

Национальный исследовательский  
Томский Политехнический Университет

**«Диагностика технологических систем,  
устройства и способы ее защиты от  
вибраций»**

**Руководитель:  
доц. к.т.н. Гаврилин А.Н.**

- 
- The background of the slide features a large, semi-transparent image of interlocking gears. The gears are rendered in a light yellowish-green color. Overlaid on the gears is a white wireframe grid that follows the circular and radial patterns of the gear teeth, creating a technical or engineering aesthetic. The overall background is a gradient of blue, transitioning from a darker shade at the top to a lighter shade at the bottom.
- **ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА ТС И ОПЕРАТОРА.**





При значительных уровнях вибрации в диапазоне частот 4—10 Гц человек может испытывать болевые ощущения и дискомфорт вследствие резонансных колебаний системы «грудь—живот». Резонансы головы (8—27 Гц) вызывают снижение остроты зрения вследствие смещений изображения объекта относительно сетчатки глаза. На рис. 5 представлены предельные среднеквадратические значения виброускорения  $\tilde{a}_z$ , превышение которых вызывает заметное ухудшение остроты зрения [259].

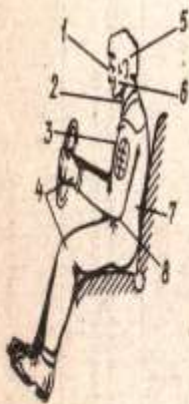
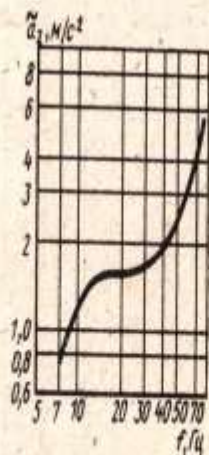


Рис. 4. Резонансные частоты тела человека:

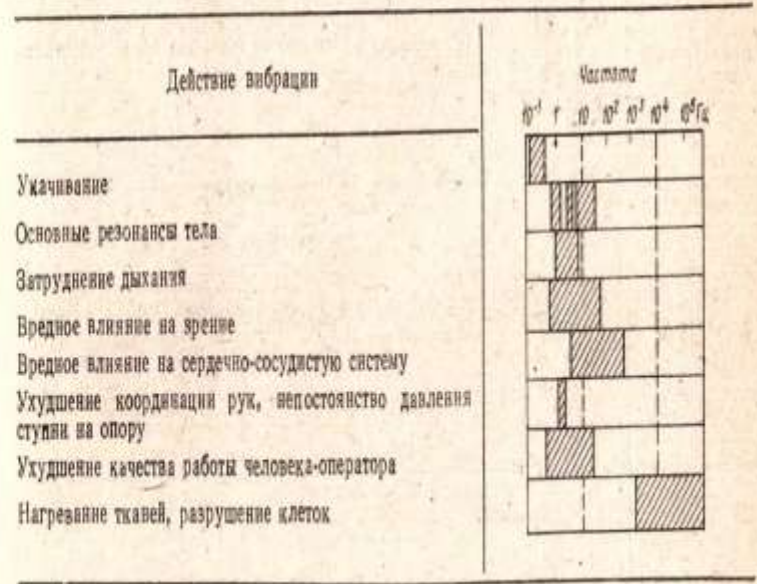
1 — глаза 12—27 Гц; 2 — горла 6—27 Гц; 3 — грудной клетки 2—12; 4 — ног, рук 2—8 Гц; 5 — головы 8—27 Гц; 6 — лица и челюсти 4—27 Гц; 7 — поясничной части позвоночника 4—14 Гц; 8 — живота 4—12 Гц

Рис. 5. Предельные среднеквадратические значения виброускорения  $\tilde{a}_z$ , превышение которых вызывает ухудшение остроты зрения



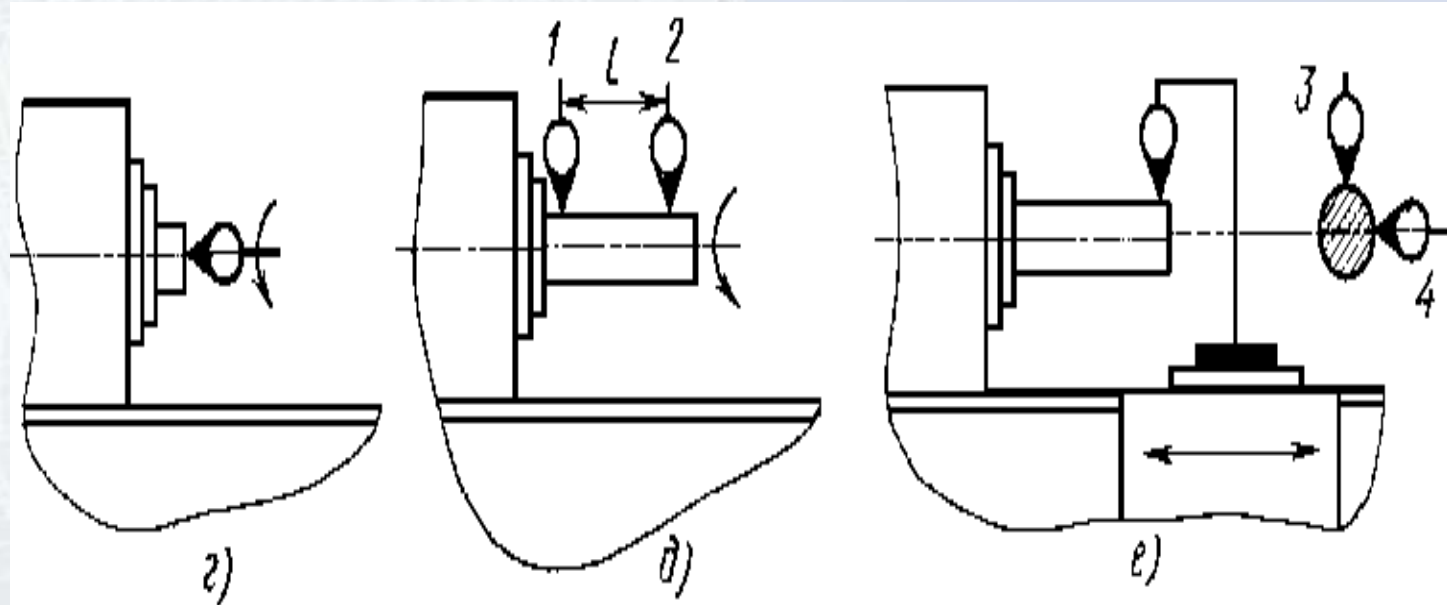
личением уровня вибрации дисперсия ошибок оператора возрастает, а характер распределения становится бимодальным, что обусловлено появлением регулярной составляющей в функции ошибки, частота которой совпадает с основной частотой вибрационного воздействия.

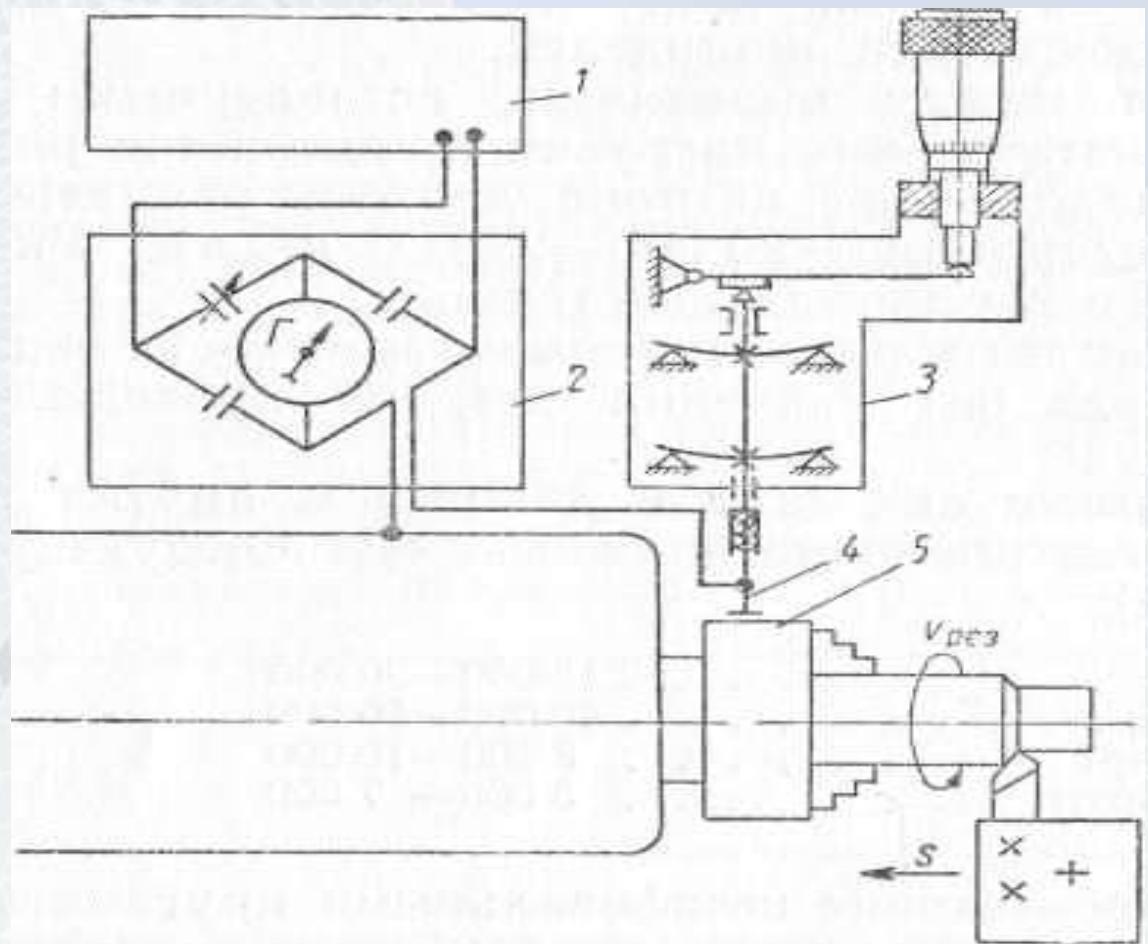
### 5. Области частот вредного действия вибрации на человека



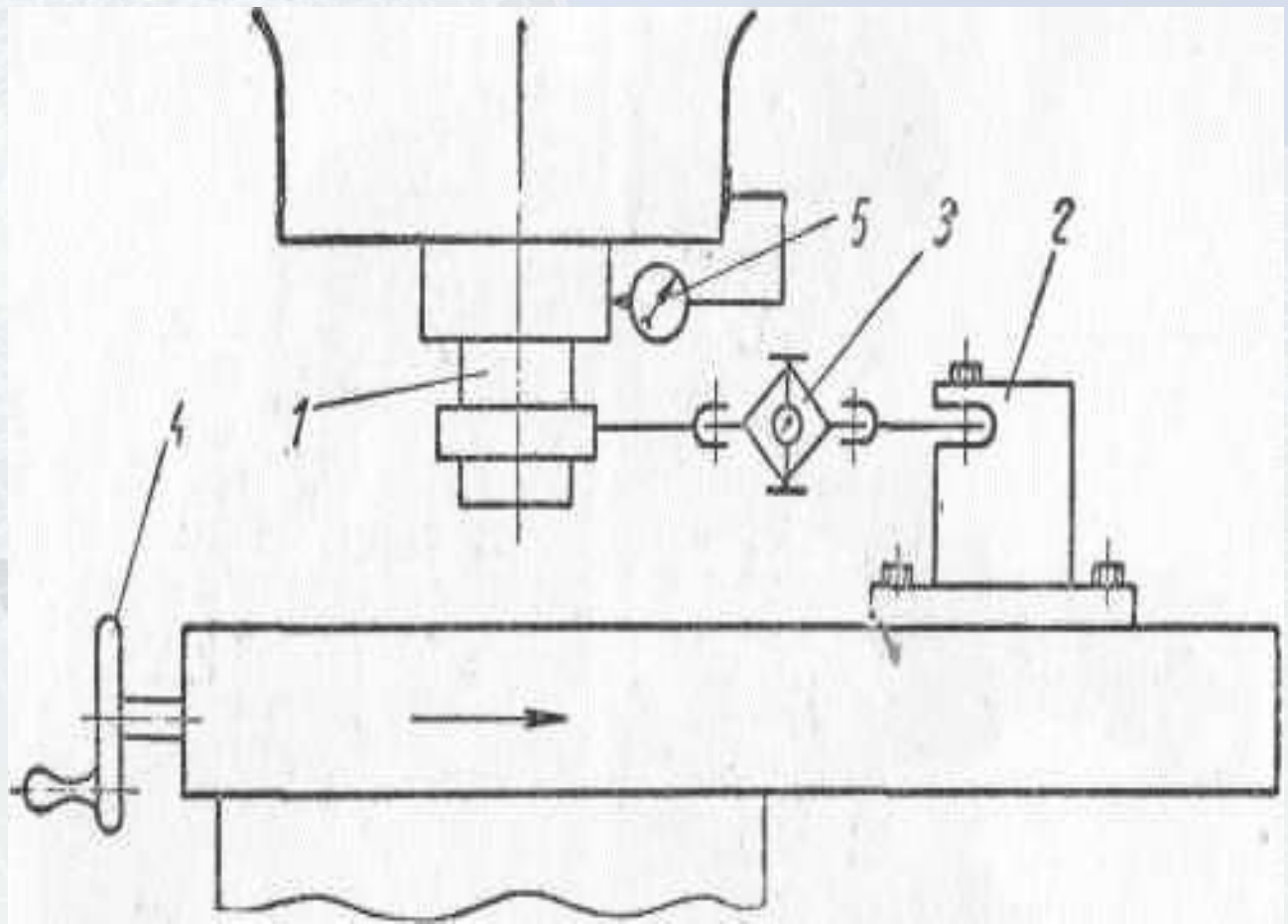
The background features a blue gradient with several overlapping gears. The gears are rendered in a semi-transparent, wireframe style, showing their internal structure. The largest gear is in the foreground, with its teeth pointing towards the top right. Other gears are visible behind it, creating a sense of depth and mechanical complexity.

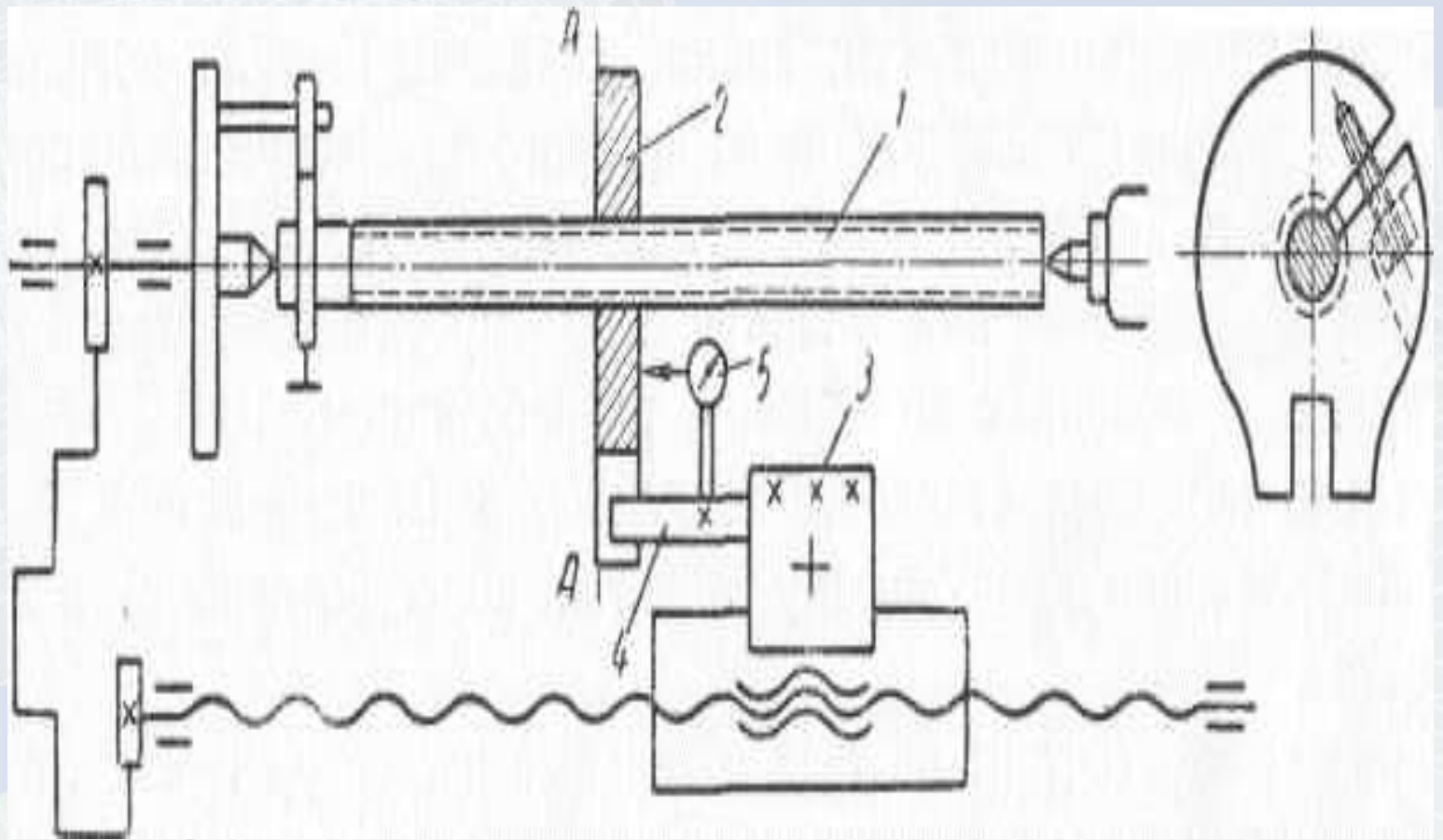
# СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ ТС.











# Актуальность работы

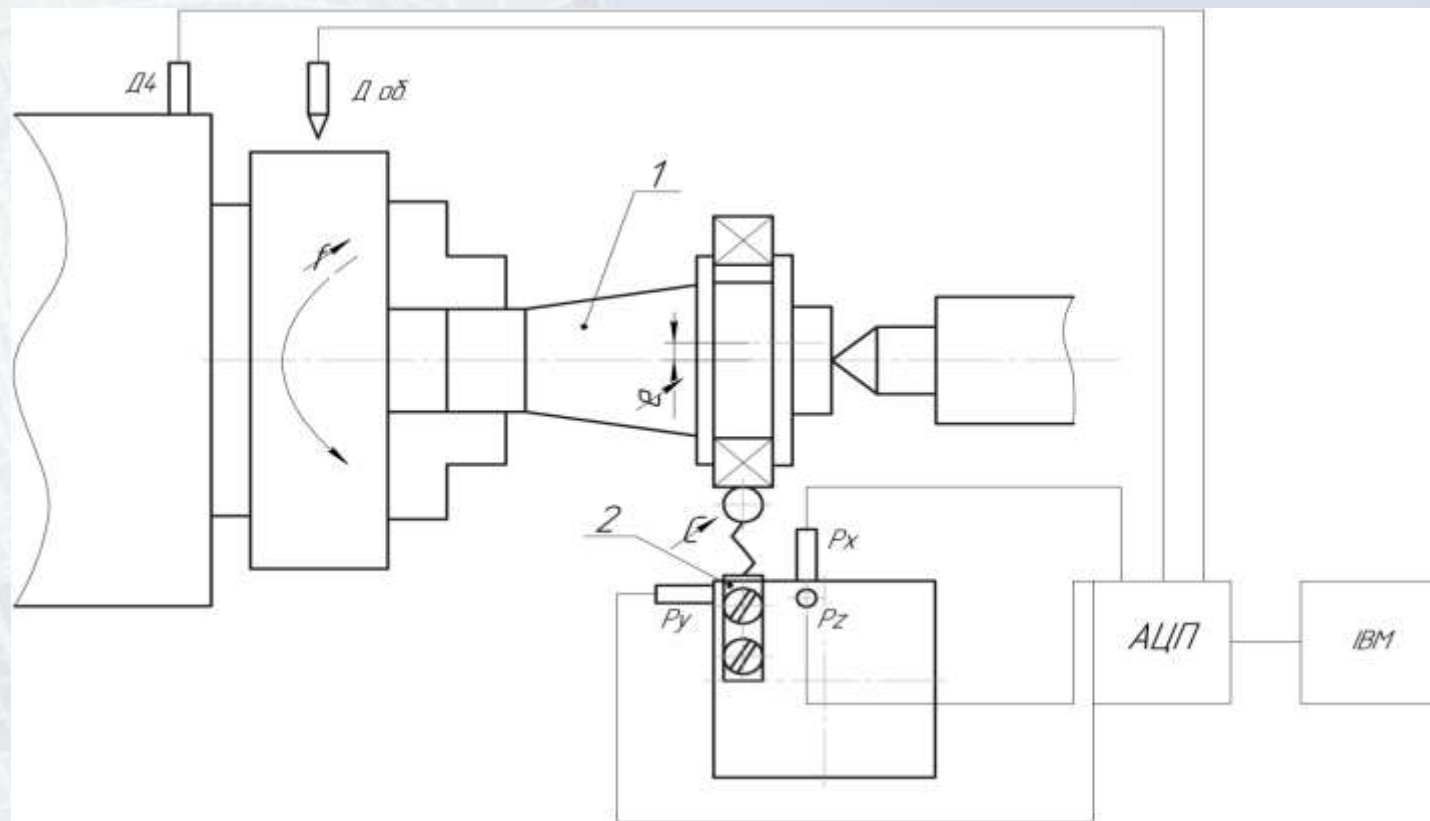
Важнейшими условиями технического прогресса в машиностроении являются рост производительности и точности механической обработки деталей. При этом одним из главных ограничивающих факторов являются вибрации.

Вибрации приводят к получению шероховатости поверхности, повышенному наклепу поверхностных слоев, снижению точности обработки и стойкости инструмента.

В связи с этим разработка средств и способов защиты от вибраций относится к числу важнейших научно-технических проблем в различных областях техники и производства.

# Поставленные задачи

1. Изучение механизма возникновения вибраций при обработке и анализ существующих способов снижения вибраций технологической системы станка;
2. Разработка и исследование математических моделей динамических процессов при работе ТС с применением виброгасителей;
3. Разработка конструкции виброгасителей.
4. Разработка методов снижения уровня вибраций оптимизацией режимов обработки и геометрии инструмента.

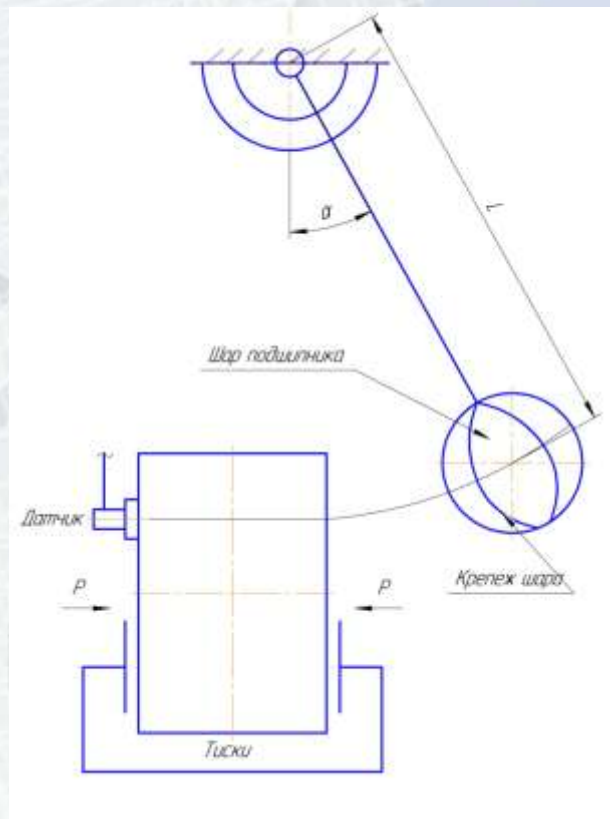


Конструкционная реализация определения резонансных частот ТС способами:  
 а) импульсного воздействия и б) «встроенного» генератора

- Имитатор технологической нагрузки для определения динамических характеристик ТС.



Имитатор импульсного нагружения для определения динамических характеристик ТС.



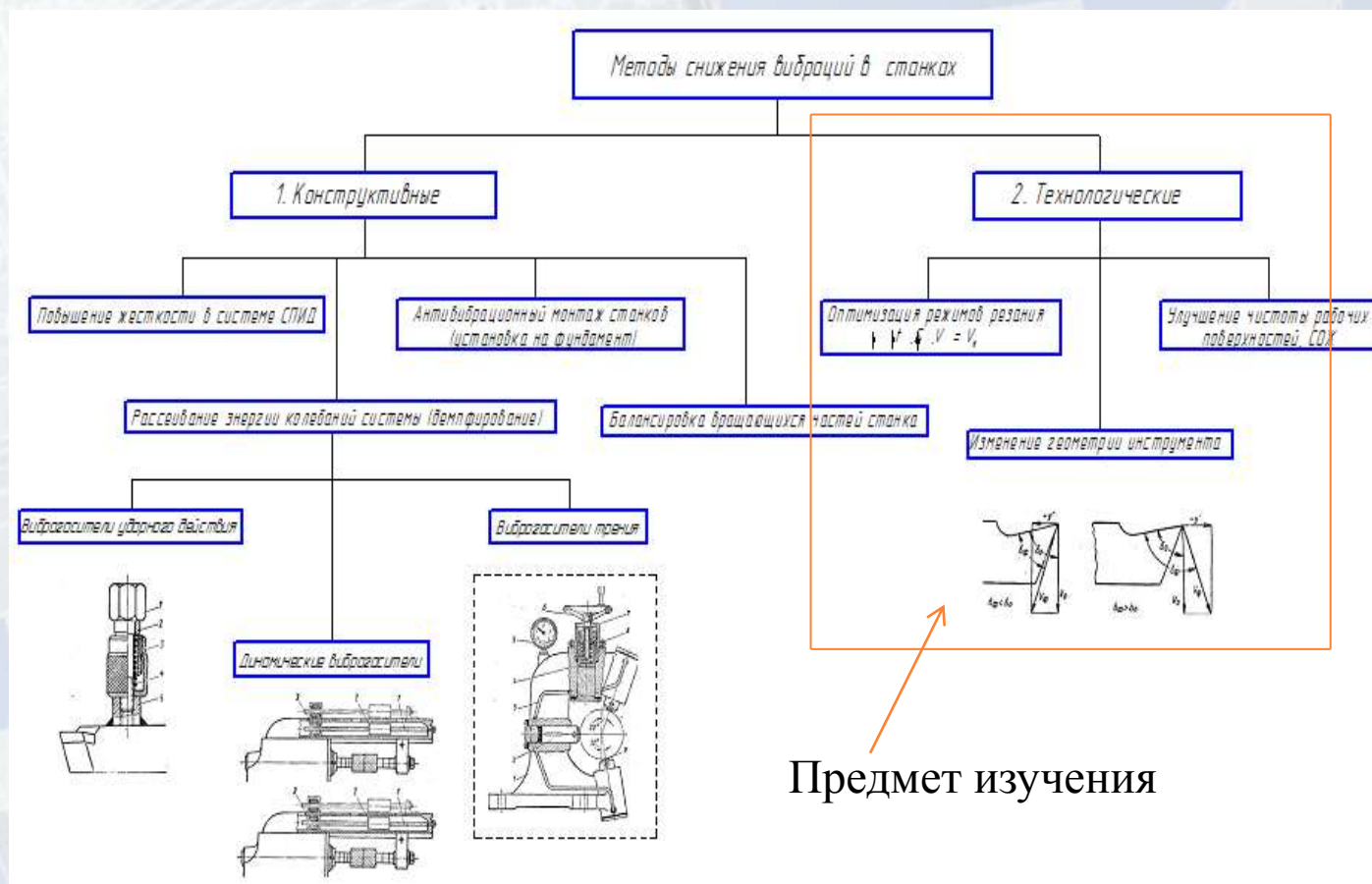
Стенд для определения резонансных частот  
ТС при импульсном нагружении.







# Методы снижения вибраций ТС



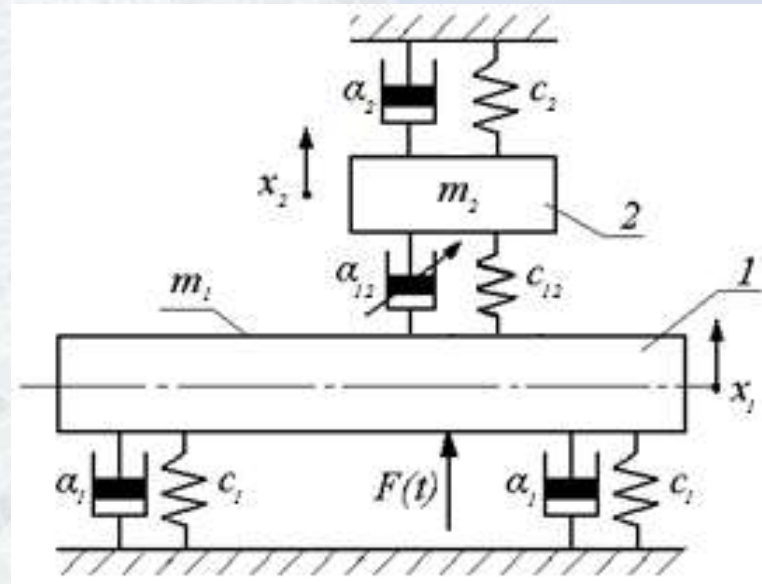
- 
- СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ  
КОНСТРУКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ.

# Демпфирование колебаний виброгасителями

Динамическое гашение колебаний осуществляется присоединением к объекту виброзащиты дополнительных устройств с целью изменения их вибрационного состояния за счет силовых воздействий, передаваемых на объект.

- Виброгасители ударного типа;
- Инерционные динамические виброгасители;
- Виброгасители трения.

# Модель люнета-виброгасителя



$$\ddot{x}_1 = \frac{1}{m_1} (F(t) - \alpha_1 \dot{x}_1 - c_1 x_1 - \alpha_{12} (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - c_{12} (x_1 - x_2)), \quad (1)$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{1}{m_2} (-\alpha_2 \dot{x}_2 - c_2 x_2 - \alpha_{12} (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - c_{12} (x_2 - x_1)), \quad (2)$$

$$\text{при } (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) > 0 \quad \alpha_{12} = \alpha, \quad \text{при } (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) < 0 \quad \alpha_{12} = 0. \quad (3)$$

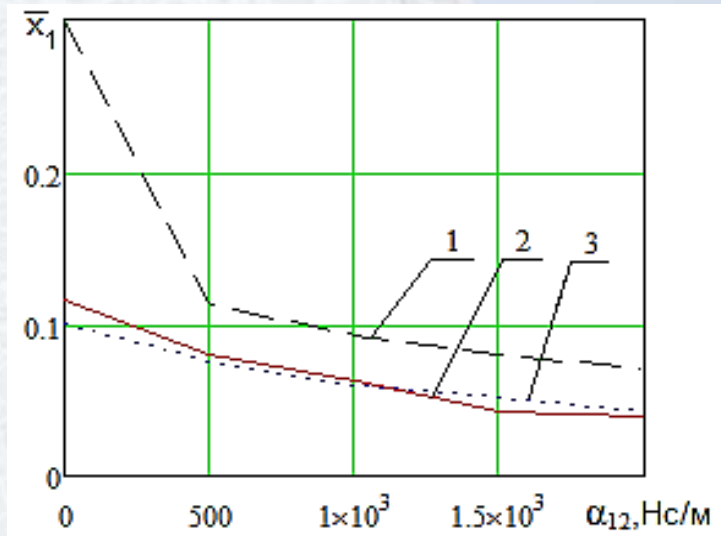
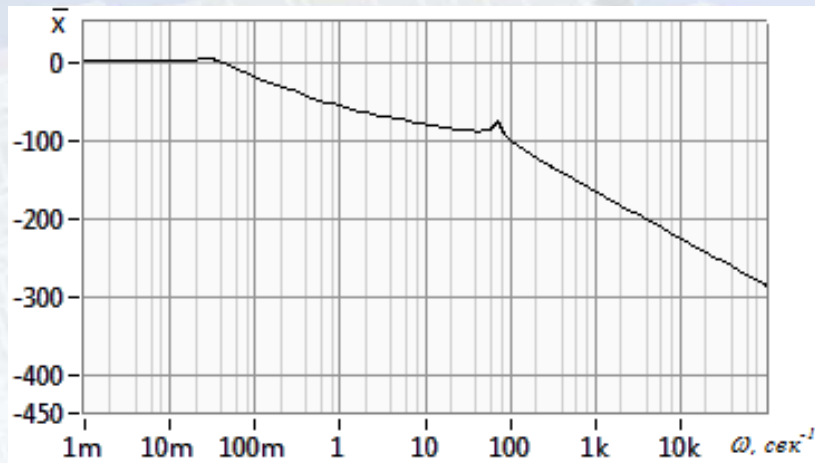
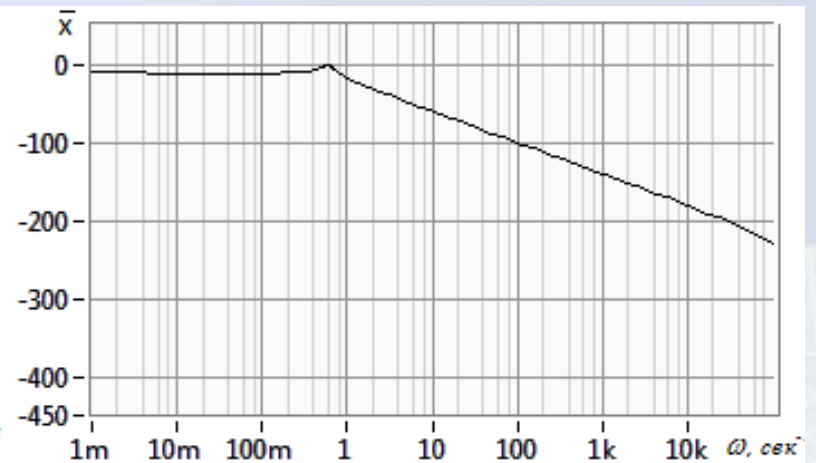


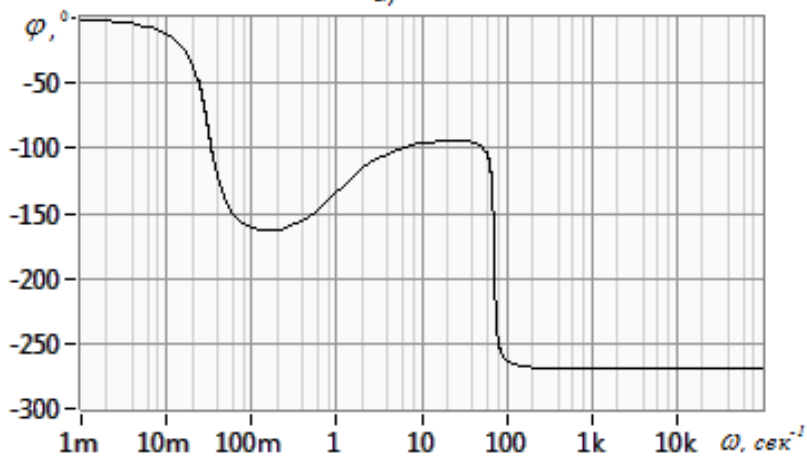
Рисунок 5. Подбор оптимальных значений  $\alpha_{12}$  :  
 1 –  $c_2/c_1 = 0,005$ , 2 –  $c_2/c_1 = 0,01$ , 3 –  $c_2/c_1 = 0,1$



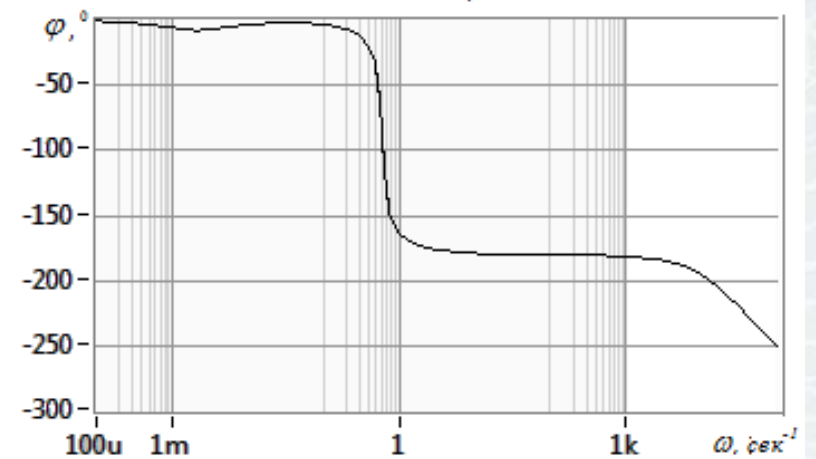
a)



б)



в)



г)

ЛАФЧХ системы с гасителем при соотношениях жесткостей  $c_1/c_2=0,1$  ,  
 $\alpha_{12}/\alpha_1 = 400$  : а, в – без гасителя, б, г – с гасителем

# Оценка устойчивости системы с люнетом-виброгасителем

Передаточная функция системы

$$W(s) = \frac{0,01 + 400s}{3,03s^4 + 1616s^3 + 812,04s^2 - 4411s + 0,12}, \quad (4)$$

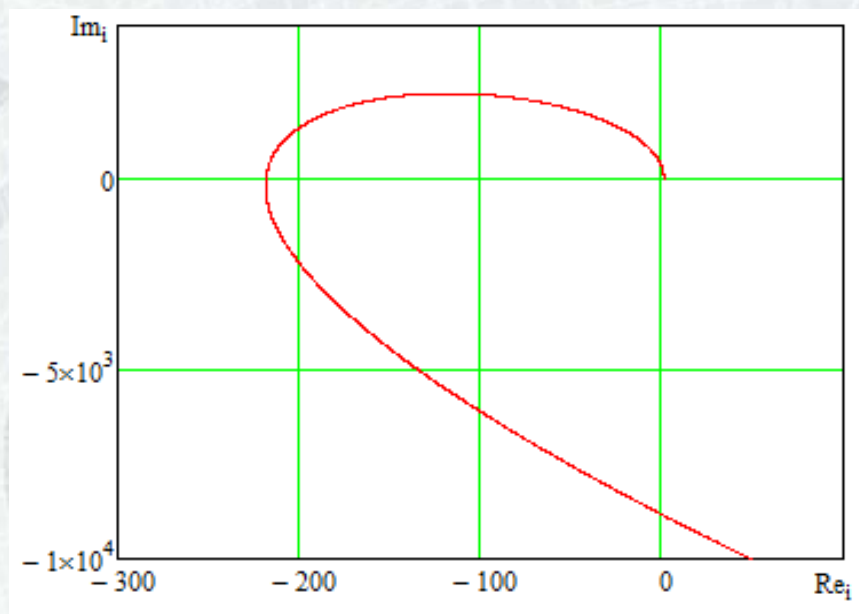


Рисунок 6. Годограф характеристического уравнения системы



# Конструкция люнета-виброгасителя

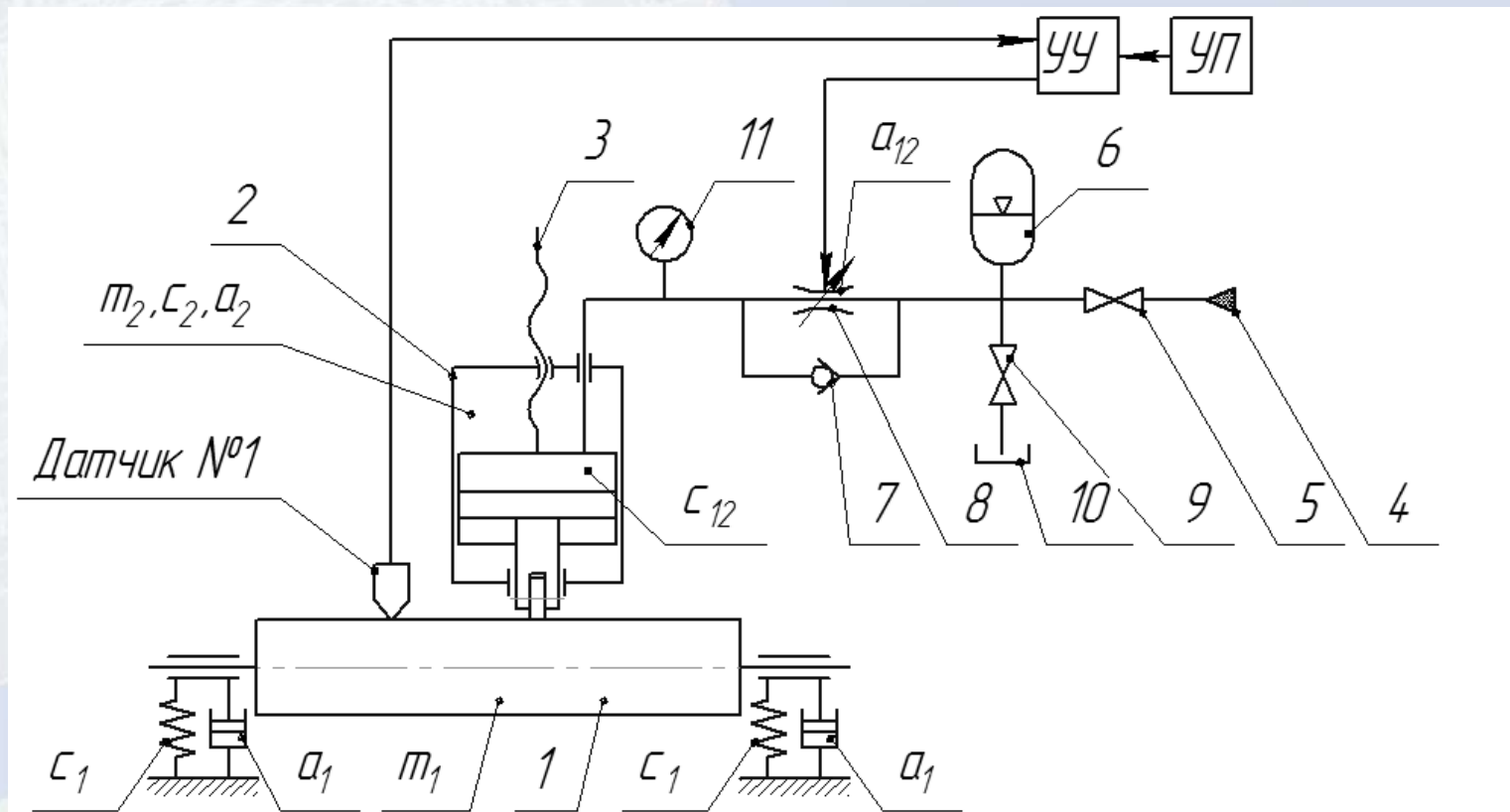


Рисунок 7. Кинематическо-гидравлическая схема люнета-виброгасителя

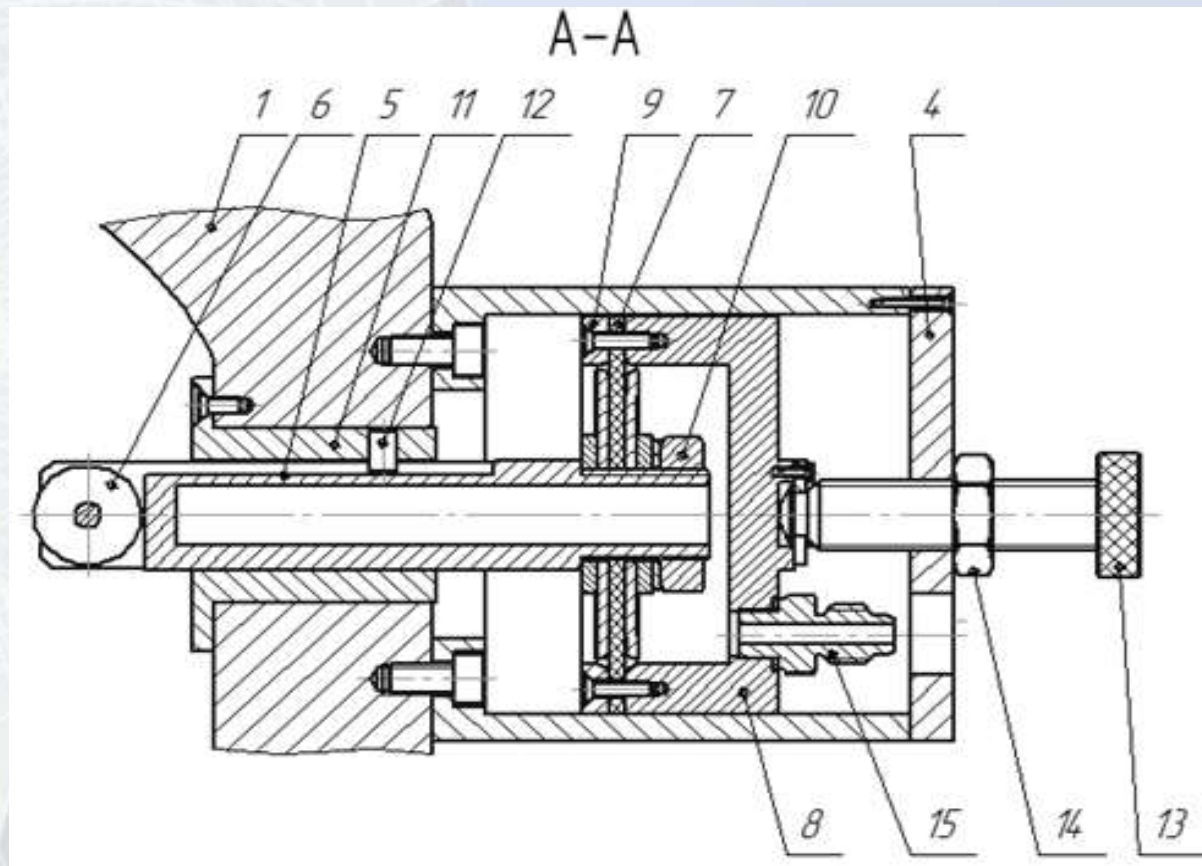
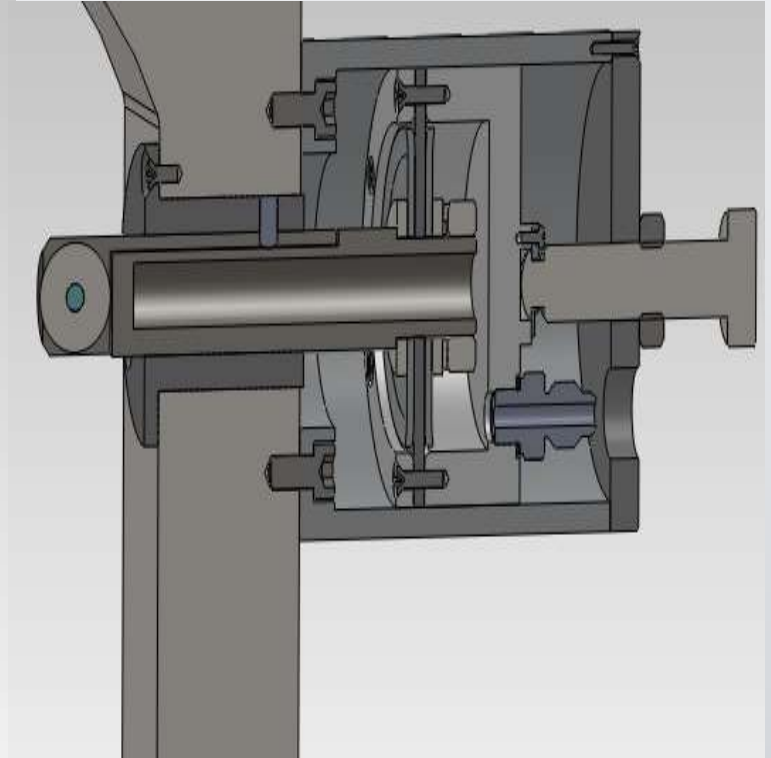
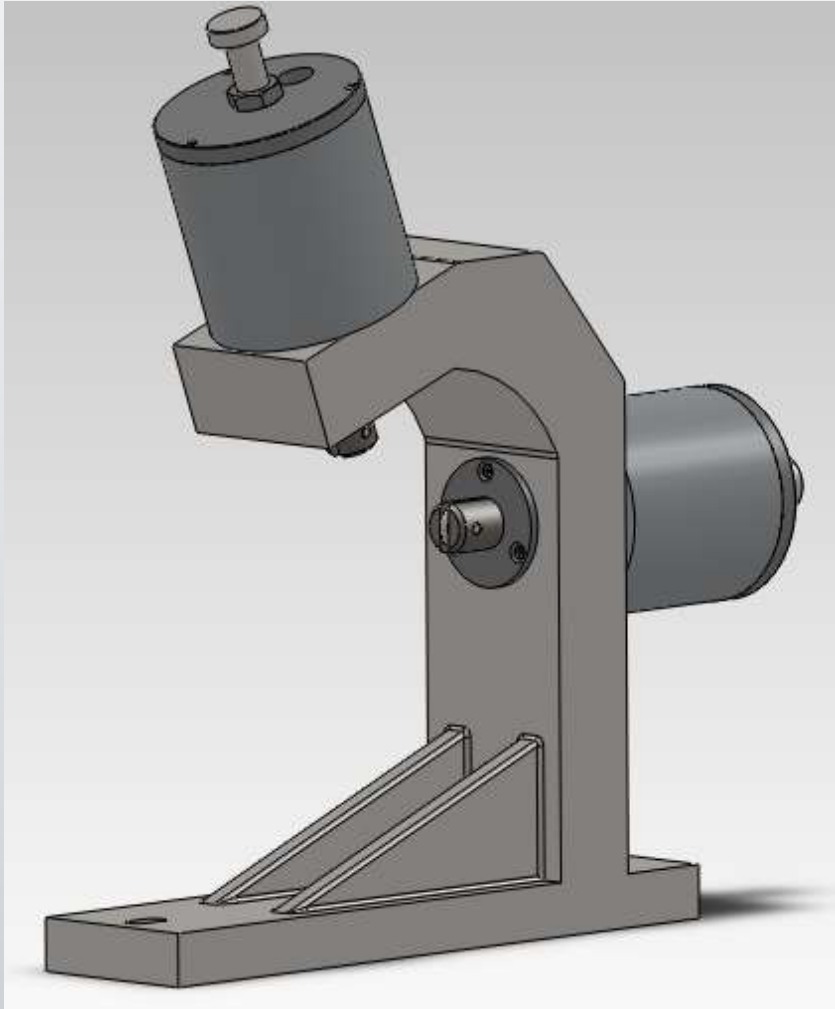


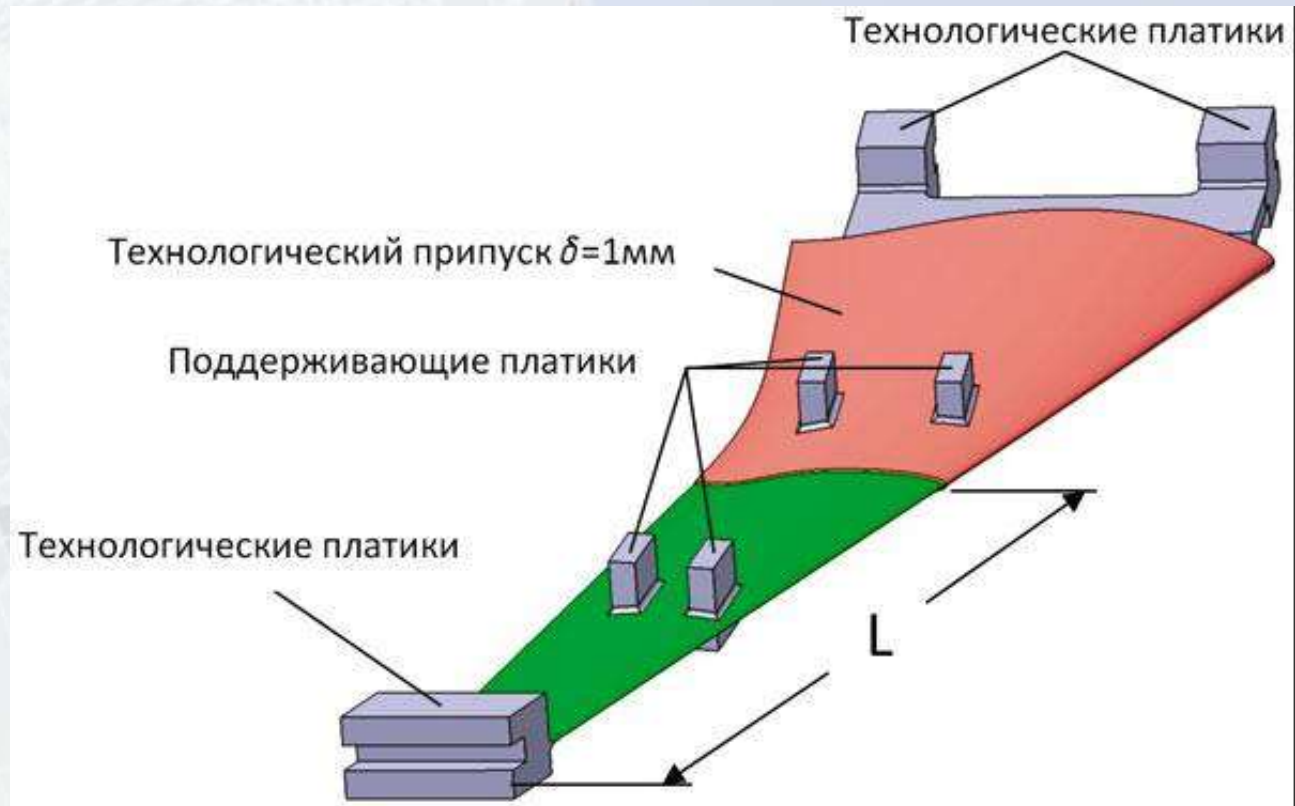
Рисунок 8. Конструкция рабочего цилиндра люнета-виброгасителя

# 3D модель люнета-виброгасителя

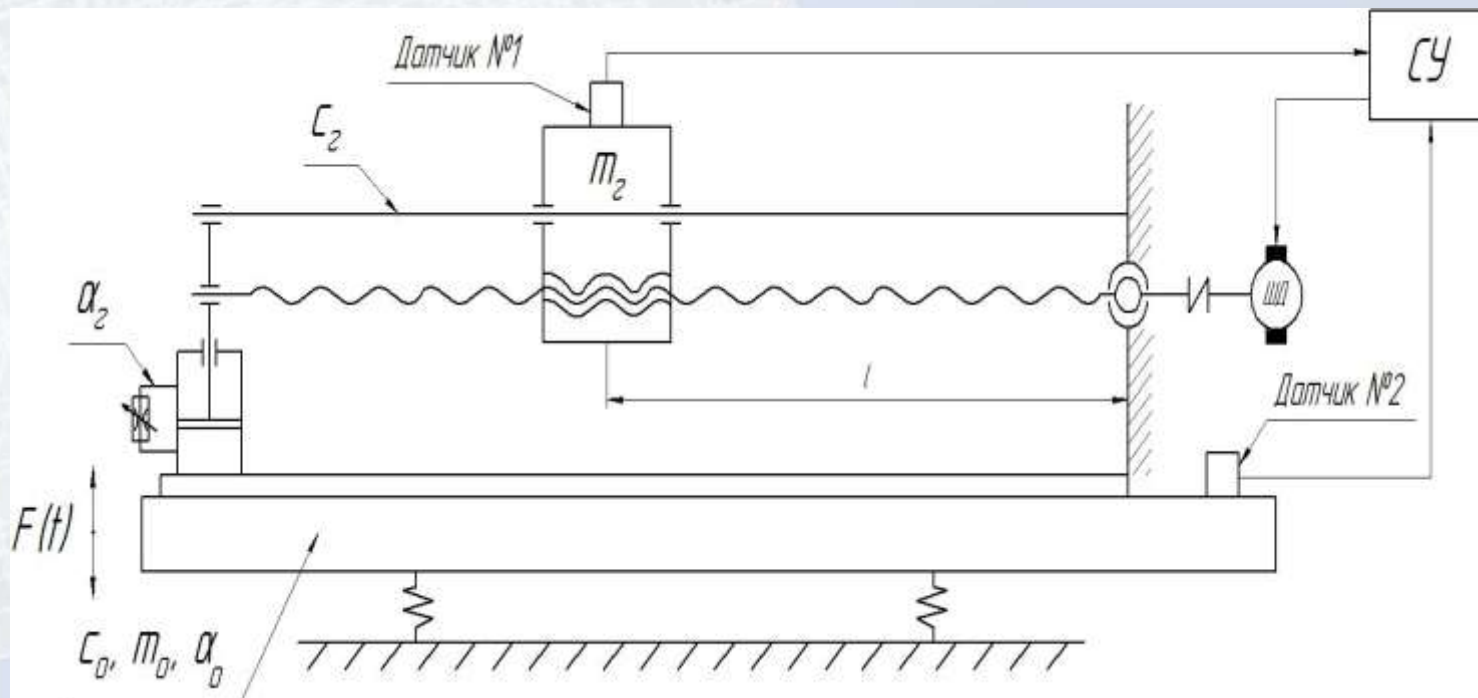


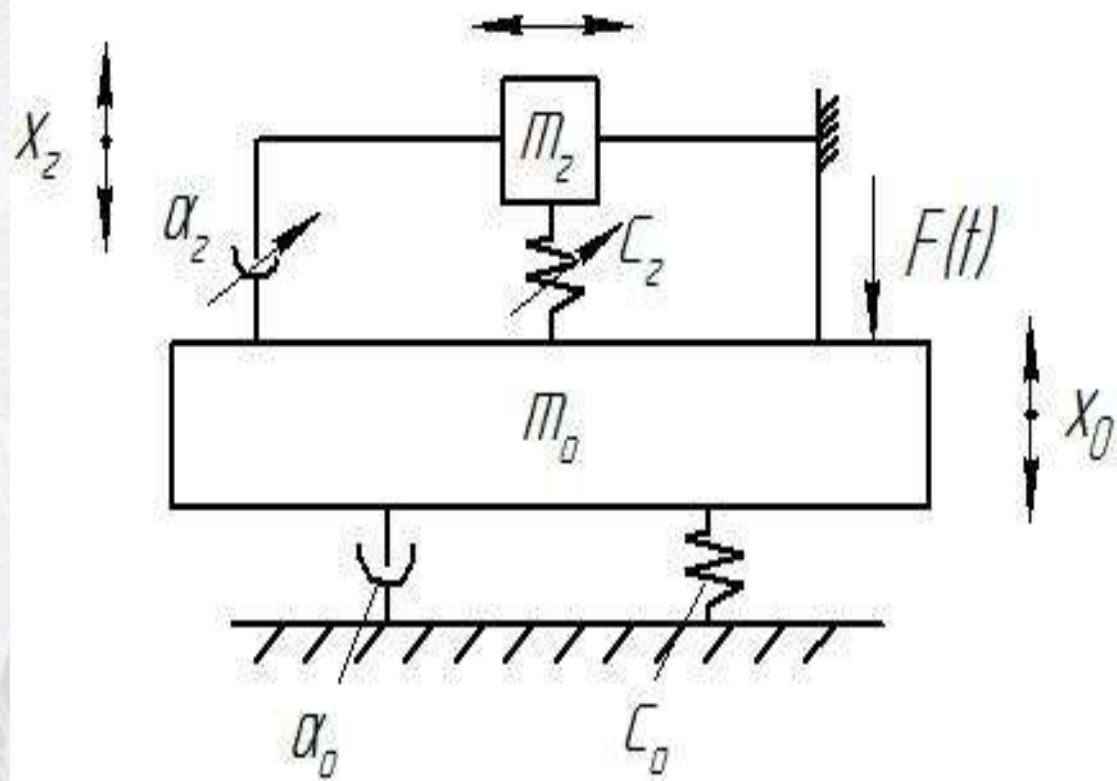




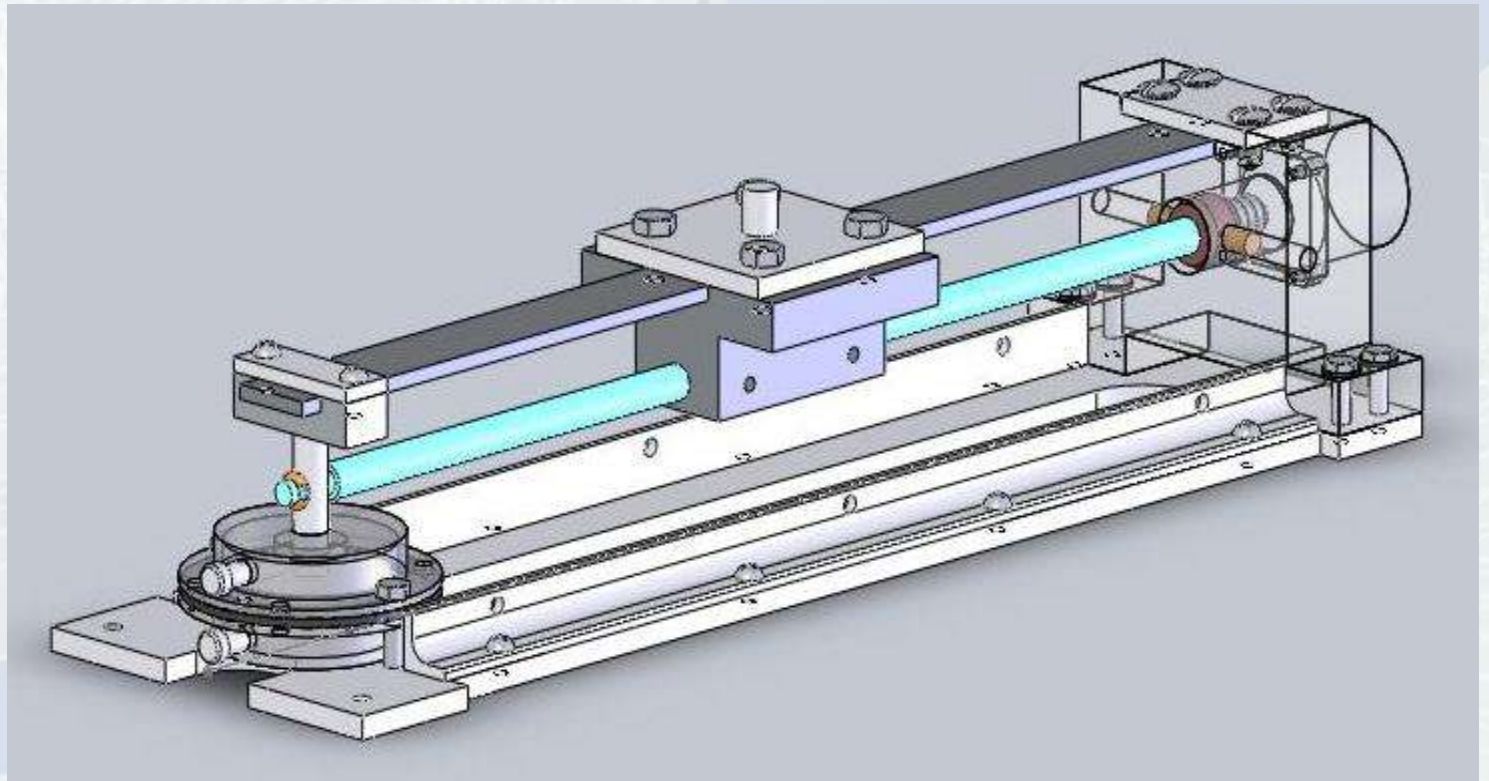


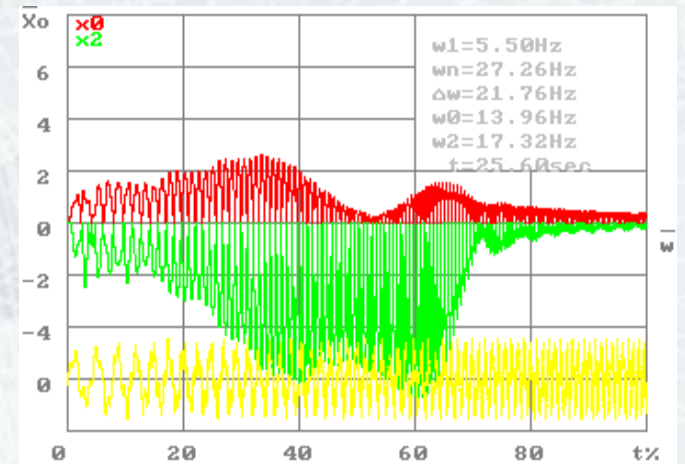
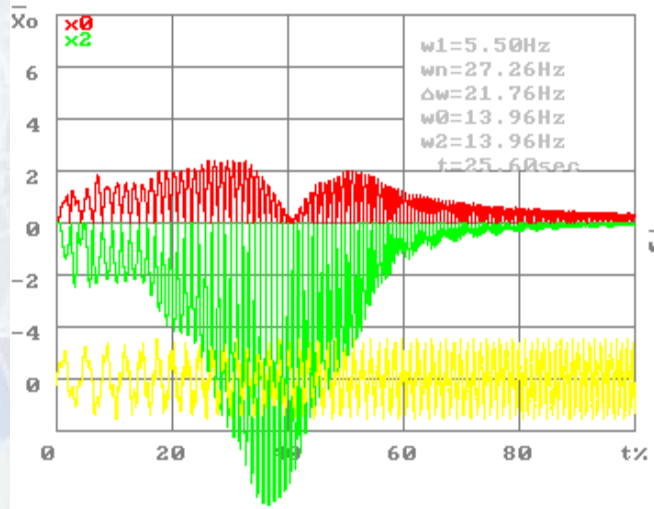
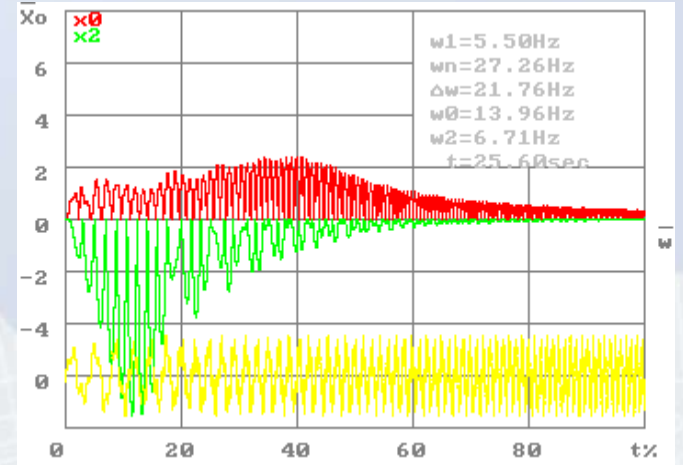
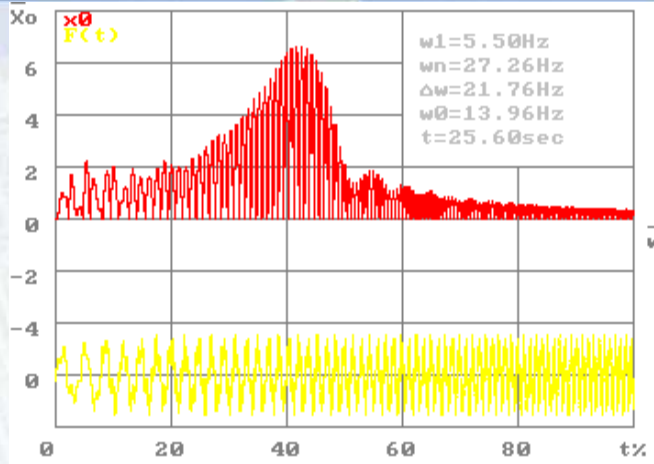
Кинематическая схема динамического виброгасителя.











- **СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ.  
(АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ  
ВИБРОДИАГНОСТИКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА)**





## Параметры фрез

Параметры	Единицы измерения	Фреза «№3 амега 60»	Фреза «Амега 60 новая»
Предприятие	-----	МИОН	МИОН
Материал фрезы	-----	H10F	H10F
Модель и номер станка	-----	MCV-400	MCV-400
Диаметер фрезы	мм	10,0	10,0
Число зубьев фрезы	шт	4	4
Угол спирали зуба фрезы	град	60,0	30,0
Главный угол в план	град	90,0	90,0
Нормальный передний угол на цилиндре	град	10,0	6,0
Нормальный передний угол на фаске при вершине	град	8,0	5,0
Величина фаски при вершине фрезы	мм	0,3	0,5

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	
1	Лист

### Параметры режимов обработки

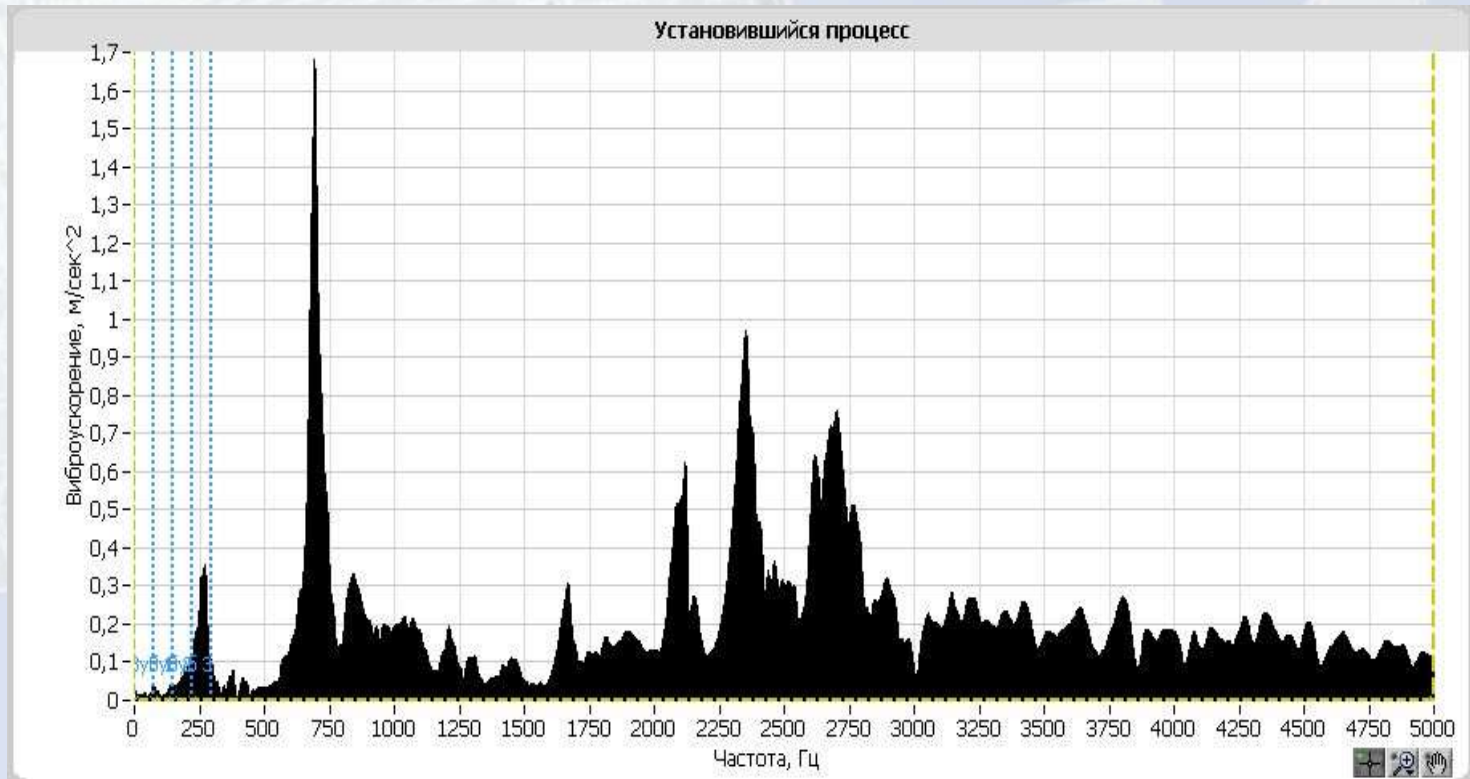
#### Фреза «№3 амега 60»

Тест	a <sub>p</sub> , мм	a <sub>e</sub> , мм	S <sub>z</sub> , мм/зуб	V <sub>c</sub> , мм/мин	n, об/мин	V <sub>f</sub> , мм/мин	L <sub>b</sub> , мм	Обр. материал	m <sub>c</sub>	k <sub>с1</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Контакт в точке	Q, см <sup>3</sup> /об	f <sub>зуб</sub> , Гц	S <sub>кон</sub>
1	5,0	3,0	0,0398	120,00	3819,7	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,597	254,6	1,97
2	5,0	3,0	0,0478	100,00	3183,1	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,716	212,2	2,36
3	5,0	3,0	0,0341	140,00	4456,3	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,512	297,1	1,69
4	5,0	3,0	0,0168	120,00	3819,7	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,251	254,6	0,83
5	5,0	3,0	0,0201	100,00	3183,1	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,302	212,2	0,99
6	5,0	3,0	0,0144	140,00	4456,3	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0		0,215	-----	-----
7	5,0	3,0	0,0592	140,00	4456,3	1056,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,889	297,1	2,93

#### Фреза «Спец»

Тест	a <sub>p</sub> , мм	a <sub>e</sub> , мм	S <sub>z</sub> , мм/зуб	V <sub>c</sub> , мм/мин	n, об/мин	V <sub>f</sub> , мм/мин	L <sub>b</sub> , мм	Обр. материал	m <sub>c</sub>	k <sub>с1</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Контакт в точке	Q, см <sup>3</sup> /об	f <sub>зуб</sub> , Гц	S <sub>кон</sub>
1	5,0	3,0	0,0398	120,00	3819,7	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,597	254,6	2,27
2	5,0	3,0	0,0478	100,00	3183,1	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,716	212,2	2,73
3	5,0	3,0	0,0341	140,00	4456,3	608,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,512	297,1	1,95
4	5,0	3,0	0,0168	120,00	3819,7	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,251	254,6	0,96
5	5,0	3,0	0,0201	100,00	3183,1	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,302	212,2	1,15
6	5,0	3,0	0,0144	140,00	4456,3	256,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	0,215	297,1	0,82
7	5,0	3,0	0,0691 ?	120,00?	3819,7	1056,00	23,0	40X	0,500	1600,0	Контакт в U	1,037	254,6	3,94

## Отклик ТС на импульсное воздействие





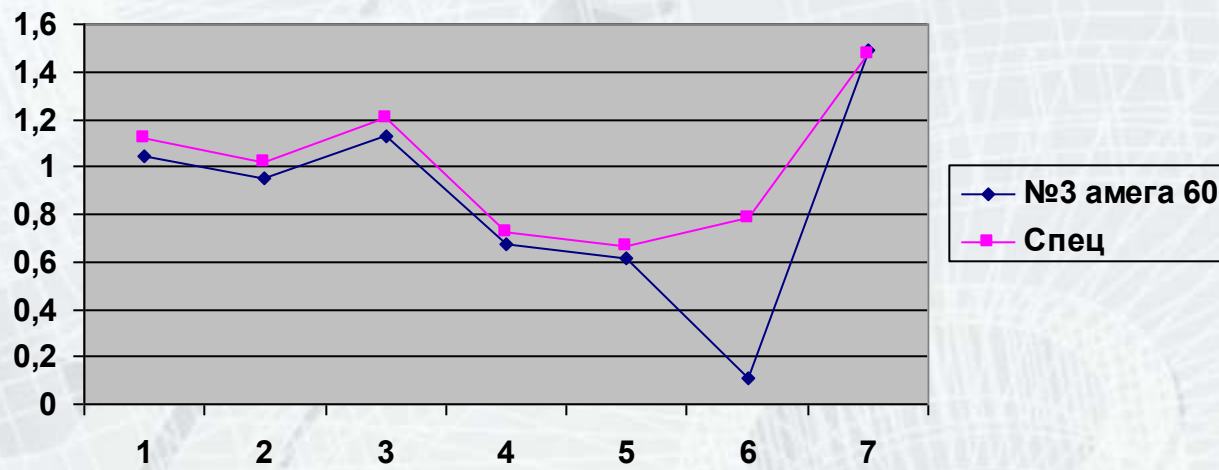




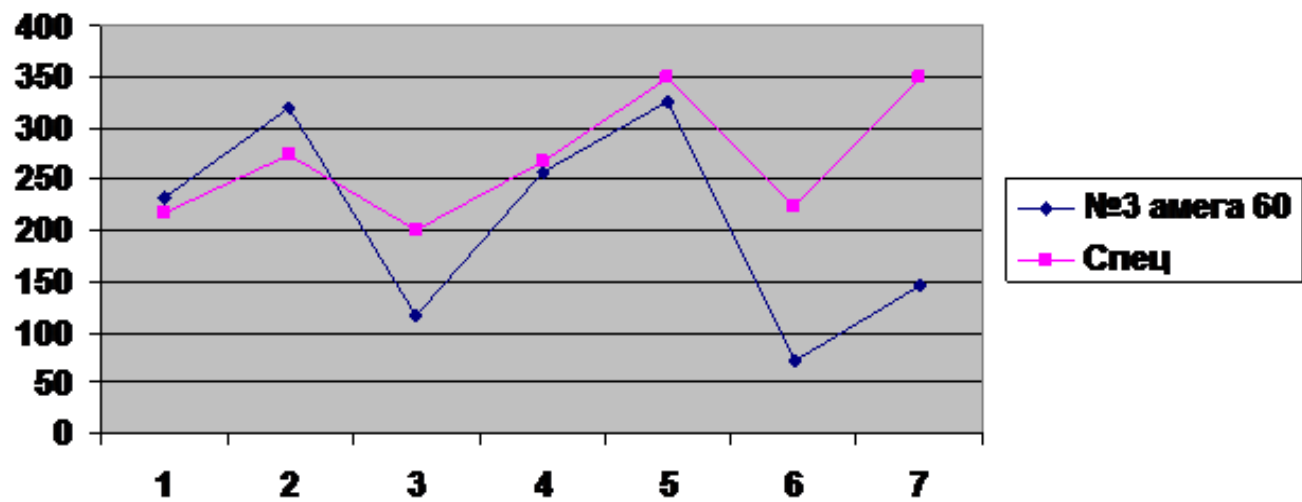
### Фреза №1 - испытание №4:

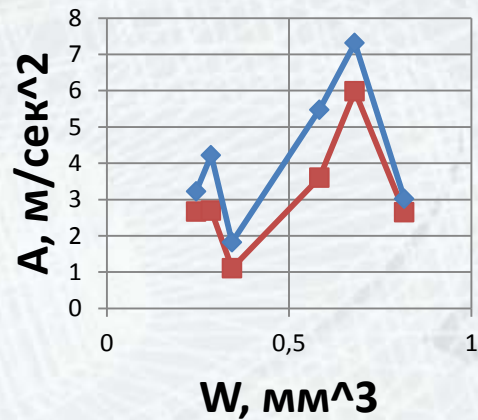


### Потребная мощность, кВт

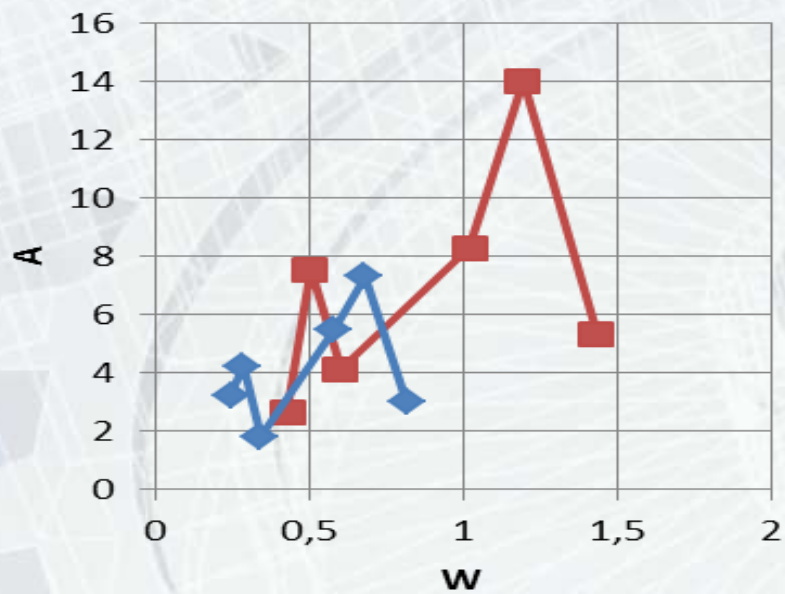


### Интегральная амплитуды (A), м/сек<sup>2</sup>

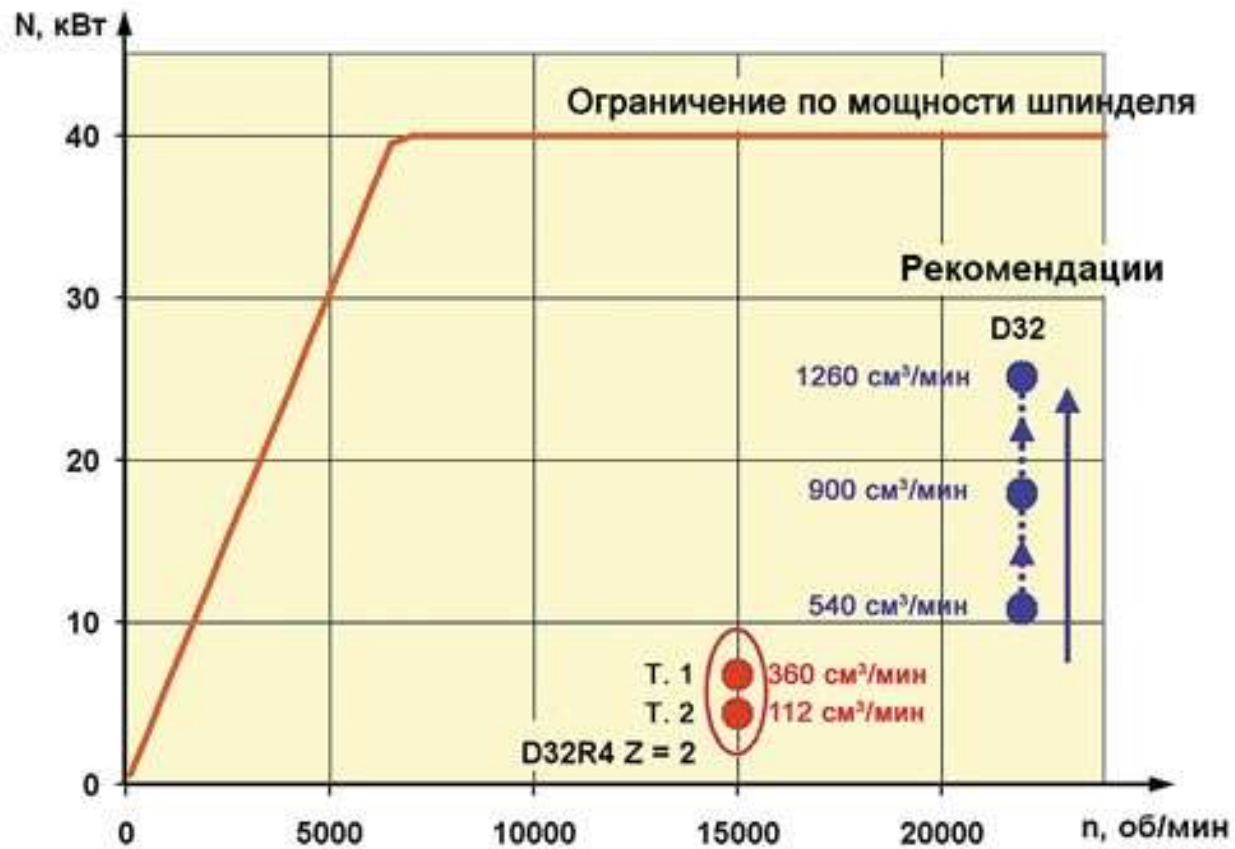




■ «№3 омега 60»  
◆ «Спец. омега 60 (6) 2-я»



■ « №1 омега 45»  
◆ «Спец. омега 60 (6) 2-я»



Фирма « **МИОН** », инженеры которой имеют более чем 25 летний опыт проектирования, производства и внедрения качественного металлорежущего инструмента на территории России и стран СНГ, разработала уникальный диагностический комплекс для оперативного экспресс - теста инструмента собственного производства на оборудовании заказчика.



1. Выполнив тестовую обработку **ВАШЕЙ** детали на **ВАШЕМ** станке **НАШИМ** инструментом.

2. Выявляем при помощи информации полученной по спектрограмме **ВАШЕГО** станка, **НАШИМ** комплексом, **оптимальное сочетание !!!** геометрии и физико-механических свойств **НАШЕГО** инструмента.

3. Проектируем и изготавливаем уже непосредственно инструмент для **ВАС** и **ВАШЕГО** станка.

**МЫ** определим такие режимы обработки на **ВАШЕМ** оборудовании **НАШИМ** инструментом, которые повысят **ВАШУ** производительность и увеличат работоспособность **НАШЕГО** инструмента.







The image features a large, semi-transparent 3D wireframe gear in the foreground, overlaid with a white grid pattern. The gear is positioned on a light blue gradient background. In the background, other gears are visible, some in a darker blue color and others in a lighter, semi-transparent blue. The overall aesthetic is technical and modern.

**Спасибо за внимание**