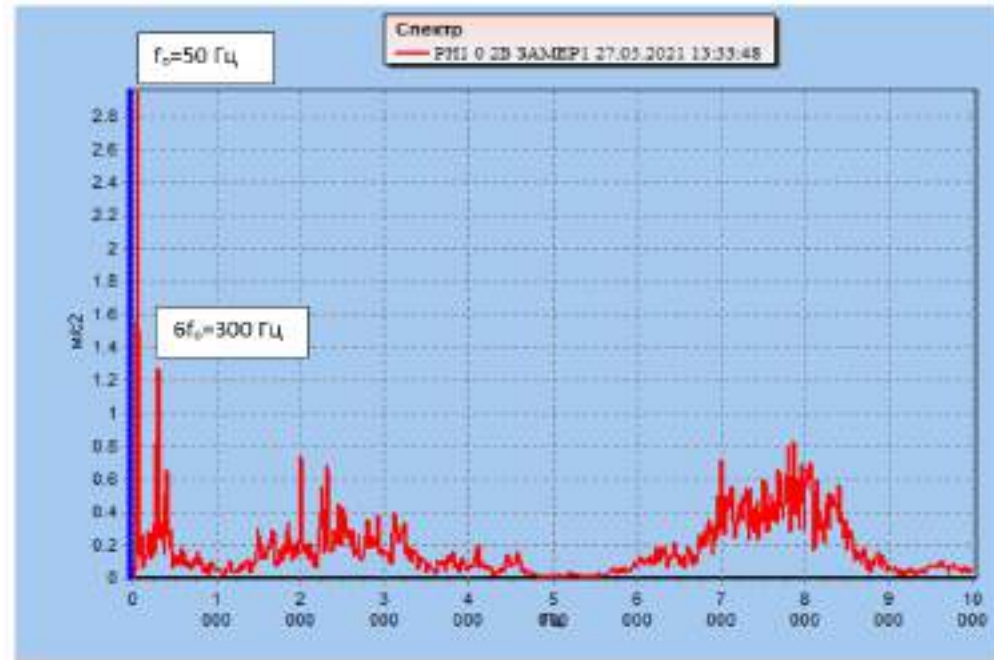


Рис.13. PH1 в вертикальном направлении измерения в т.2(виброускорение)

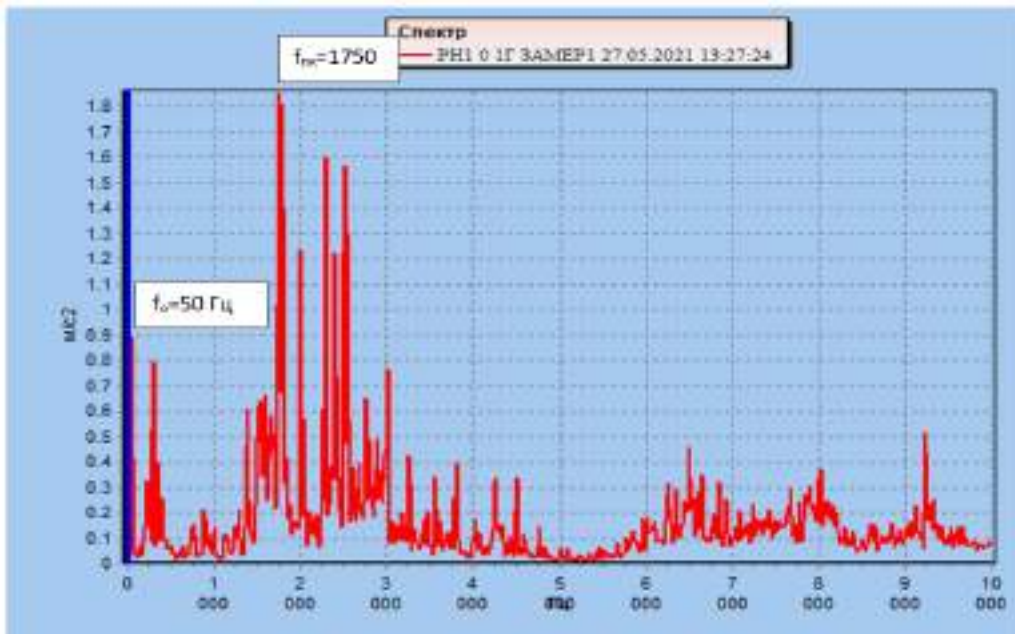


Рис.14. PH1 в горизонтальном направлении измерения в т.1(виброускорение)

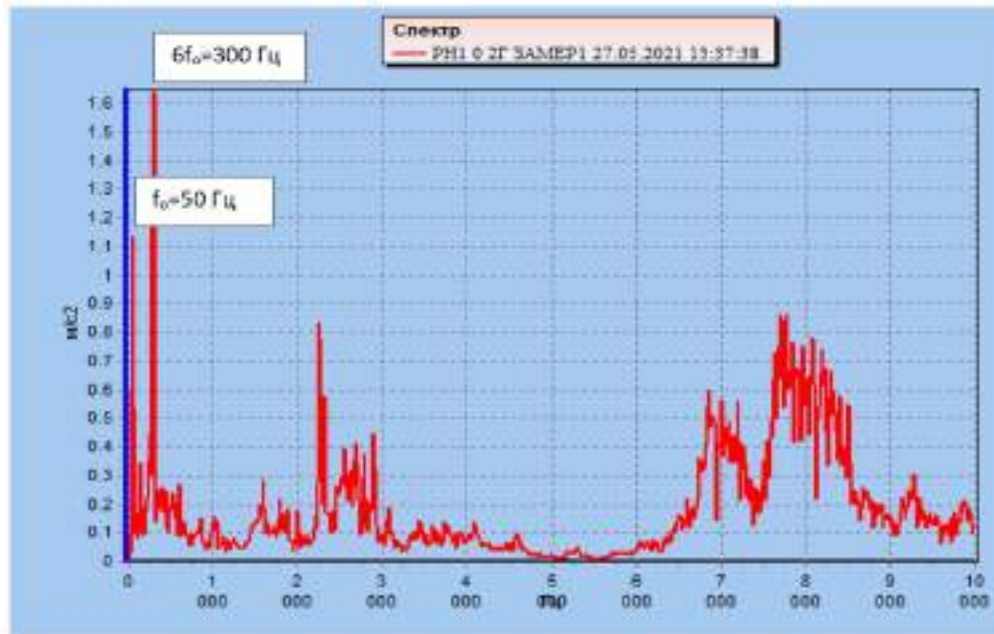


Рис.15. PH1 в горизонтальном направлении измерения в т.2(виброускорение)<sup>14</sup>



# Анализ вибросостояния и диагностика рециркуляционного насоса

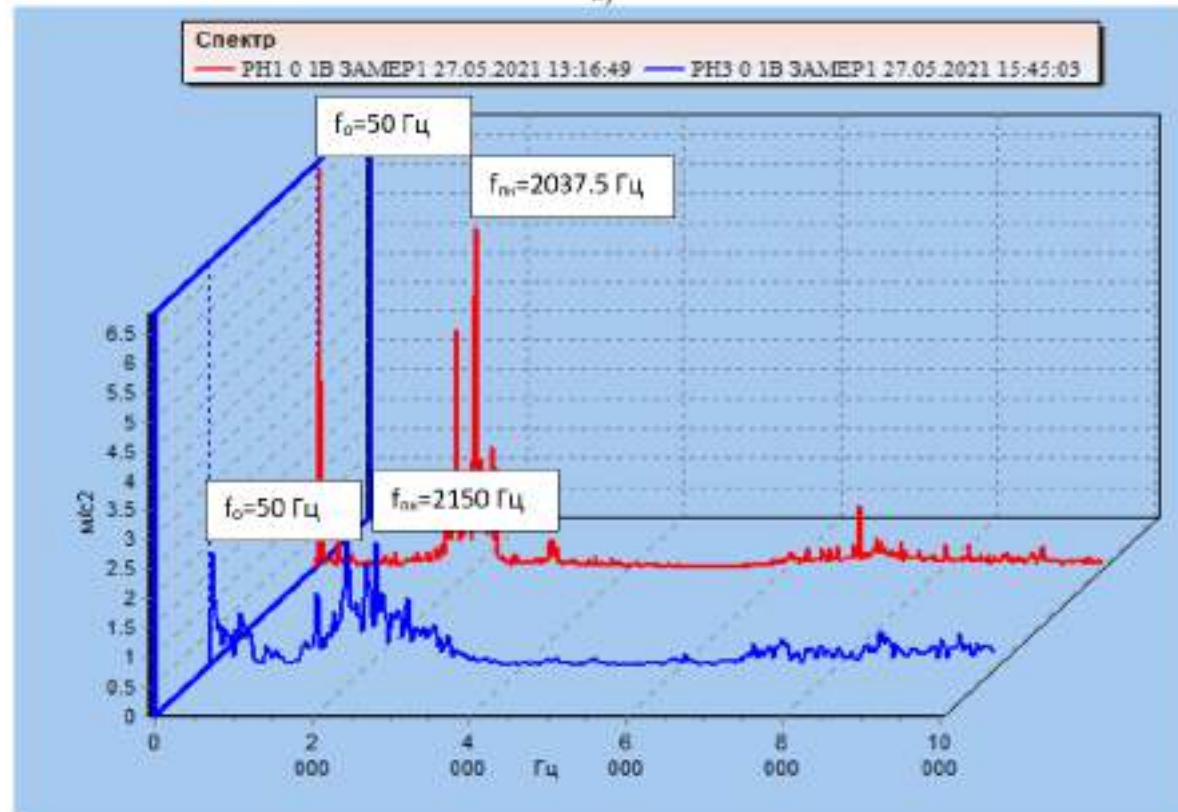
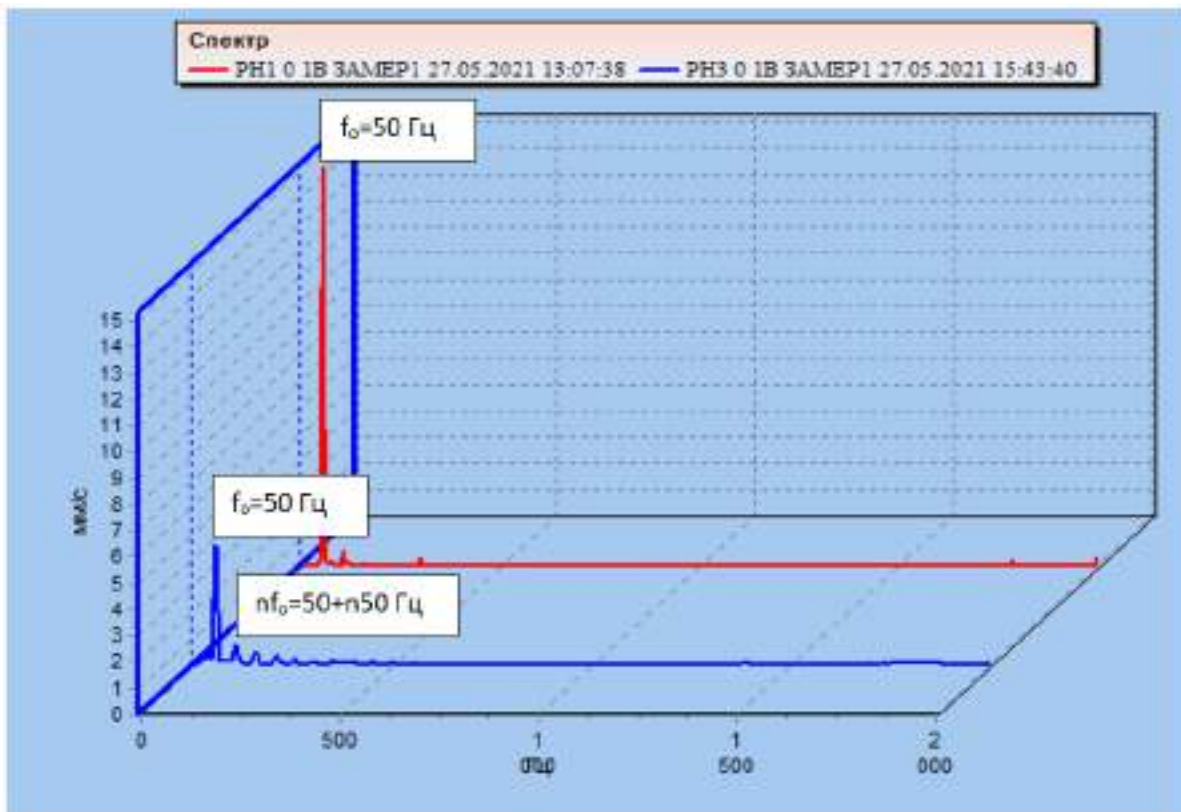


Рис.16. Каскад спектров вибрации насоса PH1 (красный) и PH3 (синий) в вертикальном направлении измерения в т. 1:  
а – виброскорость; б - виброускорение

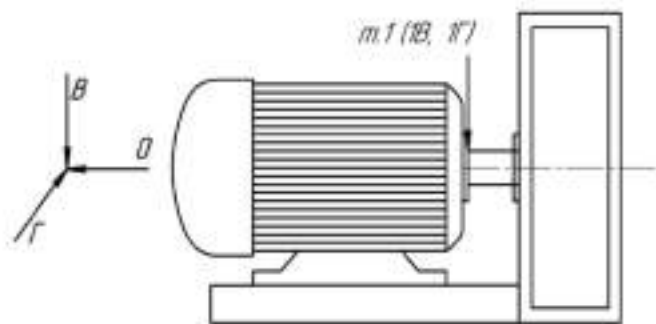
# Анализ вибросостояния и диагностика дымососа



а)

Дымосос	Точки и направления измерения	Результаты, мм/с	Граница зон состояний по ГОСТ ИСО 10816-1, мм/с			Состояние на момент измерения
			A/B	B/C	C/D	
Д1	1В	0,22	0,71	1,8	4,5	Зона А
	1Г	0,35				

Таблица 5. Оценка технического состояния дымососа Д1



б)

Рис.17. Маршрутная карта контроля вибрации дымососа:

а – внешний вид; б – эскизное изображение

Оборотная частота вала  $f_0$  и период оборотной частоты составляют

$$f_0 = \frac{n}{60} = \frac{970}{60} = 16,2 \text{ Гц}, \quad T_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{16,2} = 62 \text{ мс}$$



# Анализ вибросостояния и диагностика дымососа

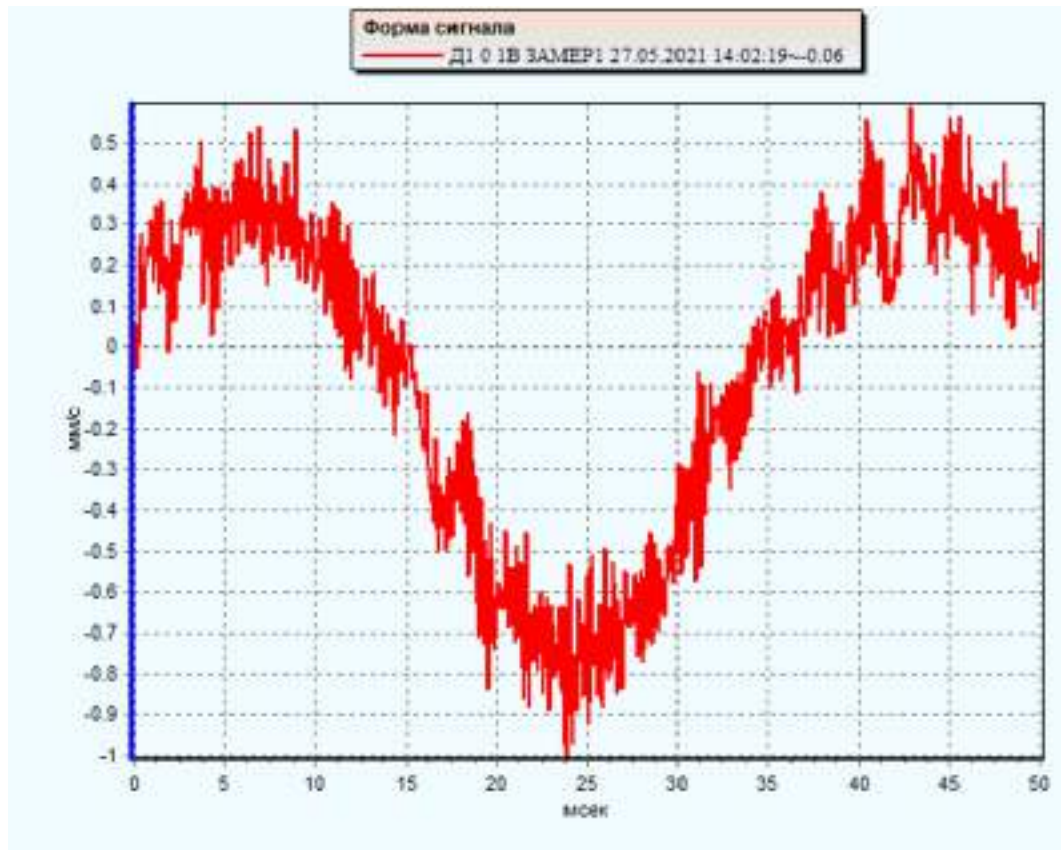


Рис.18. Дамп виброскорости в точке 1 дымососа Д1 в вертикальном направлении

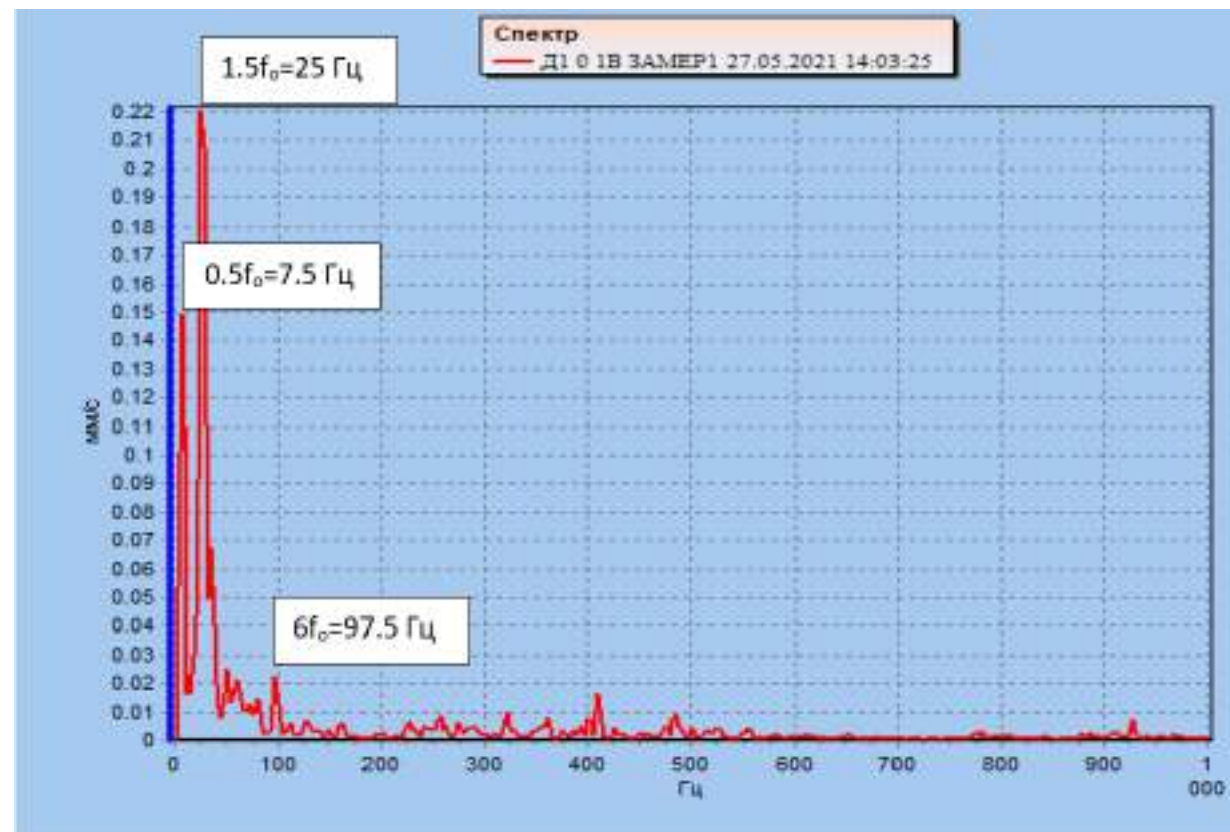


Рис.9. Спектр вибрации дымососа Д1 в вертикальном направлении измерения в т. 1(виброскорость)

# Заключение

- Была создана методическая и техническая базы учебного программно-технического комплекса (УПТК) вибромониторинга на основе программной системы (ПС) «АГАТ-Протокол» и измерительного средства виброанализатор АГАТ (производитель ООО «Диамех 2000»).
- В частности была проведена классификация контролируемого энергомеханического оборудования, разработаны маршрутные карты контроля, выбрана нормативная база оценки вибрации, создана инструкция по работе с ПС и виброанализатором, была сформирована база данных измерений по отдельным типам проведения анализа временных дампов и спектров машин, а также диагностированы отдельные дефекты.