

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

---

**Высшая школа Механики и процессов управления**

# **ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**№ 1, № 3, № 5 в вибрационной лаборатории**

**4 курс, весенний семестр**

**Санкт-Петербург**

**2020**

Составители:

доцент, к.ф.-м.н. ШТУКИН Лев Васильевич,  
кафедра «Механика и процессы управления»

доцент, к.т.н. Привалова Ольга Васильевна,  
кафедра «Механика и процессы управления»

ассистент Лобачев Александр Михайлович

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                  |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Введение.....                                                                                                                                    | 4 |
| Работа № 1. Исследование линейных колебательных систем с одной и двумя степенями свободы. Изучение работы динамического гасителя колебаний ..... | 5 |
| Работа № 3 Исследование поперечных колебаний стержня.....                                                                                        | 7 |
| Работа № 5 . Исследование крутильных колебаний восьмимассового валопровода.....                                                                  | 9 |

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение каждой из лабораторных работ состоит из трех этапов:

1. Подготовка к лабораторной работе. Сюда входит знакомство с установкой, изучение рекомендованной литературы, выбор расчетной схемы, проведение теоретических расчетов, разработка плана проведения эксперимента, выбор измерительной аппаратуры и обоснование этого выбора.
2. Непосредственное выполнение экспериментальной части работы. К работе студенты допускаются после собеседования с преподавателем, который убеждается в подготовленности студентов и утверждает план проведения эксперимента.
3. Составление отчета о проделанной работе и его защита. Отчет должен удовлетворять как по форме, так и по содержанию требованиям ГОСТ 7.32-2017 «Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления». В отчете должны быть представлено описание установки и измерительной аппаратуры, отражены результаты теоретического исследования задачи, приведены подлинные протоколы проведенных экспериментов, результаты обработки экспериментальных данных. В заключении делаются выводы по результатам проведенного исследования. Приводится список источников, которые использовались в процессе проведения исследования и написания отчета.

## РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ОДНОЙ И ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ

#### 1. Описание установки

Схема установки представлена на рис.1. Прямоугольная плита 1 закреплена на основании 2 с помощью четырех пар упругих элементов 3, конструктивно образуя вибростол. На верхней поверхности плиты 1 закреплены электродвигатель постоянного тока 4 и кронштейн 5 с подшипниками. В подшипниках установлен вал с диском 6. Диск 6 соединен с электродвигателем 4 ременной передачей. На диске 6 закреплен стержень 7 с грузом 8. На плите 1 закреплена также консольная пластина 9, на которой может быть установлен груз 10, образующий вместе с пластиной 9 динамический гаситель колебаний вибростола. На нижней поверхности плиты 1 закреплены лопатка 11, погруженная в масло, и кронштейн 12 для закрепления динамометра 13.

Упругие элементы 2 оснащены тензорезисторами. Тензорезисторы подключены к тензоусилителю. На грузе 10 закреплен трехканальный интегральный акселерометр.

Для записи наблюдаемого процесса колебаний сигнал с выхода тензоусилителя и с двух выходов интегрального акселерометра подается на вход устройства аналого-цифрового преобразования (АЦП) Е-154, соединенного с персональным компьютером. Наблюдение и запись производятся с помощью программы LGraph2.

Для измерения статического смещения вибростола служит индикатор часового типа.

#### 2. Задача исследования

##### 2.1. Исследование свободных колебаний в системе с одной степенью свободы.

Экспериментальная оценка характера действующих в системе сил трения.

Идентификация коэффициентов уравнения движения по экспериментальным данным.

##### 2.2. Исследование вынужденных колебаний в системе с одной степенью свободы.

##### 2.3. Исследование процесса прохода через резонанс.

##### 2.4. Исследование явления динамического гашения колебаний.

#### 3. Некоторые параметры установки

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Масса неуравновешенного вращающегося груза, г | 96  |
| Эксцентриситет груза, мм                      | 35  |
| Масса груза динамического гасителя, кг        | 2,2 |

### Рекомендуемая литература

1. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т. 2, М. Наука, 1983.
2. Ден-Гартог Дж. Механические колебания. М. Физматгиз, 1960.
3. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М. Высшая школа, 1980.

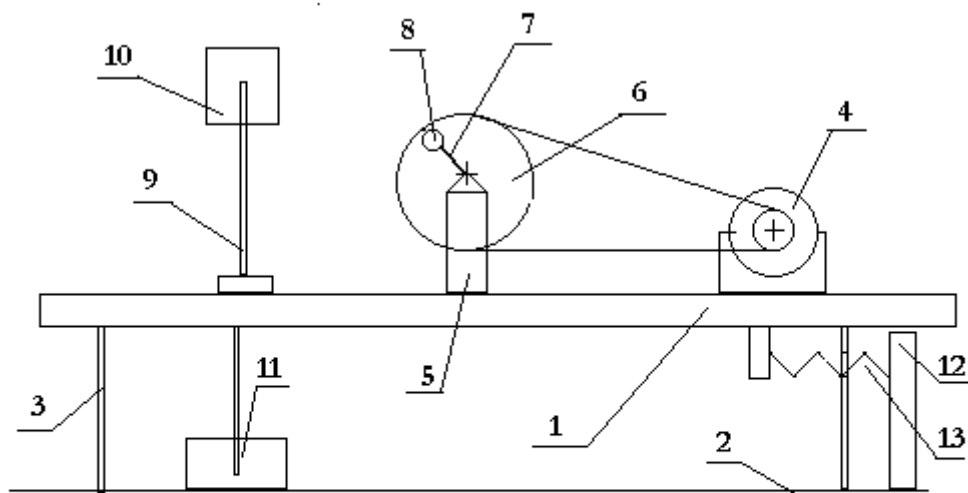


Рис.1. Схема установки

- 1- стол; 2 – основание; 3 – упругая опора; 4 – двигатель; 5 – кронштейн;  
6 – диск; 7 – стержень; 8 – груз; 9 – пластина; 10 – груз;  
11 – лопатка; 12 – кронштейн; 13 – динамометр

## РАБОТА № 3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТЕРЖНЯ

#### 1. Описание установки.

Схема лабораторной установки представлена на рис.2. Основным элементом установки является стержень 1 постоянного прямоугольного сечения. Опоры 2 и 3 стержня 1 выполнены по принципу карданова подвеса и состоят из внутреннего кольца 4 с горизонтальной осью вращения и внешнего кольца 5 с вертикальной осью вращения. Левая опора жестко связана с основанием 6, правая допускает перемещение вдоль оси стержня 1. На некотором удалении от правой опоры к стержню 1 прикреплены две предварительно натянутые пружины 7 и 8. Конец одной из них закреплен неподвижно, конец другой прикреплен к пальцу 9, эксцентрично насаженному на диск 10. Диск 10 приводится во вращение электродвигателем постоянного тока 11 через редуктор 12. Частота вращения двигателя 11 регулируется реостатами. Передаточное отношение редуктора 12 может принимать три различных значения. К установке придается дополнительная масса 13, которая может быть закреплена на стержне 1 в любом месте.

Для наблюдения за движением стержня 1 на нем закреплены шесть интегральных акселерометров 14.

Частота вращения диска 10 измеряется электронным тахометром. Тахометр содержит источник света (светодиод) и фоточувствительный элемент, расположенные по разные стороны диска 10. В диске 10 имеется отверстие, через которое один раз за оборот засвечивается фоточувствительный элемент. Электронная схема формирует импульсы, частота следования которых равна частоте вращения.

Для записи наблюдаемых процессов сигналы всех акселерометров, а также выходной сигнал тахометра подаются на вход устройства аналого-цифрового преобразования (АЦП) L502. Это устройство встроено в персональный компьютер. Наблюдение и запись сигналов производятся с помощью программы LGraph2.

#### 2. Задача исследования

Целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование свободных и вынужденных поперечных колебаний стержня с целью определения его собственных частот и форм.

Задача должна быть решена также для стержня, на котором закреплена дополнительная масса. Место установки массы задается при выполнении работы для каждой бригады индивидуально.

Следует также обратить внимание на то, что инерционные свойства опор могут иметь влияние на характер движения стержня.

#### 3. Некоторые параметры установки

##### 3.1. Длина стержня 1470 мм.

- 3.2. Ширина стержня 48 мм.
- 3.3. Высота стержня 3 мм.
- 3.4. Материал стержня - сталь.
- 3.5. Расстояние от левой опоры до точки крепления пружин 1180 мм.

#### Литература

- 1. Филиппов Ф.П. Колебания деформируемых систем. Машиностроение, 1970.

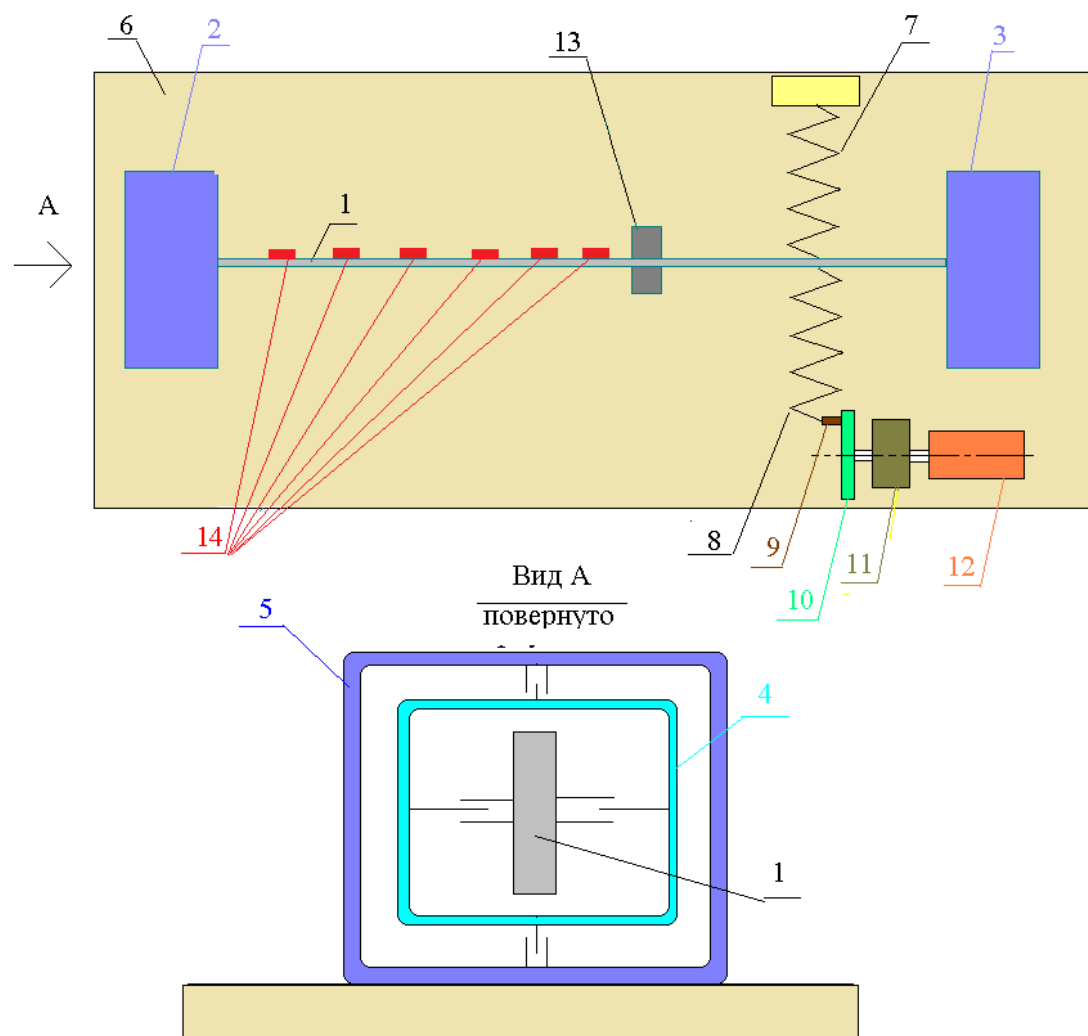


Рис.2. Схема установки

1 – стержень, 2,3 – опоры, 4,5 – кольца, 6 – основание, 7, 8 – пружины, 9 – палец, 10 – диск, 11 редуктор, 12 – двигатель, 13 – дополнительная масса, 14 – интегральные акселерометры



## РАБОТА № 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОСЬМИМАССОВОГО ВАЛОПРОВОДА

#### 1. Описание установки

Установка представляет собой вал 1, опирающийся на подшипники 2. На валу 1 закреплено восемь дисков 3, причем первые шесть дисков (считая слева) – одинаковые (рис.3).

На торце первого диска прикреплен кронштейн, в подшипниках которого установлен валик с неуравновешенным маховиком 4, ось которого не совпадает с осью основного вала 1. Маховик 4 приводится во вращение электродвигателем постоянного тока 5 через ременную передачу 6. Частота вращения двигателя 5 регулируется реостатом.

Один из дисков 3 с помощью пружины малой жесткости 7 соединен с рамой установки для ограничения углов поворота ротора.

Для измерения крутильных колебаний на каждом из дисков 3 установлены интегральные акселерометры 8.

Для записи наблюдаемого процесса колебаний сигналы с выходов интегральных акселерометров подаются на вход устройства аналого-цифрового преобразования (АЦП), соединенного с персональным компьютером. Наблюдение и запись производятся с помощью программы LGraph2.

#### 2. Задача исследования

Целью работы является исследование крутильных колебаний, возникающих в роторе. Это исследование предполагает расчетное и экспериментальное определение собственных частот и форм крутильных колебаний, исследование резонансных режимов и оценка напряженного состояния ротора.

#### 3. Некоторые параметры установки

|                                                 |                      |
|-------------------------------------------------|----------------------|
| Моменты инерции дисков 1 - 6, кг·м <sup>2</sup> | 0,093                |
| Момент инерции диска 7, кг·м <sup>2</sup>       | 0,37                 |
| Момент инерции диска 8, кг·м <sup>2</sup>       | 0,35                 |
| Податливости участков вала 1 - 5, 1/Н·м         | $4,43 \cdot 10^{-5}$ |
| Податливость участка 6, 1/Н·м                   | $4,18 \cdot 10^{-5}$ |
| Податливость участка 7, 1/Н·м                   | $5,20 \cdot 10^{-5}$ |

Рекомендуемая литература

1. Лурье И.А. Крутильные колебания в дизельных установках. 1940.
2. Иовлев Ю.А., Троицкая З.В. Крутильные и изгибные колебания элементов машин. Учебное пособие. Л., ЛПИ, 1985.
3. Сахаров А.Б. Защита судовых валопроводов от крутильных колебаний. М. Транспорт, 1988.

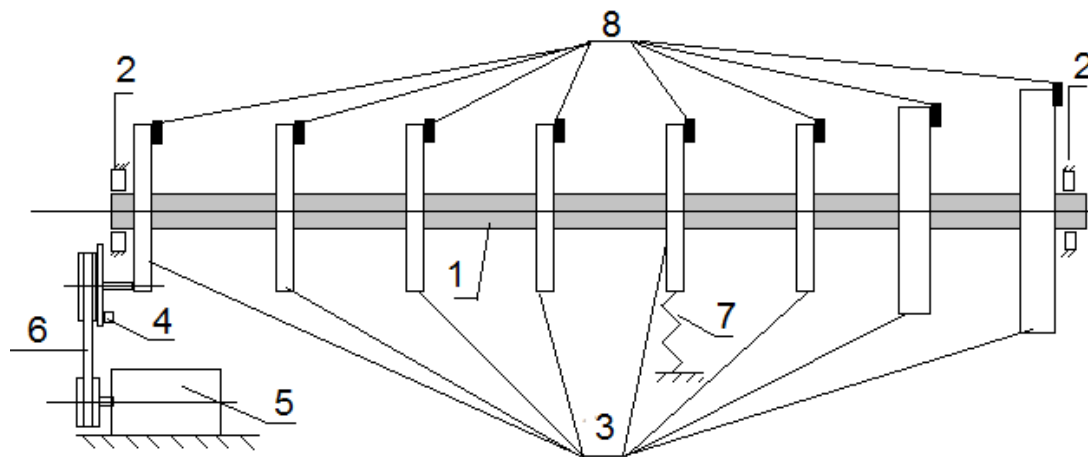


Рис.3. Схема установки

1 – вал; 2 – подшипники; 3 – диск; 4 – неуравновешенный маховик;  
5 – двигатель; 6 - ременная передача; 7 – пружина; 8 – интегральный акселерометр