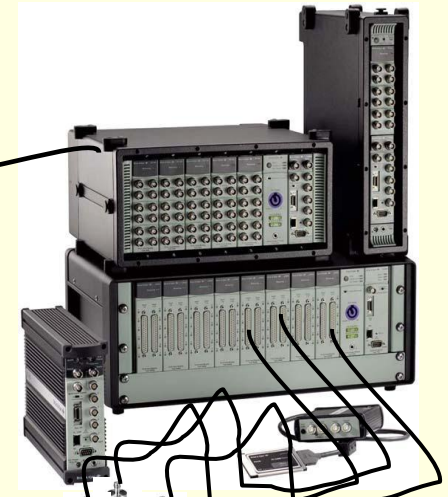


# Прибор для управления вибростендами

**Аскарлов Р.Р.**  
канд. техн. наук,  
доц. каф. ТОЭ, ИЭЭ, КГЭУ

# Проблема

- Повышение качества испытаний на электродинамических вибростендах



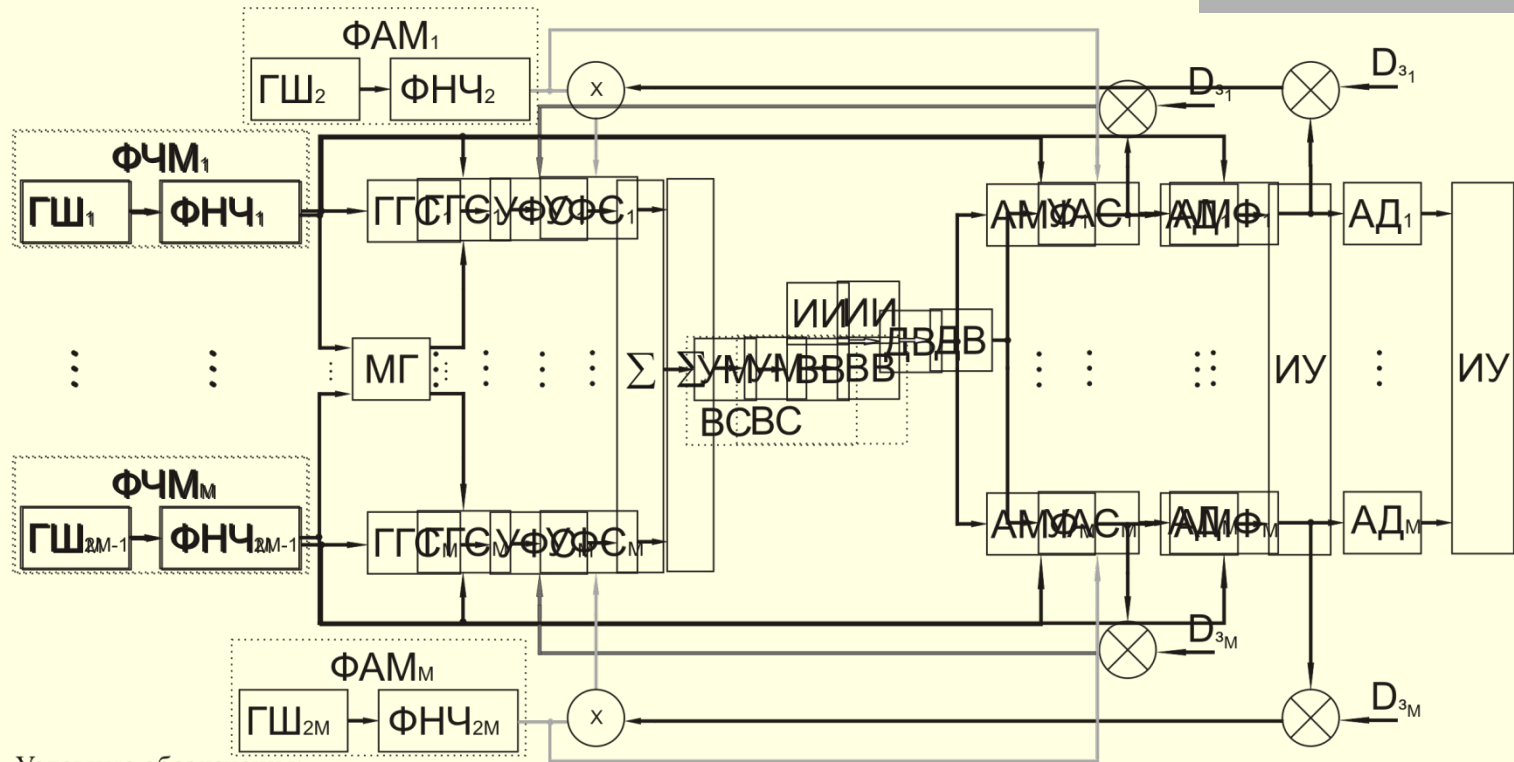
усилитель мощности + вибратор

# Актуальность

---

- Преимущества цифровой техники перед аналоговой (стабильность характеристик аппаратуры, расширение функциональных возможностей, повышение точности формирования вибрации и т.д.)
- В большинстве ситуаций реальные колебания, являются широкополосными случайными нестационарными вибрациями
- Воспроизведение моделей эксплуатационной вибрации позволит получить более достоверные оценки виброндежности испытываемых образцов

# НФВой метод



Условные обозначения:

Условные обозначения:

ФЧМ - формирователь частотной модуляции;  
 ГШ - генератор частотной модуляции;  
 ФНЧ - формирователь частотной модуляции;  
 ГГ - генератор гармонического сигнала;  
 УФ - усилитель формируемого сигнала;  
 УМ - усилитель мощности вибростенда;  
 ВВ - вибростенд гармонического сигнала;  
 УФС - усилитель формируемого сигнала  
 УМ - усилитель мощности вибростенда;

ВС - вибростенд;  
 ИИ - измеритель вибрации;  
 ДВ - датчик вибростенда;  
 АМФ - амплитудный модулированный фильтр;  
 АД - амплитудный детектор;  
 ИУ - индикаторное устройство;  
 УАС - усилитель анализируемого сигнала;  
 АД - амплитудный детектор;  
 ИУ - индикаторное устройство.

# Реализация в виртуальной среде

## Вводите:

**1) частотные диапазоны каналов, Гц**

шкала рабочего диапазона, Гц

канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5
400	400	400	400	400

шкала диапазонов между каналами, Гц

до 1 канала	между 1 и 2	между 2 и 3	между 3 и 4	между 4 и 5
10	10	10	10	10

**2) закон частотной модуляции в канале**

канал 1	канал 2	канал 3
случайный	случайный	случайный
канал 4	канал 5	
случайный	случайный	

введите скорость модуляции, 0...100

канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5
99	99	99	99	99

**3) амплитудные значения в каналах**

среднее амплитудное значение в канале, В

канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

глубина амплитудной модуляции в канале, %

в канале 1	в канале 2	в канале 3	в канале 4	в канале 5
90	90	90	90	90

**4) закон амплитудной модуляции в канале**

канал 1	канал 2	канал 3
случайный	случайный	случайный
канал 4	канал 5	
случайный	случайный	

введите скорость модуляции, 0...100

канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5
99	99	99	99	99

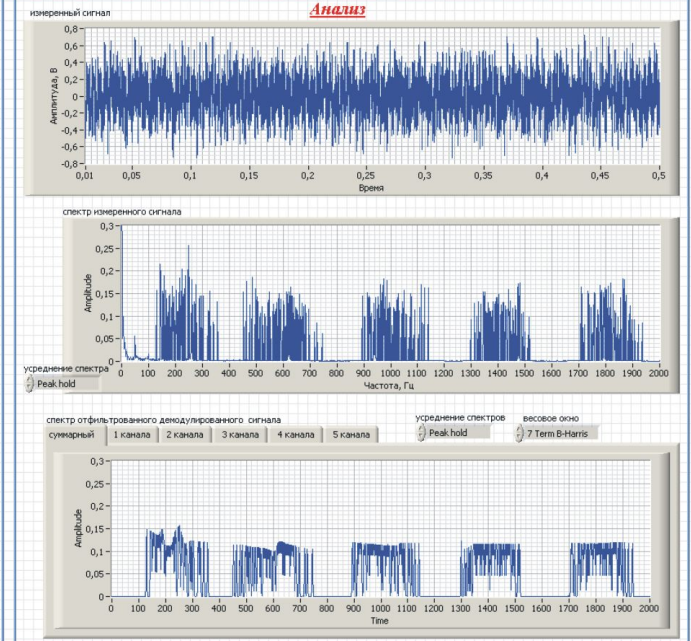
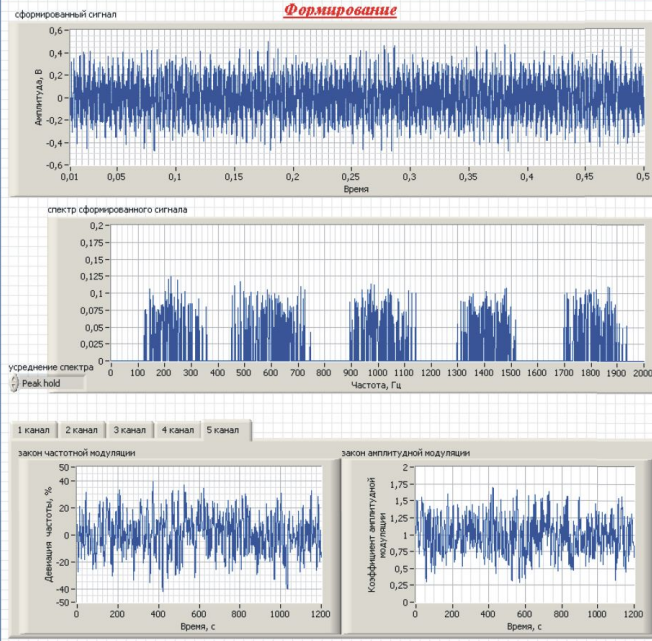
**5) частота дискретизации формируемого сигнала**

50000

**6) время испытаний, с**

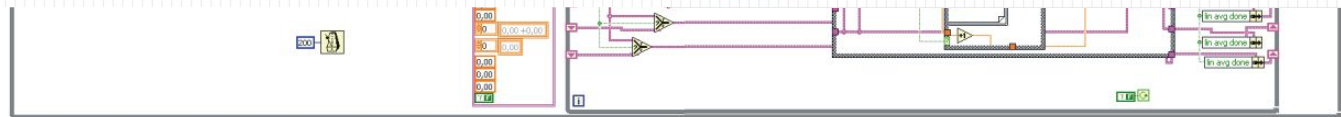
1200

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:**  
английское значение формируемого сигнала не должно превышать 1

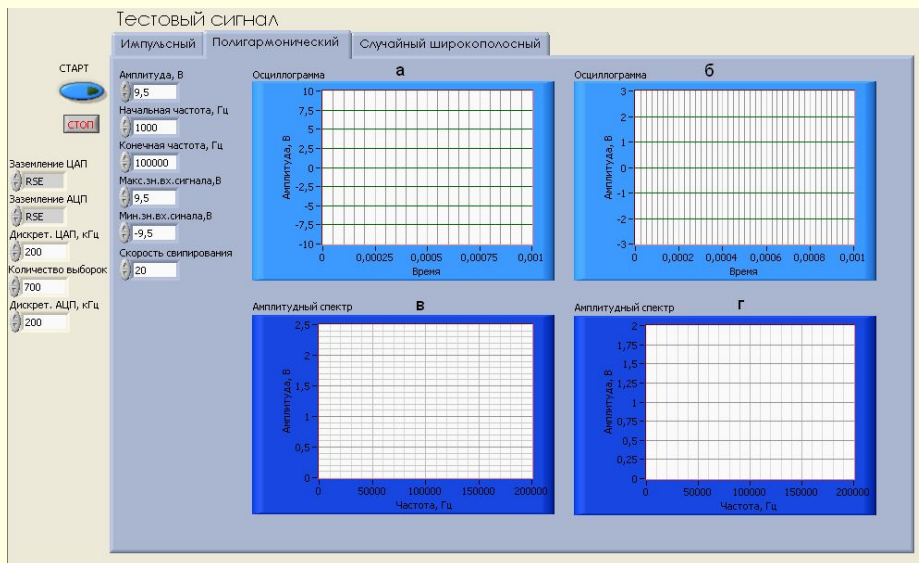


остановка программы

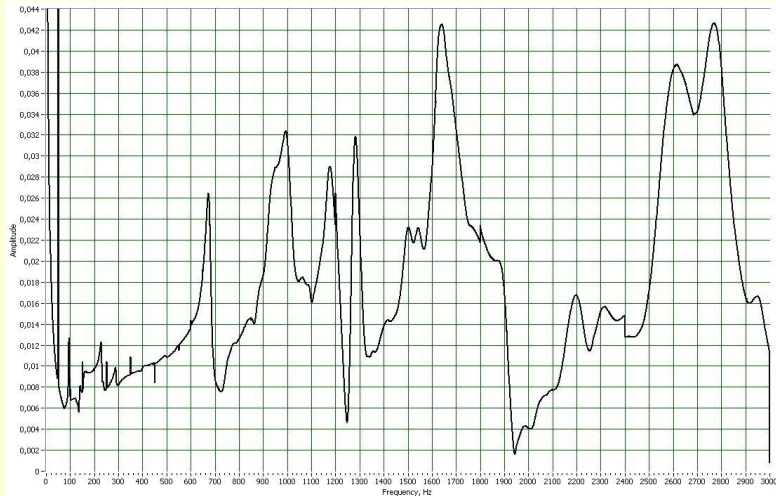
СТОП



# АПК для измерения АЧХ

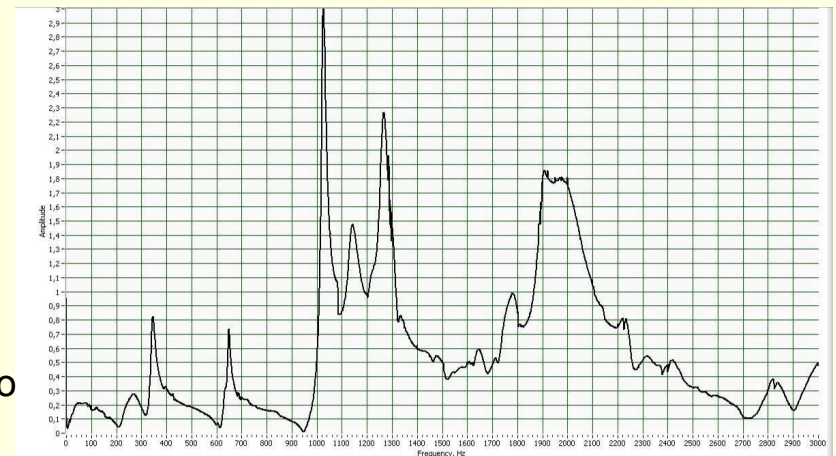


# Измеренные АЧХ вибростендов



АЧХ вибротракта электродинамического  
стенда ВЭДС-400А

АЧХ вибротракта электродинамического  
стенда DPA-8 (Ling Dynamic Systems)



# План реализации проекта

---

- Измерения и исследования АЧХ вибростендов при нагружении изделием и боковых составляющих вибровозбудителя
- Исследование зависимостей:
  - точности формирования вибрации от добротности резонансов АЧХ
  - расширения спектра от скорости модуляции
- Определение взаимной корреляции соседних каналов от параметров модулирующих функций
- Выбор параметров модулирующих колебаний и анализирующих фильтров по заданной точности формирования вибрации
- Анализ и выбор вейвлетов для частотно-временного анализа сигналов
- Разработка АПК:
  - написание программы
  - апробация и адаптация устройства для работы на отечественных и зарубежных вибростендах
- Маркетинговые исследования
- Участие в научно-технических конференциях, семинарах и специализированных выставках



# Аппаратно-программный комплекс



специализированное ПО



компьютер

Динамический диапазон > 100 dB  
Частотный диапазон до 10 кГц  
Количество каналов 4  
Погрешность < 1%

Реализуются  
предлагаемый новый метод  
+ все стандартные методы:

- 1) испытание на фиксированных режимах гармонической вибрации;
- 2) испытание на гармоническую вибрацию с частотной модуляцией в некотором частотном диапазоне;
- 3) испытание на полигармонические вибрации;
- 4) испытание на широкополосную случайную стационарную вибрацию;
- 5) испытание на узкополосную случайную стационарную вибрацию;



плата АЦП-ЦАП

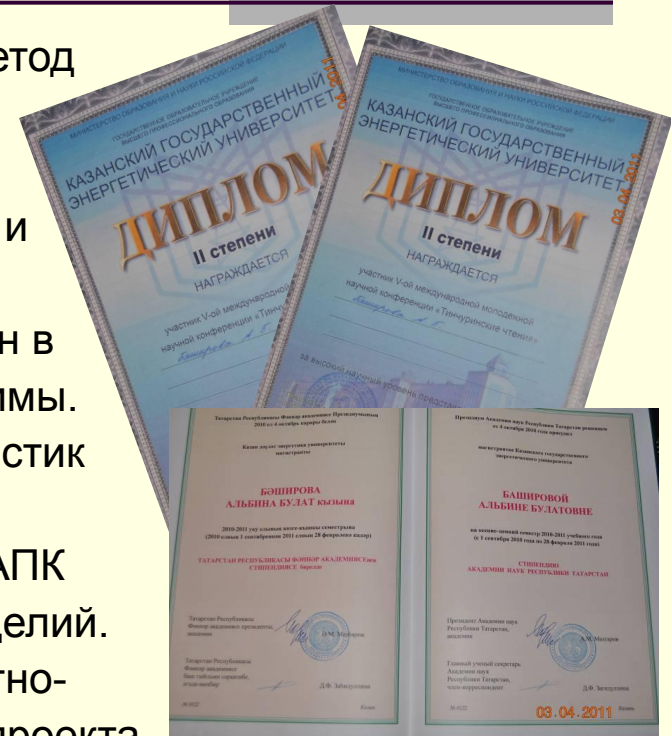


усилитель мощности + вибратор

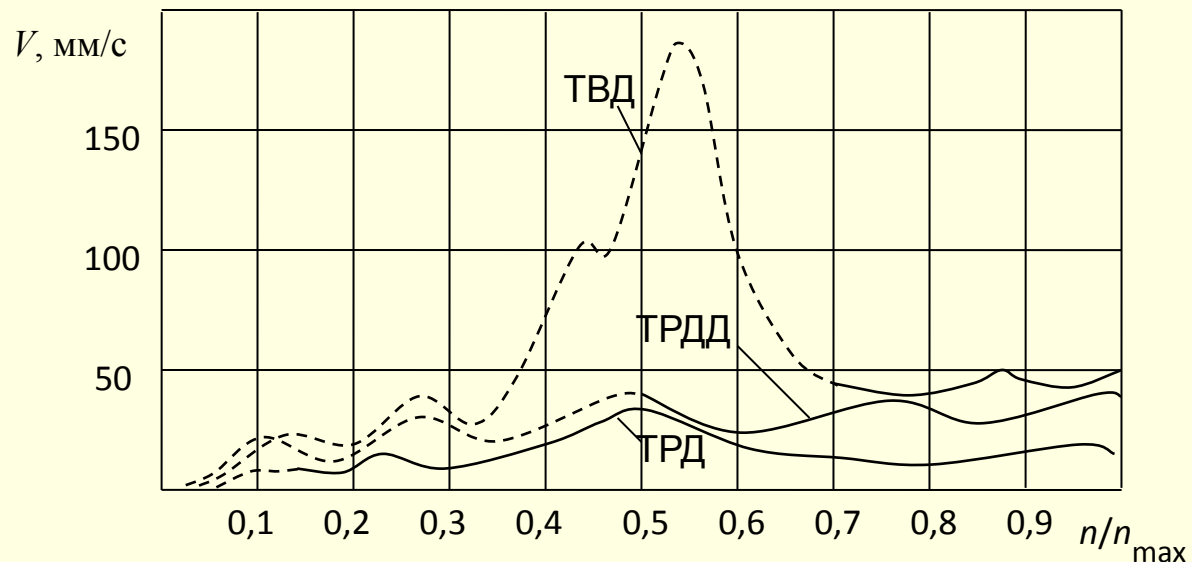


# Выводы

- 1. Новизна и актуальность идеи.** Предложенный метод формирования широкополосной случайной нестационарной вибрации патентоспособен. Современные АПК имеют лучшие эксплуатационные и метрологические характеристики.
- 2. Научный задел.** Новый метод успешно реализован в виртуальной среде созданной компьютерной программы. Разработан АПК для измерения частотных характеристик вибростендов.
- 3. Техническая значимость.** Применение метода и АПК повысит точность определения вибронадежности изделий.
- 4. Срок превращения.** Идея будет доведена до опытно-промышленного образца за время финансирования проекта.
- 5. План реализации проекта.** Проведены научные и предварительные маркетинговые исследования, которые позволяют сделать вывод о целесообразности проекта и спланировать этапы коммерциализации научной разработки.



# Актуальность



Изменение роторной виброскорости двигателей самолетов при изменении частоты вращения ротора: - - - в процессе пуска; — на рабочих режимах

# Дополнительная информация

$$\varepsilon_{\Sigma}^2 = \varepsilon_{\text{см}}^2 + \varepsilon_{\text{сл}}^2 + \varepsilon_{\text{нс}}^2 = \frac{\Delta\omega_a^4}{576(2\pi)^4} \left[ \frac{G_a''(\omega)}{G_a(\omega)} \right]^2 + \frac{2\pi}{\Delta\omega_a T_a} + \frac{T_a^4}{576} \left[ \frac{B''(t)}{B(t)} \right]^2$$

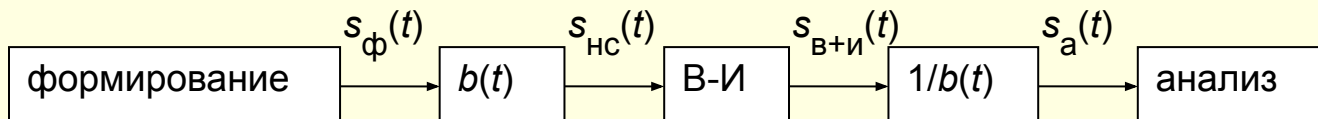


Схема испытаний на нестационарную вибрацию

# Приобретаемые устройства

<b>Устройство</b>	<b>Спецификация</b>	<b>Стоимость, тыс.руб.</b>
Ноутбук	Sony VAIO VPC-EA3S1R/L 14", Core i3, 4 Гб, 1600 x 900, 500 Гб, DVD, LAN, 3xUSB 2.0	33,5
Плата АЦП-ЦАП	NI USB-4431 TEDS, IEPE, BNC, Delta-Sigma ADC, 4 входа $\pm 10\text{В}$ , 102.4 кГц, 24 бит, 1 выход $\pm 3.5\text{В}$ , 96 кГц, 24 бит,	75,9
Вибродатчик	Brüel&Kjær 4525-B-001 TEDS, IEPE, пьезоэлектрический, трёхосевой, кабель 3 м, 10 кГц, 100 мВ/г, 6 г, $\pm 50\text{г}$ , М3, корпус титан	97
<b>Итого:</b>		<b>206,4</b>

# Единовременные затраты

<b>Составляющие</b>	<b>Описание</b>	<b>Стоимость, тыс.руб.</b>
Программное обеспечение	• NI LabVIEW Base	51,1
	• NI LabVIEW Application Builder	34,5
Регистрация юрлица	МИП при КГЭУ, ООО по УСН	20,8
Регистрация программы в ФИПС	Алгоритм и дистрибутивы созданных компьютерных программ	2,6
Сертификация, внесение в реестр	Сертификация типа средства измерения (94 4140 ОКП по ОК 005-93) в ТатЦСМиС и ВНИИМС, разработка эксплуатационных документов ГОСТ 2.610-2006 и РМГ 51-2002	37,1
<b>Итого:</b>		<b>146,1</b>

# Этапы коммерциализации на 5 лет

---

1. Подача заявки на патент
2. Проведение маркетинговых исследований (перечень потенциальных потребителей, емкость рынка, прогноз продаж и др.)
3. Приобретение устройств и программной среды
4. Разработка АПК:
  - написание программы
  - апробация и настройка прибора для работы на вибростендах
5. Создание юридического лица
6. Привлечение дополнительных средств (конкурсы КРП РТ, Зворыкинская премия, программа льготного кредитования Мэрии Казани, и др.)
7. Регистрация программы
8. Сертификация АПК
9. Продвижение продукции на рынке:
  - участие в научно-технических конференциях и семинарах
  - участие в специализированных выставках
  - адресная рассылка информации о разработке
  - презентация разработки на вибростендах предприятий
10. Заключение договоров с потребителями и продажа прибора.