

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка вибрационного источника с переменной энергией

УДК 62-868:621.3.025

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8Б	Аверкиев Александр Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. препод.	Кувшинов К.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. препод.	Кащук И.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. препод.	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Е.А. Ефременков
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4А8Б	Аверкиеву Александру Евгеньевичу

Тема работы:

Разработка вибрационного источника с переменной энергией	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2022 № 37-79/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект: вибрационный источник с переменной энергией.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Расчёт основных параметров и характеристик источника, проверка работоспособности источника, снятие измерений с последующим описанием проведённых измерений.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Гидравлическая схема, графики измерений.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Фин. менеджмент	Кашук И.В.
Соц. ответственность	Черемискина М.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.12.2021
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. препод.	Кувшинов К.А.			13.12.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8Б	Аверкиев Александр Евгеньевич		13.12.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 82 рис., 25 табл., 2 гистограммы, 10 источников, 2 прил.

Ключевые слова: вибрация; сейсморазведка; источник колебаний; виброударные системы; динамическое воздействие.

Объектом исследования является вибрационный источник с переменной энергией.

Цель работы – исследование источников сейсмических сигналов, а также разработка вибрационного источника с переменной энергией.

В процессе разработки проводились анализ существующих вибрационных источников, выявление основных преимуществ и недостатков существующих источников, а также расчёт параметров источника с переменной энергией.

В результате разработки спроектирован вибрационный источник, представлены его гидравлические схемы, проведены измерения параметров вибрации.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: масса действующего груза 336кг, рабочее давление 0,2-6,3 МПа, диапазон рабочих частот 4-45 Гц.

Область применения: геофизические исследования, исследования параметров вибрации.

Экономическая значимость работы: разработанный вибрационный источник значительно дешевле аналогов, так как его конструкция более простая.

В будущем планируется доработка источника и поиск новых областей применения, а также построение 3D-модели источника, разработка его математической модели.

Содержание.

1. Теоретическая часть.....	6
2. Расчётная часть.....	10
2.1. Определение эффективной рабочей площади.....	12
2.2. Определение внутреннего объёма.....	12
2.3. Определение жесткости рукавов высокого давления.....	13
2.4. Определение собственной частоты колебаний.....	15
3. Описание принципа действия вибрационного источника.....	16
4. Экспериментальная часть.....	22
4.1. Описание и характеристики оборудования.....	22
4.2. Результаты измерений и их обработка.....	26
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
5.1. Оценка коммерческого потенциала	64
5.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	64
5.1.2. SWOT-анализ.....	65
5.2. Планирование НИР.....	70
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	70
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	72
5.3. Бюджет затрат на реализацию проекта.....	76
5.3.1. Расчет материальных затрат проекта.....	76
5.3.2. Расчет амортизации специального оборудования	77
5.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	79
5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды.....	81
5.3.5. Накладные расходы.....	82
5.4. Определение ресурсоэффективности.....	84
6. Социальная ответственность.....	88
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	91
6.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	91
6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	91
6.2. Производственная безопасность.....	92
6.3. Экологическая безопасность.....	97
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	99
7. Заключение.....	100
8. Список литературы.....	101

1. Теоретическая часть

Вибрационные источники используются для сейсморазведки. Сейсморазведка проводится для изучения подземных недр на наличие полезных ископаемых.

Вибрационные источники делятся на:

- взрывные, действие которых основано на взрыве твёрдых взрывчатых веществ (уже запрещено);
- невзрывные.

Таблица 1 - Классификация и характеристики невзрывных вибрационных источников.

Тип источника	Усилие (для вибрационных) или энергия (для импульсных) воздействия	Рабочий диапазон частот (Для вибрационных) или длительность воздействия	Максимальная масса установки	Принцип действия
Вибрационный	До 200 кН	4-150, 250 Гц	25 т	Гидравлический, эксцентриковый
Импульсный	До 10^5 Дж	3-25 мс	25 т	Механический, газодинамический, пневматический, электродинамический

Вибрационные источники делятся на:

- непрерывного действия, которые генерируют протяжённые во времени квазигармонические сигналы переменной частоты и амплитуды;
- источники дискретного действия, вырабатывающие отдельные импульсы, последовательно следующие друг за другом через 0,03-0,1 с.

Также различают следующие **типы источников**:

Возбуждение ударами (механический источник)

Данный способ позволяет возбуждать как продольные, так и поперечные колебания, в зависимости от типа исследований. Возбуждение продольных волн используется при исследовании небольших глубин. В

данном случае регистрируются и анализируются только преломленные волны, происходящие при вертикальных ударах кувалдой. Исследовать большие глубины таким образом нельзя из-за появления сильных поверхностных помех при ударах. Тем не менее такой способ возбуждения сейсмических волн является самым простым, надежным и экономичным, поэтому используется на практике довольно часто. С помощью поперечных волн, вызванных кувалдой, также можно проводить исследования. При этом удары производятся либо по боковым стенкам небольшой ямы, либо по штырю, забитому в землю под углом, близким к 45° . Получение достоверных сейсмических данных в таком случае обусловлено разной скоростью распространения волн – скорость поперечных волн в два раза меньше скорости продольных. Таким образом, при обработке данных поперечные волны довольно легко выделяются из общей картины, что дает возможность использовать данный способ возбуждения волн при определенных исследованиях.

Пневматический

Пневматические источники нашли применение в морской сейсморазведке. Принцип их действия основан на быстрой подаче воздуха из замкнутой полости и его воздействии на изучаемую среду (водную или наземную), что и вызывает упругие колебания. Пневматический источник (рисунок 1.1.2) «состоит из излучателя, в который входят камера 6 (объемом 2-7 дм³) с выхлопным отверстием 8, поршень 1 и запускающий электромагнитный клапан 2, а также из устройства для управления излучателем, компрессора с подводящими шлангами и вспомогательные оборудования. Перед началом работы внутренние полости источника заполняются сжатым воздухом. Давление сжатого воздуха по сигналу приводит в движение поршень, рабочая камера открывается и воздух выбрасывается в воду, создавая колебания среды. Вместо сжатого воздуха может быть использована вода. На практике широко применяют группирование нескольких источников, синхронно запускаемых с сейсмостанции, что приводит к усилению основного импульса.

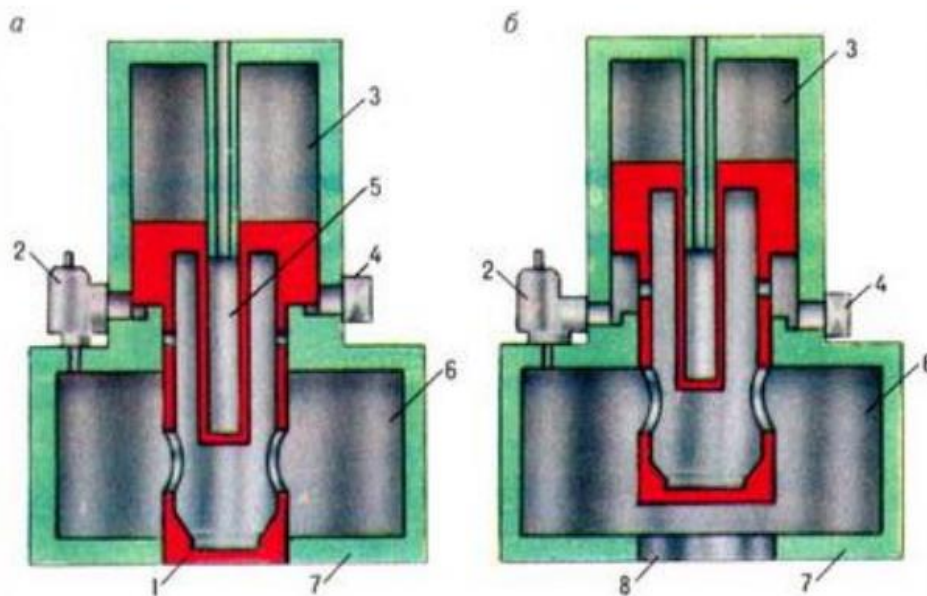


Рисунок 1 – Схема пневматического источника сейсмических сигналов: 1 – поршень, 2 – запускающий электромагнитный клапан, 3 – демпферный объем, 4 – клапан, 5 – внутренняя полость поршня, 6 – рабочий объем, 7 – корпус, 8 – выхлопное отверстие

Газодинамический

Наибольшее распространение при проведении работ на суше получили газодинамические (рис.) и Пневматические источники, используются также электродинамические и механические.

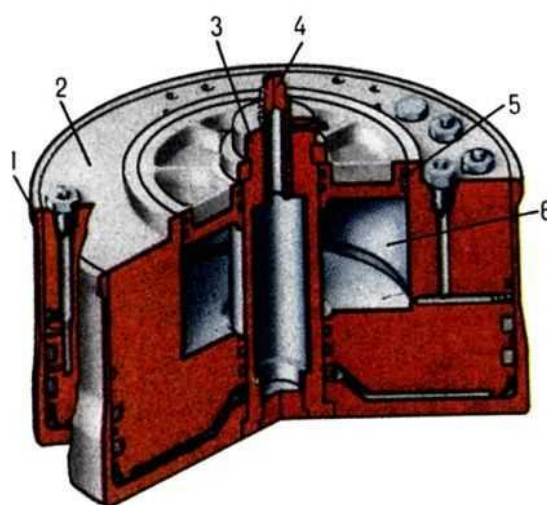


Рисунок 2 – Импульсный газодинамический источник: 1 — гильзы; 2 — поршень; 3 — шток; 4 — упор; 5 — крышка; 6 — демпферный объем.

Излучающим элементом газодинамического источника является рабочая камера, в нижнюю детонационную полость которой подаётся дозированное количество рабочей смеси, а в верхнюю демпферную нагнетается воздух под сравнительно небольшим давлением, что обеспечивает необходимое начальное сжатие рабочей смеси, поджигаемой электрической искрой. Горение переходит в детонацию, и днище камеры давит на грунт, возбуждая упругие волны. Источник с необходимым дополнительным оборудованием, газовыми баллонами и пультом управления монтируется на автомобиле повышенной грузоподъёмности или тракторе. Излучающим элементом электродинамических источников является якорь машины. Он связан непосредственно или через трансформатор с плитой, воздействующей на грунт, статор — с инерционной массой. При пропускании тока от батареи конденсаторов через катушки статора и ротора возникает сила взаимодействия, которая стремится их раздвинуть. При этом якорь давит на грунт, а статор с инерционной массой движется вверх, тормозится гидравлической системой и плавно опускается в исходное положение. Механические излучатели с падающим грузом представляют собой весьма совершенные системы с высоким уровнем автоматизации и возможностью работы в процессе движения. В верхнем положении груз удерживается электромагнитной муфтой и по сигналу с сейсмостанции падает. На грузе установлен пьезоэлектрический датчик, при ударе генерирующий импульс отметки момента воздействия, который усиливается и передаётся на сейсмостанцию. В ряде систем он запускает сейсмостанцию.

Электродинамический

Электродинамические источники сигналов основаны на взаимном перемещении якоря сейсмомашин и инерционной массы. Якорь выступает здесь в роли излучающего элемента колебаний, воздействуя через плиту на исследуемую поверхность. Принцип действия устройства базируется на пропускании тока через катушки статора и ротора. Сила, возникающая между ними, стремится их раздвинуть. При этом якорь давит на грунт, а статор с инерционной массой движется вверх. В верхнем положении груз удерживается электромагнитной муфтой, а затем по сигналу падает, в результате чего при ударе создается импульс. Преимущества таких источников колебаний в том, что они способны работать при движении, а также высоко автоматизированы

Возбуждение электроискровым разрядом

Возбуждение электроискровым разрядом происходит за счет специального источника колебаний – спаркера. Для использования данного источника на суше требуются скважины с водой, так же, как и при взрывных возбуждениях. При этом, колебания от спаркера оказываются менее мощными, чем от взрыва, поэтому его использование экономично выгодно только для высокоразрешающих сейсмических исследований.

Таблица 2 – Характеристики источников в соответствии с типами.

Тип источника		Тип сигнала	Масса, кг	Частотный диапазон, Гц	Минимальный период срабатывания, с	Максимальное толкающее усилие
Имп	Механический	Импульсный	42-100	30-70	2-6	0,6 кДж
	Пневматический		50	20-200		100-150 кДж
	Газодинамический		142	200	3-10	5-3000 кДж
	Электродинамический		190	90-130	4-6	500кН
Вибр	Гидравлический	Синусоидальный	60	5-250	0,03-0,1	300кН
	Эксцентриковый		50	50-20	0,03-0,1	5,5кН

2. Расчётная часть

Расчёт массы подвижных частей.

Для определения массы подвижных частей необходимо предварительно найти объёмы составных частей. Формула для определения объёма:

$$V = a * b * h \quad (1)$$

Где а – длина составной части

b – ширина составной части

h – высота составной части

Приведем размеры составных частей в виде $a * b * h$

Основной груз 1: $43,5 \times 31,5 \times 28$ см

Бруска 2: $39,5 \times 5,7 \times 5,7$ см

Основание 3: $43,5 \times 43,5 \times 1$ см

Определим объёмы:

$$V_1 = 43,5 * 31,5 * 28 = 38\,367 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 39,5 * 5,7 * 5,7 = 1\,283 \text{ см}^3$$

$$V_3 = 43,5 * 43,5 * 1 = 1\,892 \text{ см}^3$$

Так как бруска два, объём необходимо удвоить, получив

$$V_2 = 1283 * 2 = 2566 \text{ см}^3$$

Тогда суммарный объём подвижных частей составит:

$$V_1 + V_2 + V_3 = 38\,367 + 2566 + 1\,892 = 42\,825 \text{ см}^3$$

Далее определим массу подвижных частей:

$$m = V * \rho \quad (2)$$

Где m – масса подвижных частей

V – объём подвижных частей

ρ – плотность материала, из которого состоят подвижные части. В данном случае подвижные части стальные, плотность составляет $7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Таким образом масса подвижных частей составляет:

$$m = 42\,825 * 7,85 = 336\,176 \text{ г}$$

Переводя в более привычные единицы измерения мы получим 336 кг.

Основные расчётные характеристики РВД, которые необходимо определить:

1. Эффективная рабочая площадь F , м^2
2. Внутренний объём W , м^3
3. Жёсткость системы C , Н/м

2.1. Определение эффективной рабочей площади

$$F = \frac{\pi * x}{2} * l \quad (3)$$

Где l – длина контактирующей части, x – величина статической деформации рукава в радиальном направлении.

$$x = d - d_1 \quad (4)$$

Где d – диаметр до деформации рукава, d_1 – диаметр после деформации.

$$x = 25 - 15 = 10 \text{ мм}$$

$$F = \frac{\pi * 10 * 10^{-3}}{2} * 250 * 10^{-3} = 3,92 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

Определение давления, необходимого для начала движения груза

Сила, создаваемая грузом массой 336кг, будет равняться 3360Н

Тогда, зная площадь, определим давление по формуле:

$$P = \frac{F}{S} \quad (5)$$

Где F – сила, действующая на рукава, вызываемая тяжестью груза

S – площадь, на которую действует данная сила

$$P = \frac{3360}{3,92 * 10^{-3}} = 788265 \text{ Па}$$

Переведя данное значение в кгс/см² получим 8кгс/см²

То есть 5 делений манометра.

2.2. Определение внутреннего объёма

Внутренний объём определяется как произведение площади сечения на длину рукава.

$$W = \frac{\pi d^2}{4} * l \quad (6)$$

$$W = \frac{\pi (8 * 10^{-3})^2}{4} * 250 * 10^{-3} = 12,5 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

Определение приращения объёма

Для изменения объёма жидкости и возникновения колебаний применяется генератор колебаний аксиально-плунжерного типа. Плунжер в нём совершает возвратно-поступательные движения. Следовательно, объём в рукавах будет изменяться на величину, пропорциональную произведению площади плунжера на его ход.

Ход плунжера $l = 15\text{мм}$

Диаметр плунжера $d = 16\text{мм}$

Тогда изменение объёма в рукаве можно определить по формуле:

$$\Delta W = \frac{l \cdot \pi \cdot d^2}{4} \quad (7)$$

Где l - ход плунжера

d – диаметр плунжера

$$\Delta W = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot (16 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3.01 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$$

Определим изменение объёма, вызванное деформацией рукавов под действием на РВД груза.

$$\Delta W = \frac{\pi \cdot x_0^2}{4} \cdot l \quad (8)$$

Где x_0 – поджатие рукава под действием груза

l – длина рукава

$$\Delta W = \frac{3.14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 1.7 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$$

2.3. Определение жёсткости рукавов высокого давления

Для дальнейших вычислений зададимся начальными данными:

$$C = 20\,000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, l = 250 \text{ мм}, m = 336 \text{ кг}, d = 8 \text{ мм}, D = 25 \text{ мм}, P_0 = 0,78 \text{ МПа},$$

$$\beta = 0,0006 \frac{\text{м}^2}{\text{Н}}, S = 3,92 \cdot 10^{-3} \text{м}^2$$

Жесткость шланга определяется по формуле:

$$C_{\text{ш}} = C_{\text{шL}} + C_{P_0} + C_{\Delta F}, \quad (9)$$

где $C_{шL}$ – собственная жесткость шланга на длине L ;

C_{P_0} – жесткость, обусловленная предварительным давлением в рукаве P_0 ;

$C_{\Delta F}$ – жесткость, обусловленная увеличением площади контакта при силовом воздействии на шланг.

Собственная жесткость шланга на длине L

$$C_{шL} = C_{ш} \cdot L \quad (10)$$

где $C_{ш}$ – жесткость шланга в сечении;

L – длина шлангов.

$$C_{шL} = 20000 \cdot 0,25 = 5000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Жесткость, обусловленная предварительным давлением в рукаве

$$C_{P_0} = \frac{\pi}{2} \cdot P_0 \cdot L \quad (11)$$

Где P_0 – начальное давление в рукаве

L – длина рукава

$$C_{P_0} = \frac{\pi}{2} \cdot 0,78 \cdot 10^6 \cdot 0,25 = 306 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Жесткость, обусловленная увеличением площади контакта

$$C_{\Delta F} = \frac{\pi^2 \cdot \Delta x_2 \cdot L^2}{4 \cdot \beta \cdot W} \quad (12)$$

Где W – внутренний объём рукава

β – коэффициент упругости жидкости в рукаве

L – длина рукава

Δx – величина поджатия шланга грузом

$$C_{\Delta F} = \frac{\pi^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25^2}{4 \cdot 0,0006 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6}} = 205 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Суммарная жесткость шланга:

$$C_{ш} = C_{шL} + C_{P_0} + C_{\Delta F} = 5 + 306 + 205 = 516 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Как можно заметить, жёсткость рукава довольно сильно зависит от давления. Давление в системе может быть разным. Следовательно, возникает некоторый диапазон жёсткости, зависящий от диапазона возможных давлений.

Возможные значения давлений:

$$P_{\max}=6,3 \text{ МПа}$$

$$P_{\min}=0,2 \text{ МПа}$$

Определим диапазон возможных жёсткостей шлангов:

$$C_{\text{ш min}}=5+78+205=288 \text{ кН/м}$$

$$C_{\text{ш max}}=5+2474+205=2684 \text{ кН/м}$$

Таким образом, диапазон возможной жёсткости рукава $288 \div 2684 \text{ кН/м}$

2.4. Определение собственной частоты колебаний

Далее определим собственную частоту колебаний системы. Она зависит от массы груза и жёсткости шланга. Так как жёсткость шланга в данном случае является диапазоном, частота колебаний также будет некоторым диапазоном.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_{\text{ш}}}{M}} \quad (13)$$

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{288000}{309}} = 4,85 \text{ Гц}$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2684000}{309}} = 14,83 \text{ Гц}$$

Примем диапазон от 4 до 15 Гц. При таких значениях диапазон резонансных частот будет приблизительно от 12 до 45 Гц. В таком случае рабочий диапазон частот примем от 4 до 45 Гц. Частоты выше получить сложно, так как жидкость вместе со всей системой имеет демпфирование. На высоких частотах жидкость будет попросту сжиматься, не успевая придать грузу движение.

3. Описание принципа действия вибрационного источника

Вибрационный источник представляет из себя гидравлическое устройство, содержащее в себе два независимых гидравлических контура. Они связаны между собой муфтой. Первый контур включает в себя электродвигатель, гидронасос, регулирующую и вспомогательную аппаратуру, гидромотор. Второй контур содержит гидронасос, вспомогательную аппаратуру, и гидравлический генератор колебаний.

В первом контуре электродвигатель вращает вал гидронасоса. Насос закачивает жидкость в систему. Жидкость движется через регулировочную и вспомогательную аппаратуру к гидромотору. Вал гидромотора под действием рабочей жидкости начинает вращаться. Этот вал через муфту соединен с валом генератора гидравлических колебаний. Таким образом вращение передаётся на устройство из второго контура.

Во второй контур перед запуском системы закачивается давление насосом Н2. Давление в контуре контролируется по манометру. После достижения необходимого давления краны К закрывают. Давление остаётся запертым в рукавах высокого давления.

Когда вал генератора колебаний начинает вращаться, возникают пульсации жидкости в рукавах высокого давления. Они, в свою очередь, расширяются под действием кратковременного роста давления, приводя в движение груз массой М. Груз начинает совершать колебания под действием расширения – сжатия РВД.

Во втором контуре возможны два варианта коммутации, они представлены на схемах. В первом случае (рис. 3) груз будет совершать колебания из стороны в сторону. Во втором случае (рис. 4) груз будет колебаться с поступательным движением вверх – вниз. Таким образом, в данной схеме можно изучать два вида колебаний.

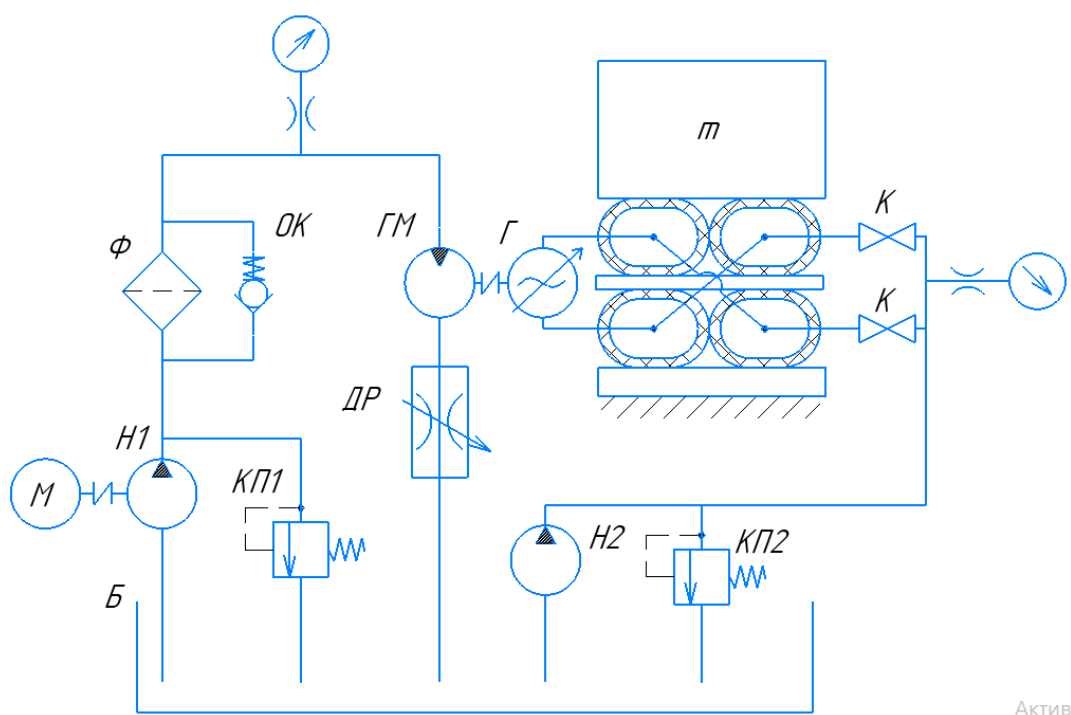


Рисунок 3 – Первый вариант коммутации.

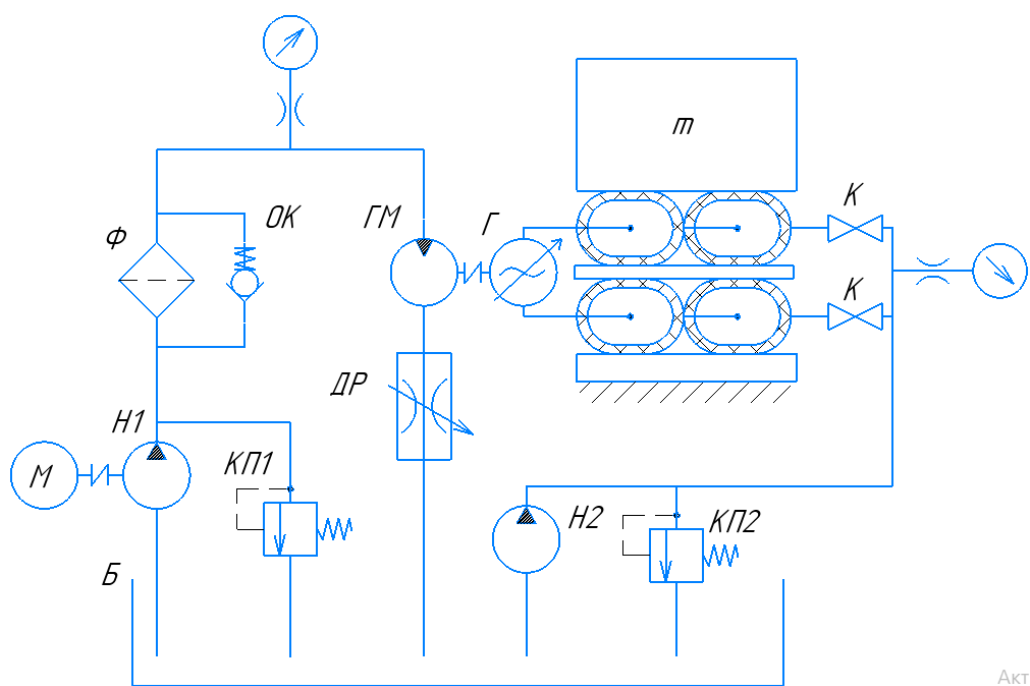


Рисунок 4 – Второй вариант коммутации.

На рисунках 5 – 12 подробно рассмотрены элементы вибрационного источника с переменной энергией.



Рисунок 5 – асинхронный электродвигатель, приводящий в действие насос.

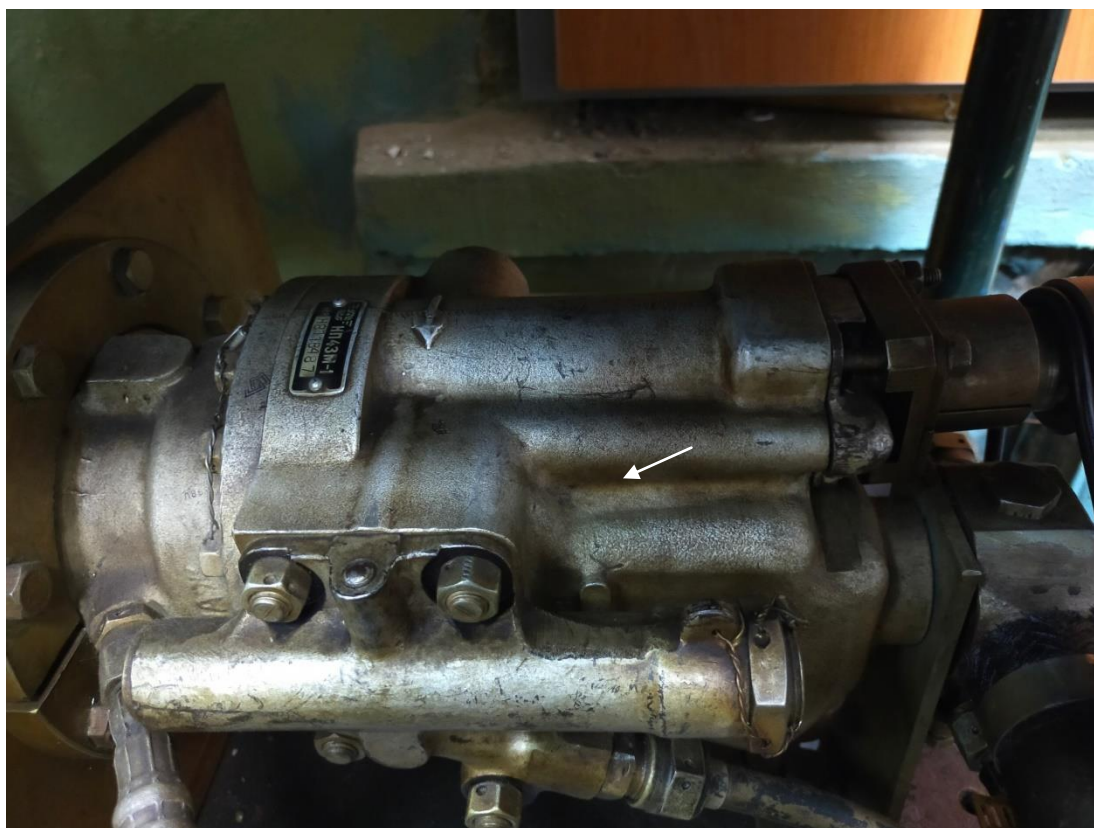


Рисунок 6 – гидронасос регулируемый.



Рисунок 7 – гидравлический фильтр

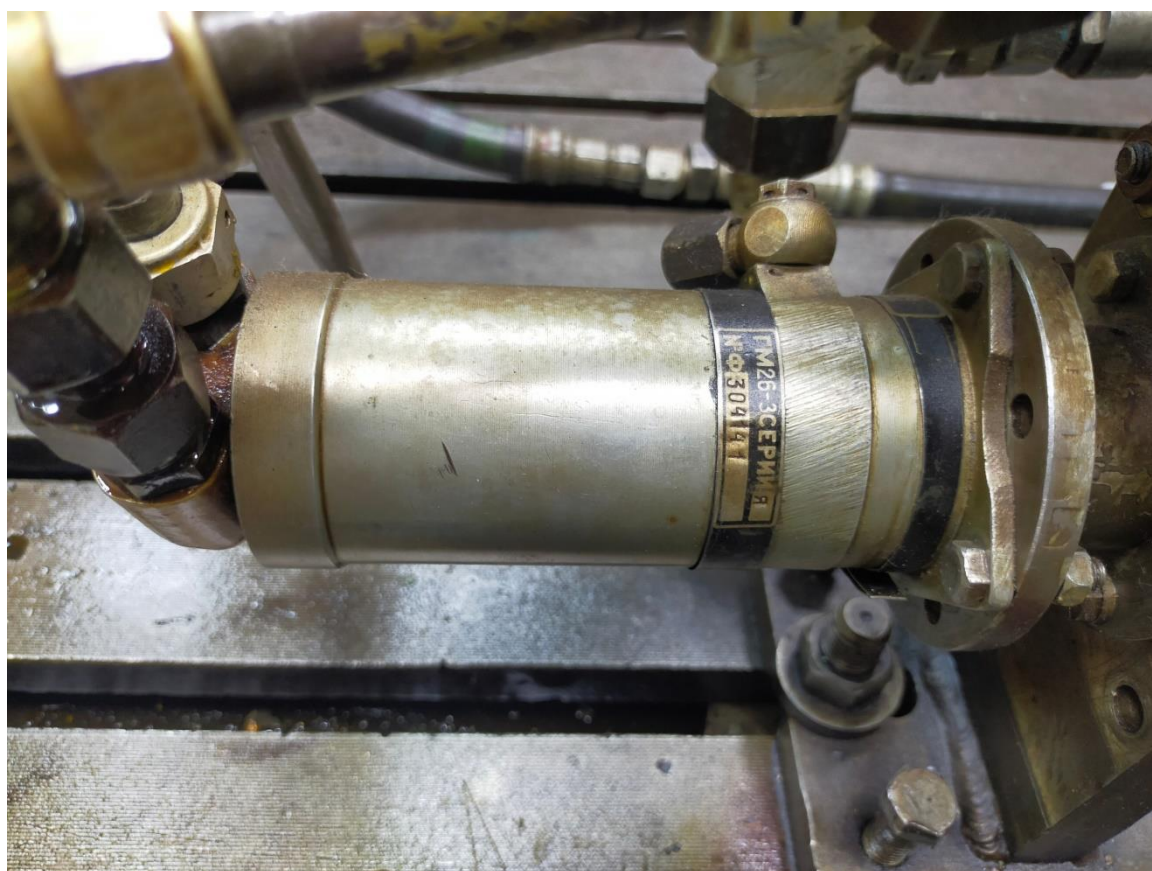


Рисунок 8 – гидромотор, приводящий в действие генератор колебаний

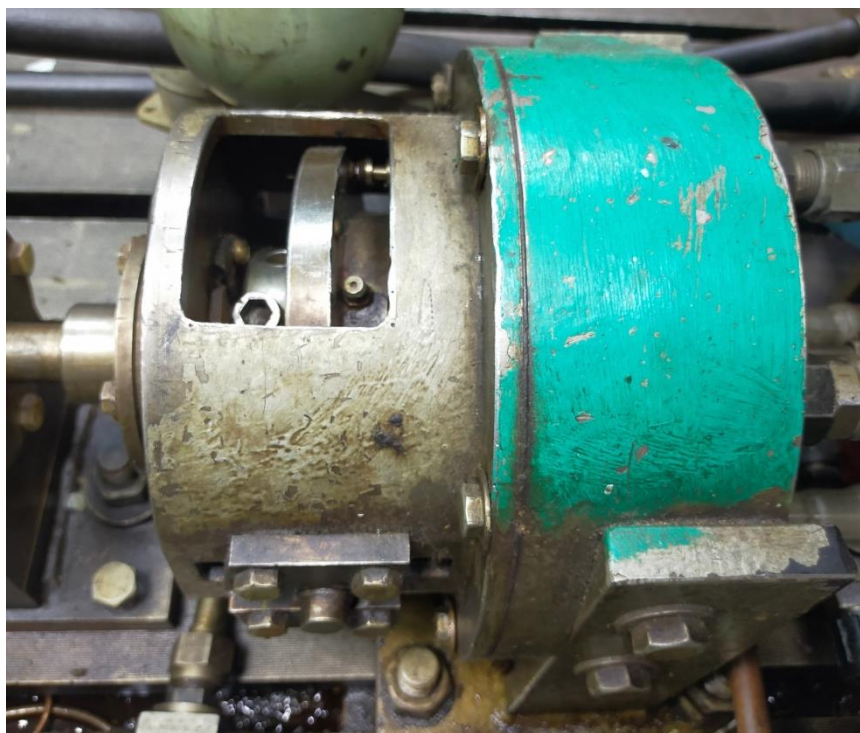


Рисунок 9 – генератор колебаний аксиально-плунжерного типа



Рисунок 10 – насос гидравлический с манометром для создания давления в РВД



Рисунок 11 – рукава высокого давления, приводящие в движение груз

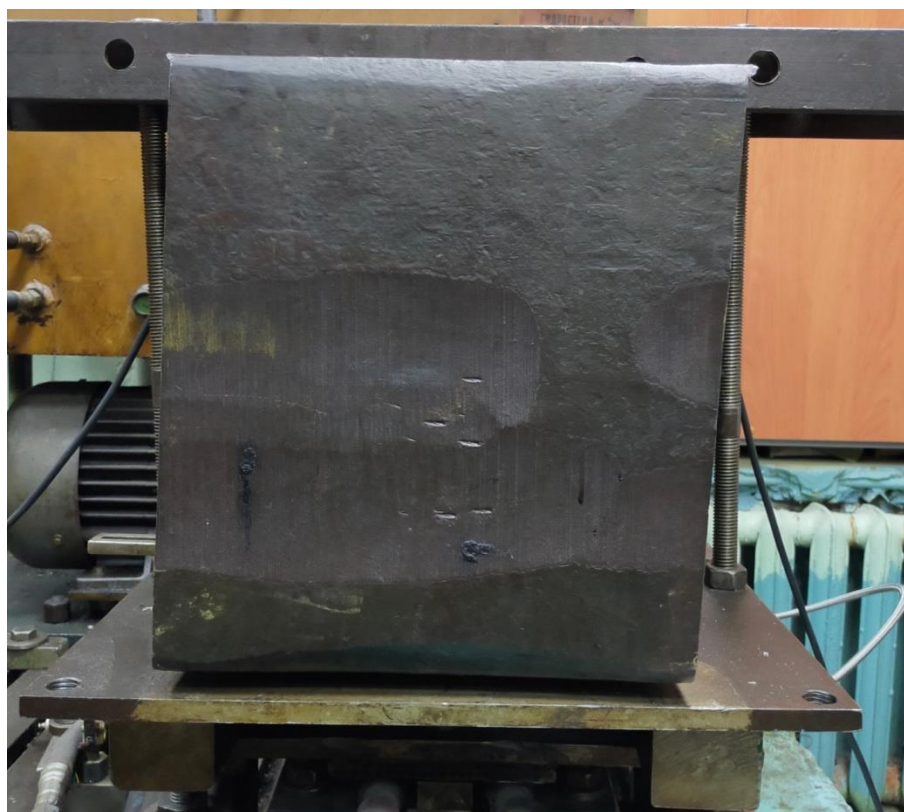


Рисунок 12 - груз

4. Экспериментальная часть

4.1. Описание и характеристики оборудования

Измерительный комплекс представляет из себя четырёхканальный виброизмерительный прибор, предназначенный для измерения параметров вибрации.

В состав данного измерительного комплекса входят:

- устройство, преобразующее сигналы от датчиков в сигнал, понятный компьютеру (Ni cDAQ-9174);
- датчики, представляющие из себя вибропреобразователи типа акселерометр (AP2037-100);
- тахометр для измерения количества оборотов (таходатчик фотоэлектрический ТДФ);
- устройство типа «Ноутбук», на котором будет установлено необходимое для проведения измерений ПО.

Всё это вместе представляет из себя комплекс К-5101.

Приведём основные характеристики составных частей комплекса.



Рисунок 13 – вибропреобразователь AP2037-100

Вибропреобразователь (рисунок 13) предназначен для преобразования энергии вибрации в электрический импульс. Его основные характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – основные характеристики AP2037-100

Параметр	Значение
Количество каналов измерения	1
Осевая чувствительность (+/- 10%)	100 мВ/г
Амплитудный диапазон	+/-50g
Максимальный удар (пиковое значение)	+/-1500 g
Частотный диапазон (+/- 1дБ)	0,5 - 15000 Гц
Собственная частота в закрепленном состоянии	>45 кГц
Собственные шумы, СКЗ (1 Гц - 10 кГц)	<0,00035g
Диапазон рабочих температур	-40...+125 гр.С
Питание	IEPE/ICP: напряжение +18...30В, ток +2...20мА
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Соединитель	10-32UNF
Масса (без кабеля)	13 г
Габаритные размеры	18мм x 12мм x 17мм



Рисунок 14 – шасси cDAQ-9174

4-слотовое шасси USB CompactDAQ—cDAQ-9174 (рисунок 14) — шасси с подключением USB и питанием от шины, предназначенное для небольших, портативных измерительных систем с датчиками. Это шасси обеспечивает простое USB-подключение к датчикам и электрическим устройствам измерения. Шасси предназначено для соединения преобразующих блоков и компьютера. В него устанавливается модуль звука и вибрации.



Рисунок 15 – модуль звука и вибрации Ni - 9234

Модуль звука и вибрации (рисунок 15) предназначен для преобразования электрических импульсов, поступающих от вибропреобразователя, в импульсы, понятные компьютеру. Его основные характеристики представлены в таблице 4.

Таблица 4 – основные характеристики модуля звука и вибрации Ni - 9234

Параметр	Значение
Тип продукта	Модуль ввода звука и вибрации серии С
Частота дискретизации :	51,2 кс/с
Разрешение (биты)	24 бит
Связь аналогового входа	Переменный ток
Частота среза	0,1 Гц
Количество входных каналов	4 канала
Для использования с	Системы NI CompactDAQ и CompactRIO

Все измерения проводятся с помощью программного обеспечения «Виброрегистратор - Ф». Данное программное обеспечение способно расшифровать сигнал, приходящий с оборудования и в автоматическом режиме построить необходимые для анализа графики.

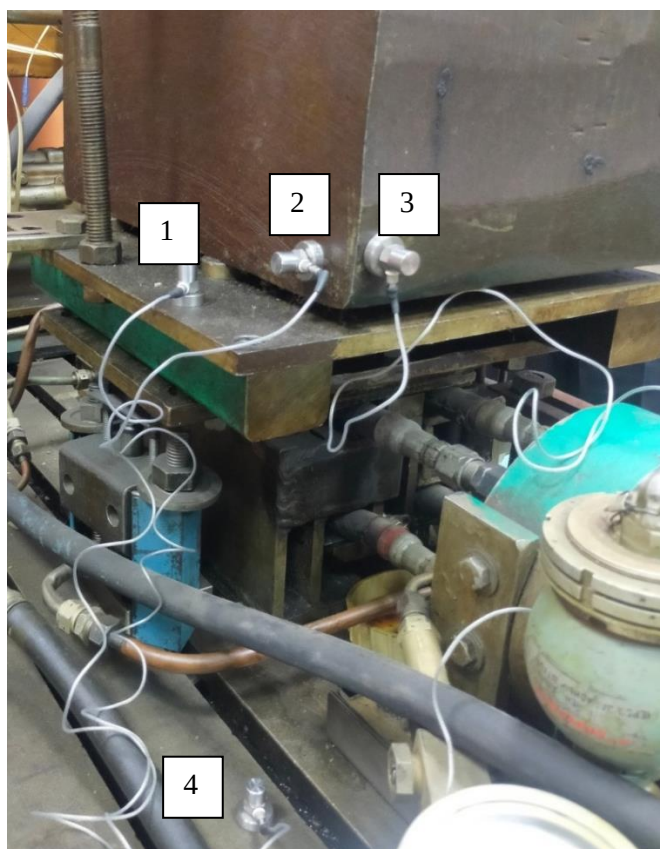


Рисунок 16 – схема расположения датчиков при измерениях.

Датчики расставлены таким образом: один из датчиков установлен на основании (поз. 1 рисунок 16), два датчика (поз. 2 и 3 на рисунке 16) установлены взаимно перпендикулярно на двух сторонах груза. Это необходимо для введения системы координат, чтобы представлялось возможным измерение вибрации по трём осям. То есть, вибрационные перемещения измеряются в данном случае в осевых направлениях. Но также есть и четвёртый датчик (поз. 4 на рисунке 16). Он расположен на основании вибрационного источника. С его помощью представляется возможным оценить вибрационное воздействие источника на здание в целом.

Представим полученную систему координат на рисунке 17:

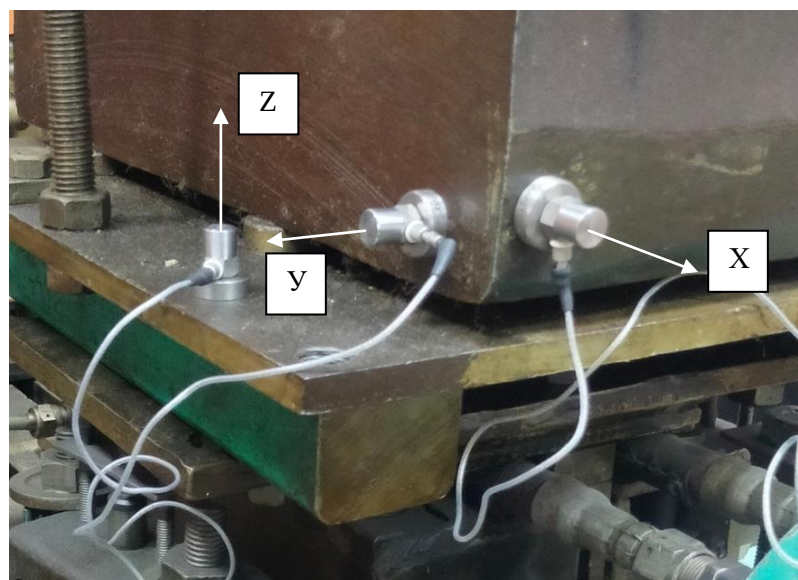


Рисунок 17 – система координат.

Измерения проводились при переменных частотах и переменных давлениях. Диапазон давлений на каждой частоте варьировался от 8 кгс/см^3 до 40 кгс/см^3 . Диапазон частот для измерений составил 5 Гц – 20 Гц.

При измерениях графики строятся в разных цветах для удобства их различения. Датчики имеют следующие обозначения на графиках: 1 – красный цвет, 2 – черный цвет, 3 – зеленый цвет, 4 – синий цвет .

4.2. Результаты измерений и их обработка

Представим полученные измерения в графиках по виброперемещениям:



Рисунок 18 – амплитудный график при частоте 5 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

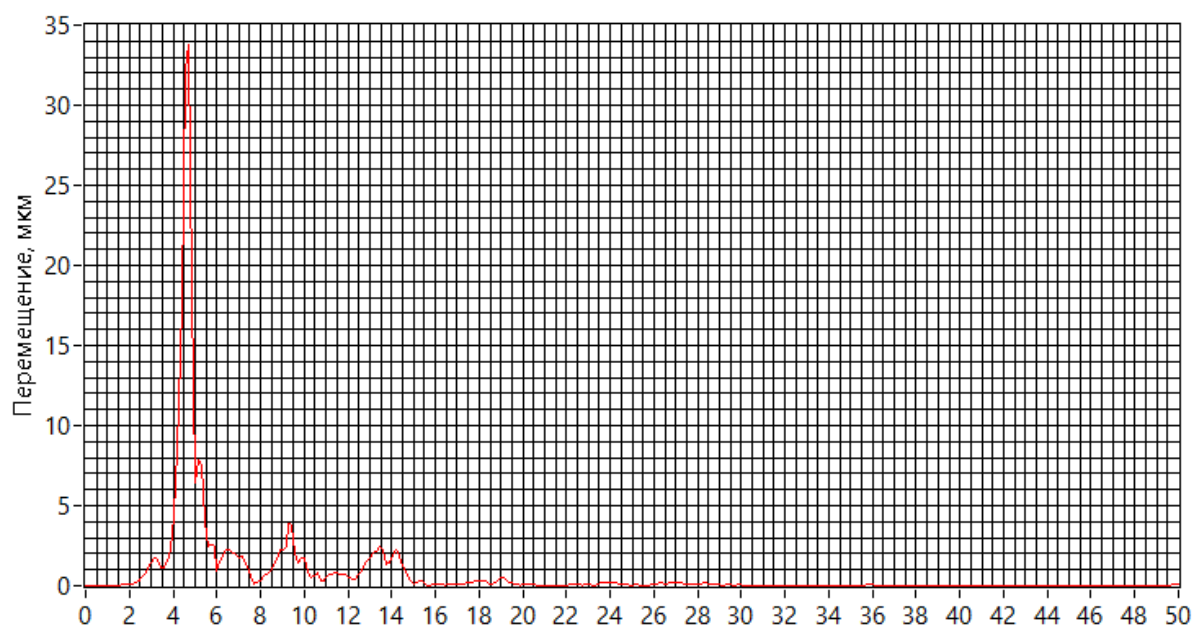


Рисунок 19 – спектр колебаний груза при частоте 5 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

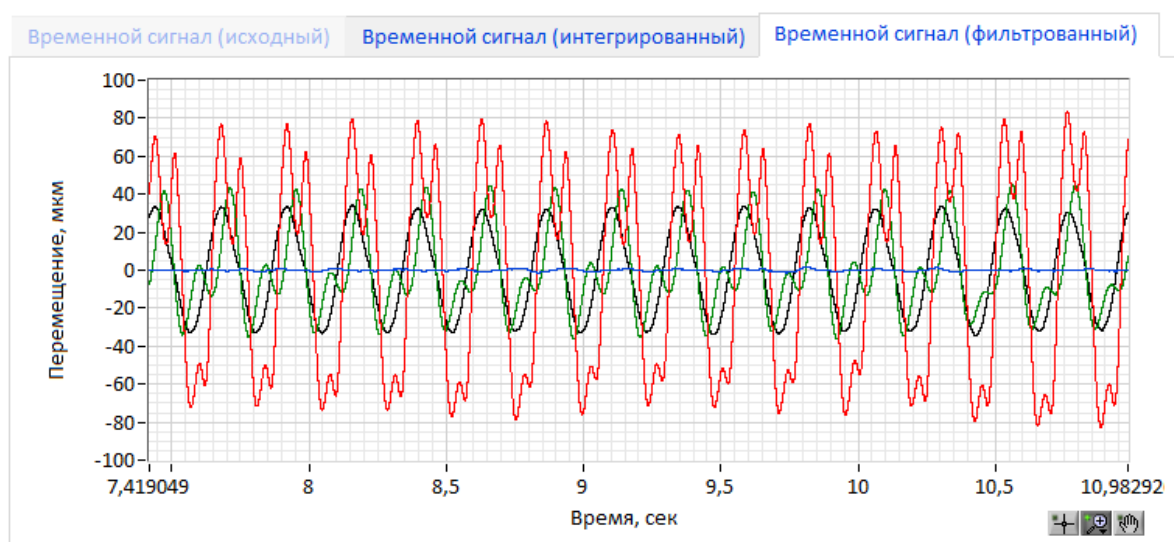


Рисунок 20 - амплитудный график при частоте 5 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

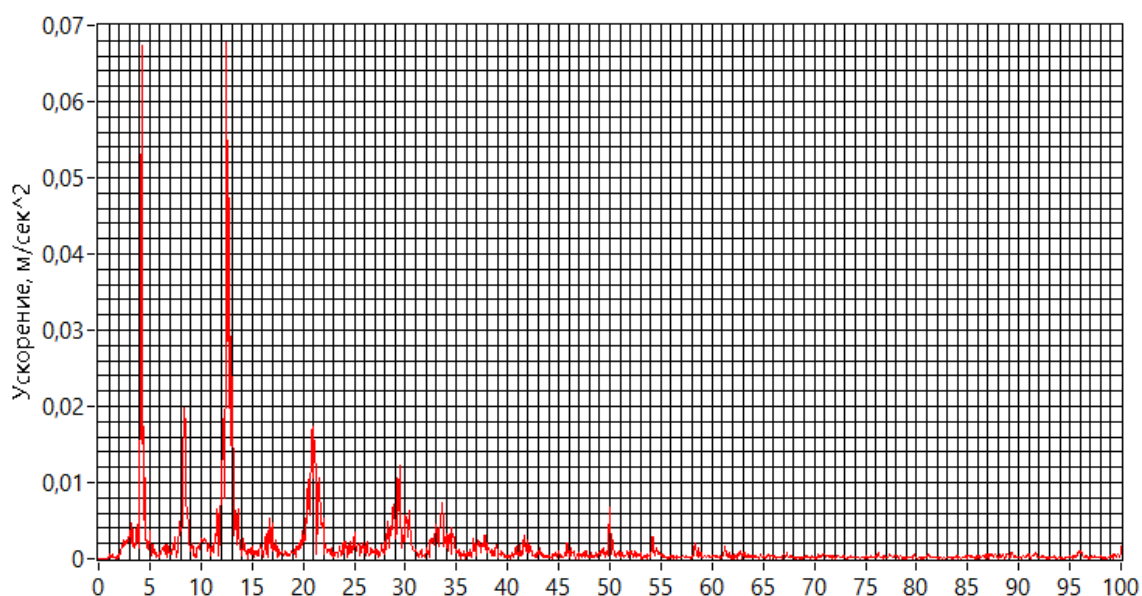


Рисунок 21 – спектр виброперемещений груза при частоте 5 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

Как видно из графиков виброперемещений (рисунки 18 – 21), на столь малых частотах могут возникать искажения волны. Анализируя спектрограмму при разных давлениях можно заметить, что частота возбуждения на них одинаковая, однако вторая гармоника присутствует только в случае с давлением в 1,6 МПа. Причем вторая гармоника не уступает в амплитуде первой, а частота второго резонанса примерно в 3 раза выше частоты возбуждения. Это говорит о том, что в данном случае энергия воздействия груза больше при давлении в 1,6 МПа.

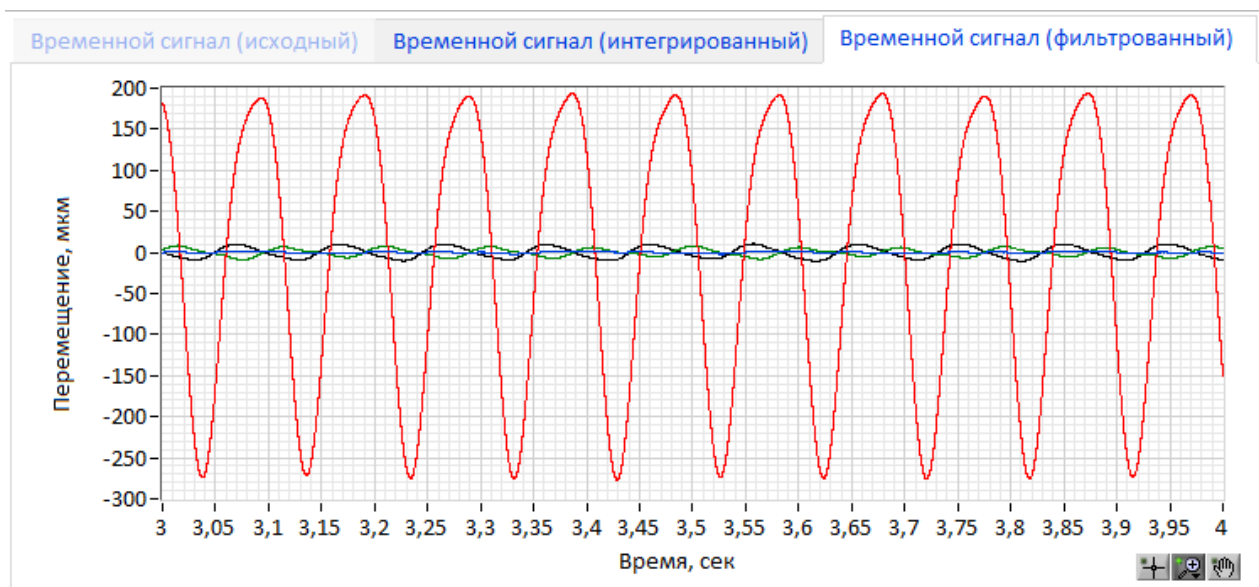


Рисунок 22 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

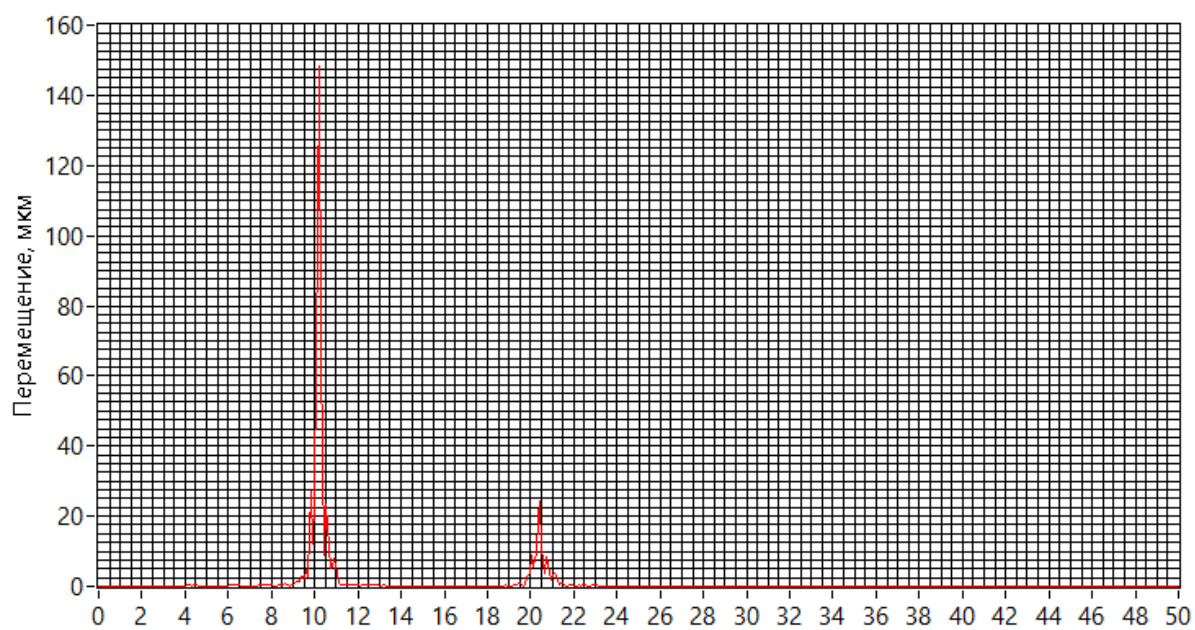


Рисунок 23 – спектр колебаний груза при частоте 10 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

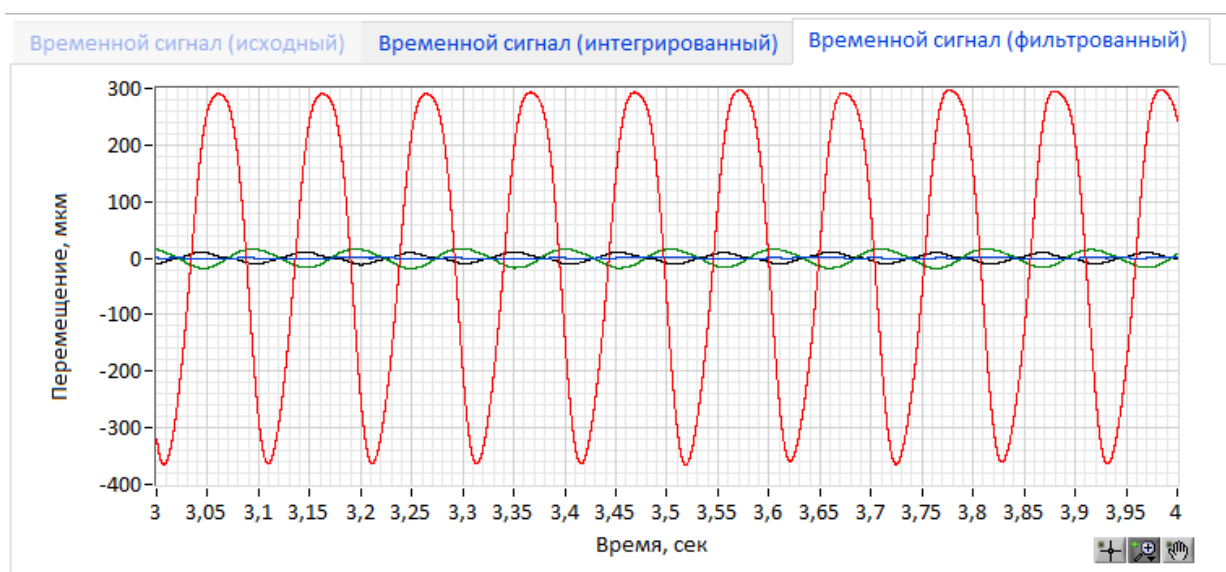


Рисунок 24 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

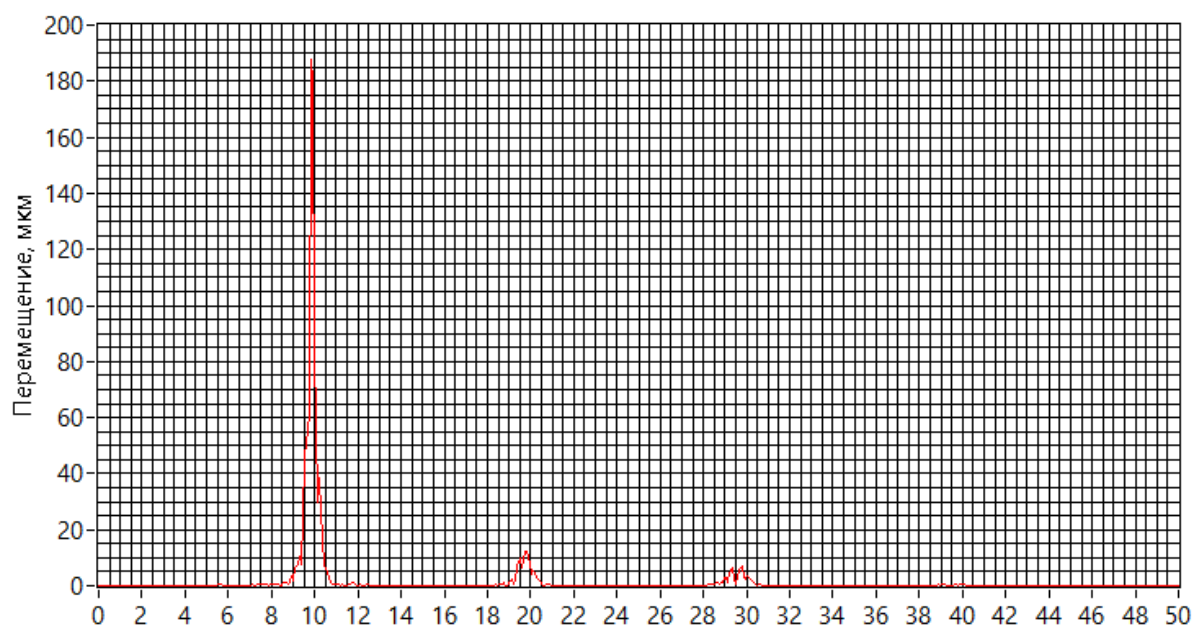


Рисунок 25 – спектр колебаний груза при частоте 10 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

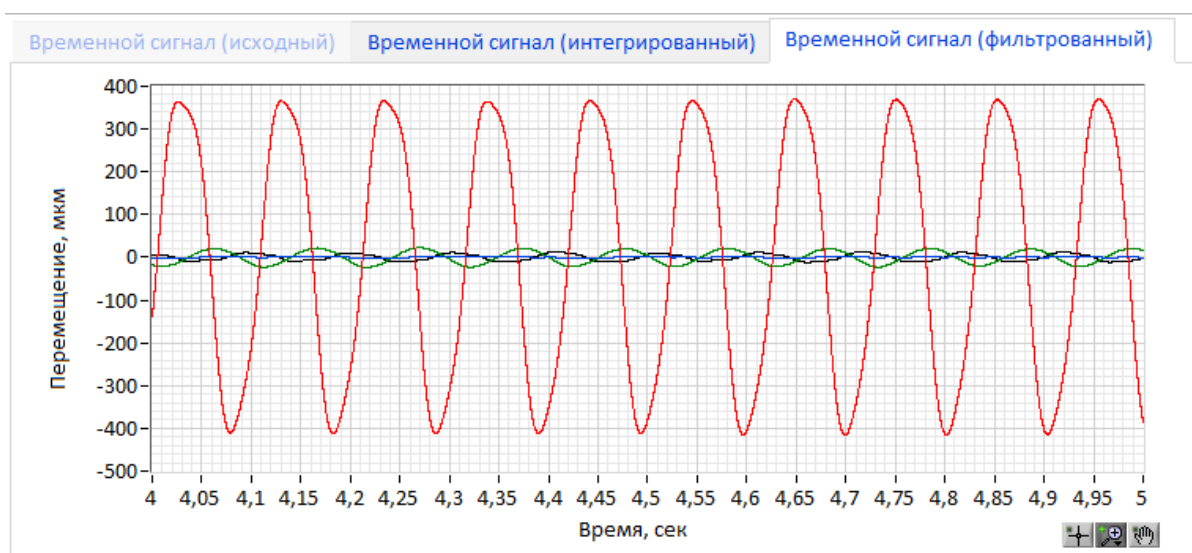


Рисунок 26 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

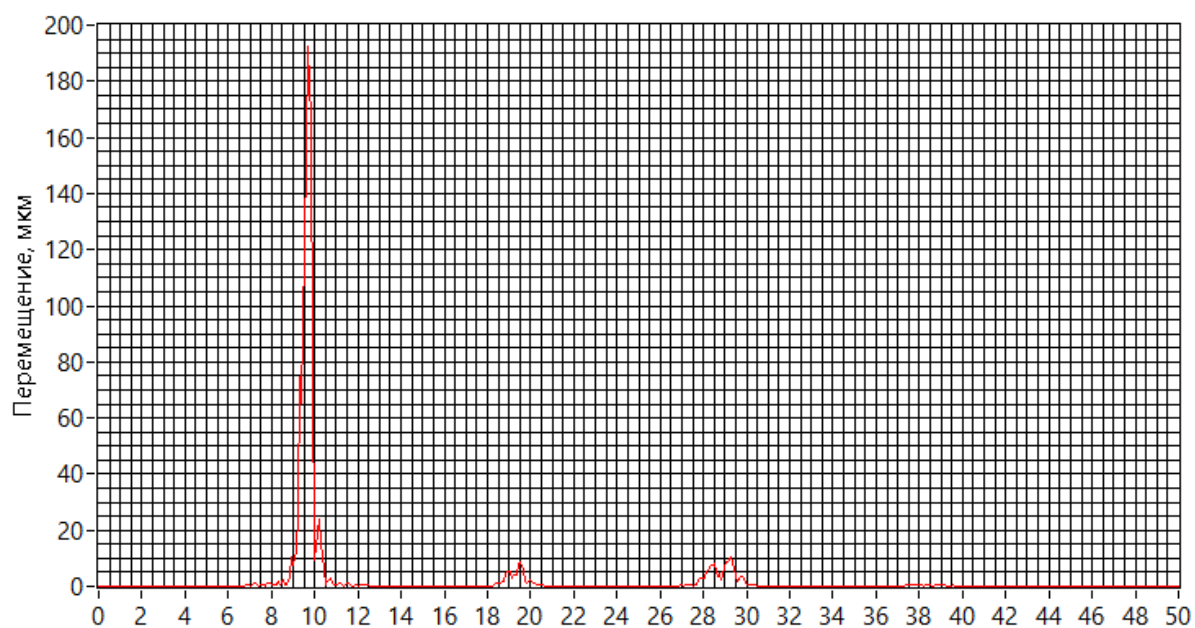


Рисунок 27 – спектр колебаний груза при частоте 10 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

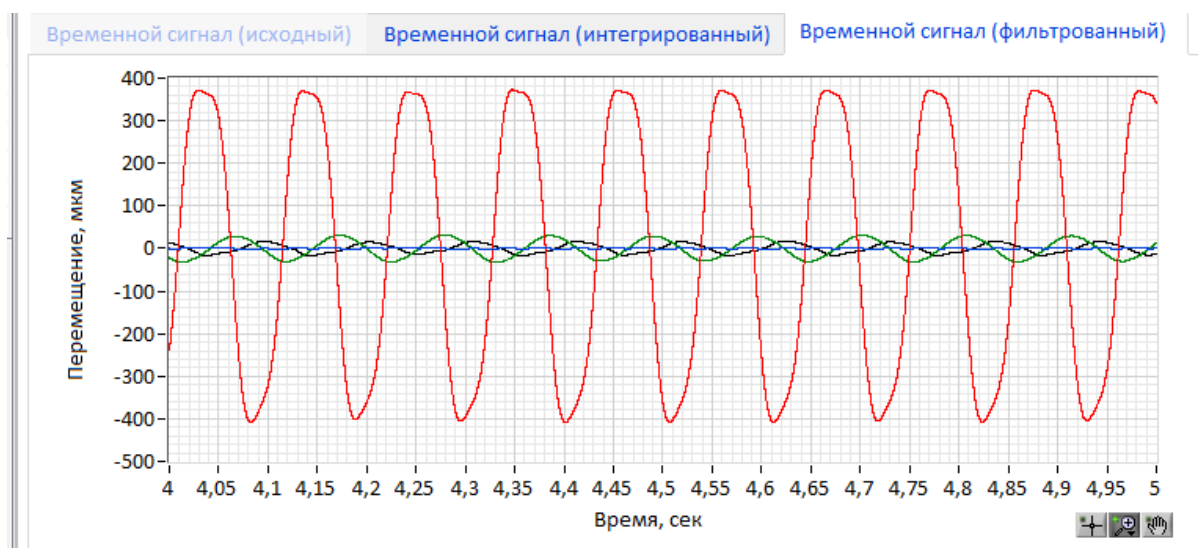


Рисунок 28 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

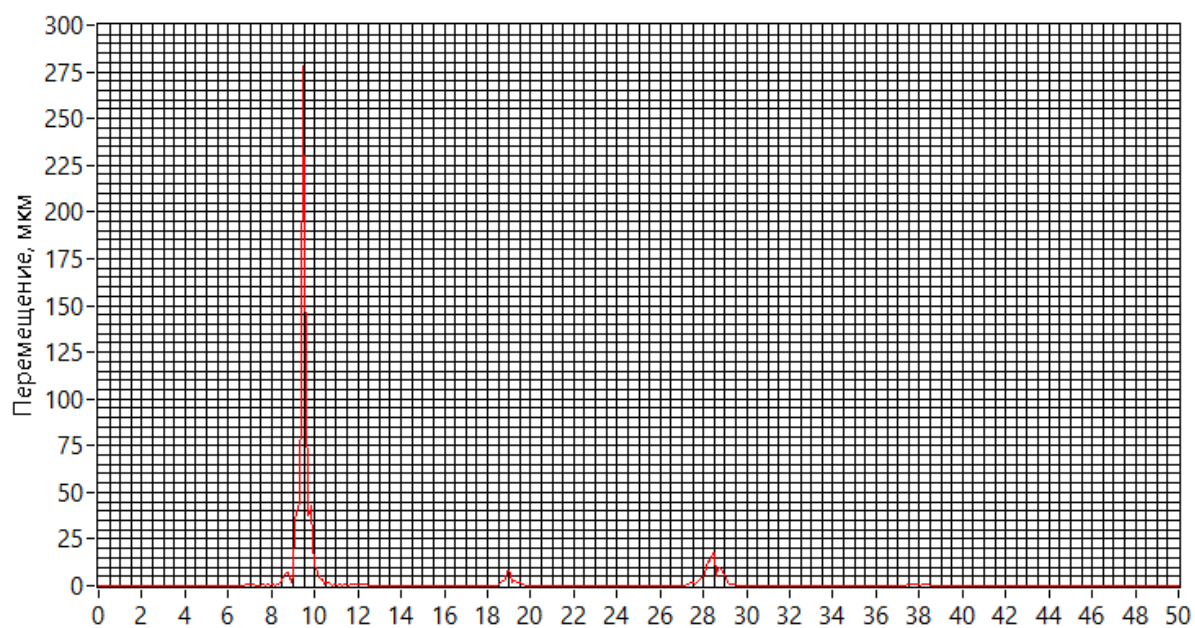


Рисунок 29 – спектр колебаний груза при частоте 10 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

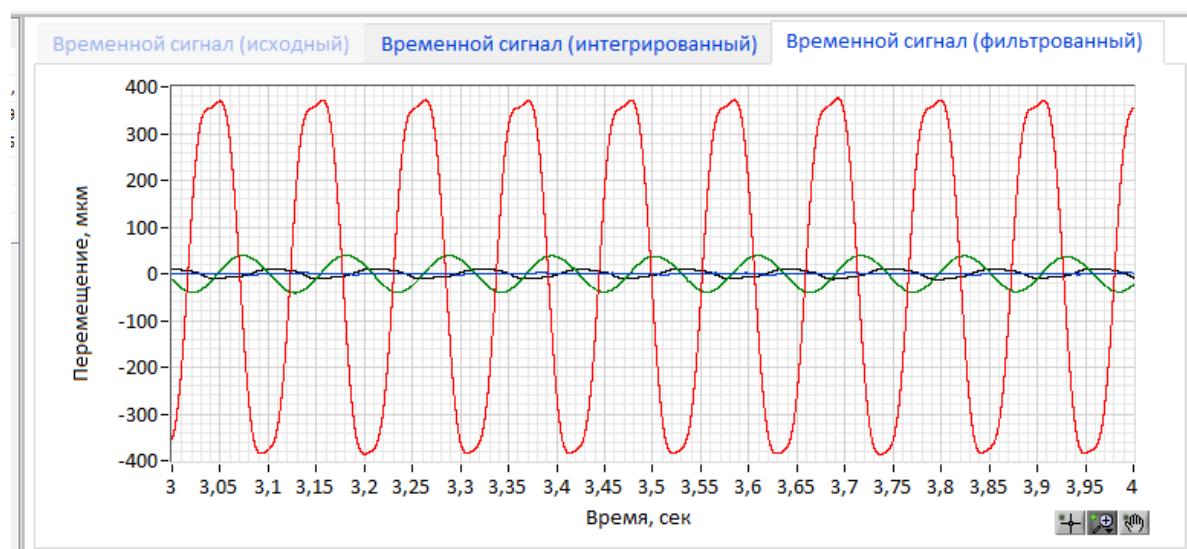


Рисунок 30 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

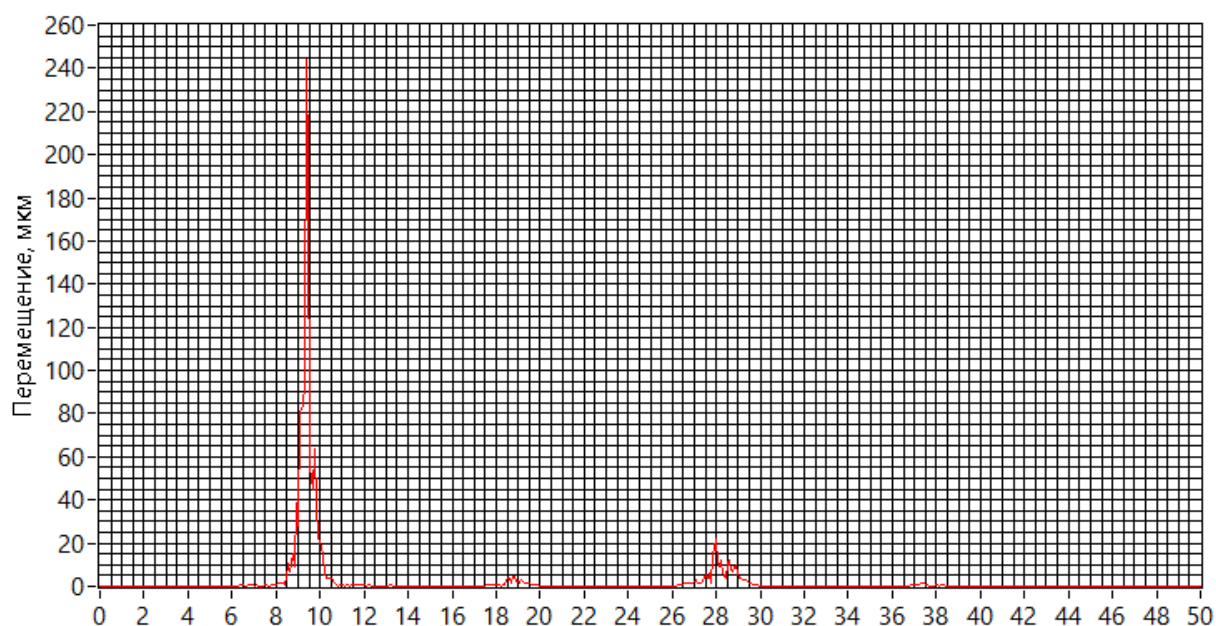


Рисунок 31 – спектр колебаний груза при частоте 10 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

Анализируя рисунки 22 – 31 можно сказать, что на ранних стадиях увеличения давления ощутимо возрастает амплитуда колебаний груза. Однако при дальнейшем повышении давления амплитуда остаётся неизменной или снижается. Если рассмотреть спектрограммы, то картины, аналогичной предыдущему опыту не наблюдается. Ни при одном значении давления вторая гармоника не достигает близких по амплитуде значений к частоте возбуждения.



Рисунок 32 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

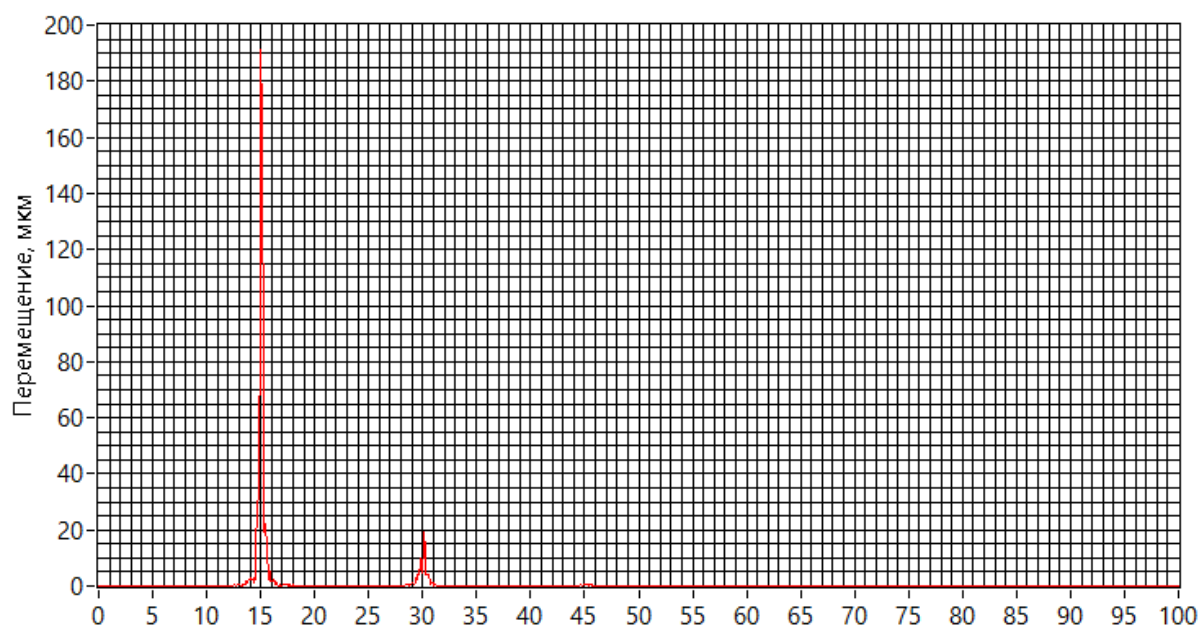


Рисунок 33 – спектр колебаний груза при частоте 15 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

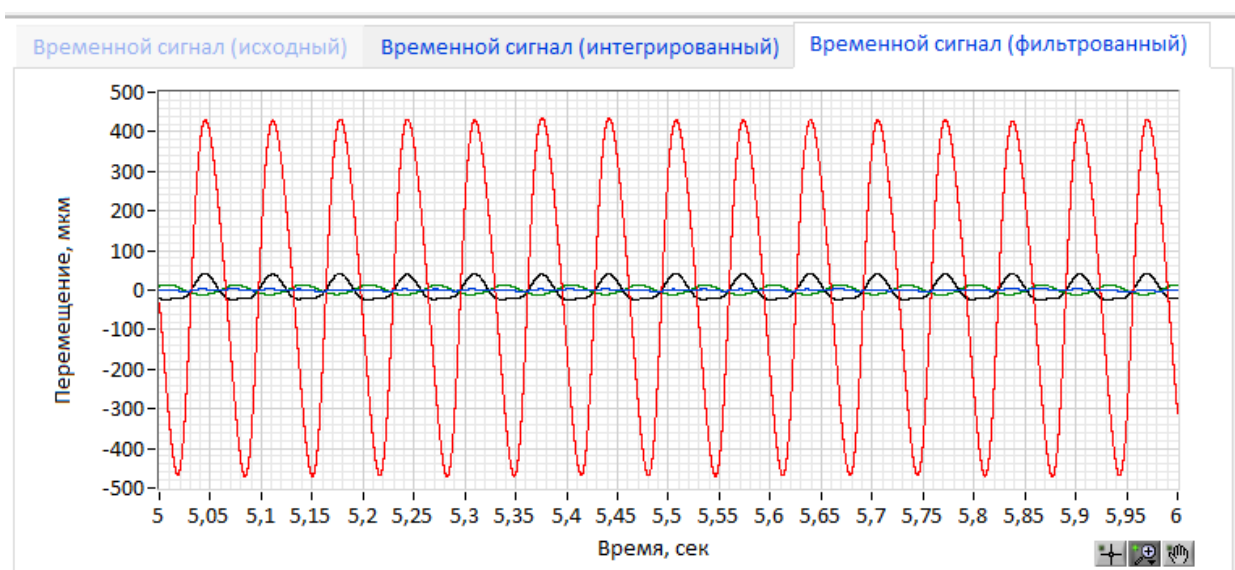


Рисунок 34 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

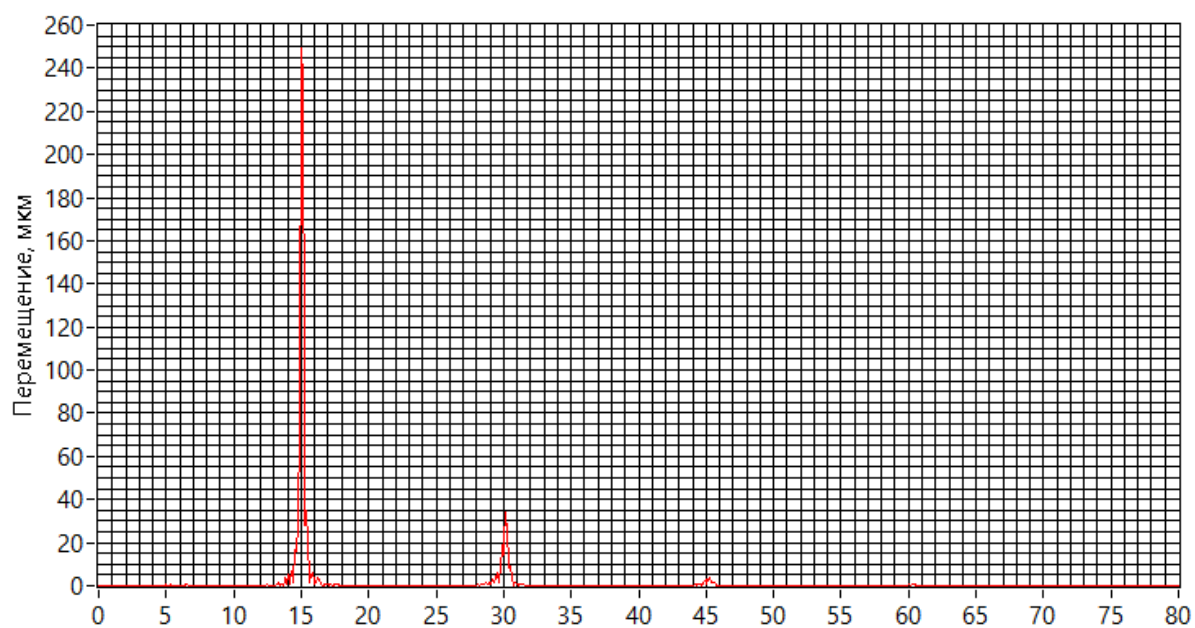


Рисунок 35 – спектр колебаний груза при частоте 15 Гц и давлении в системе 16 кгс/см^3 .

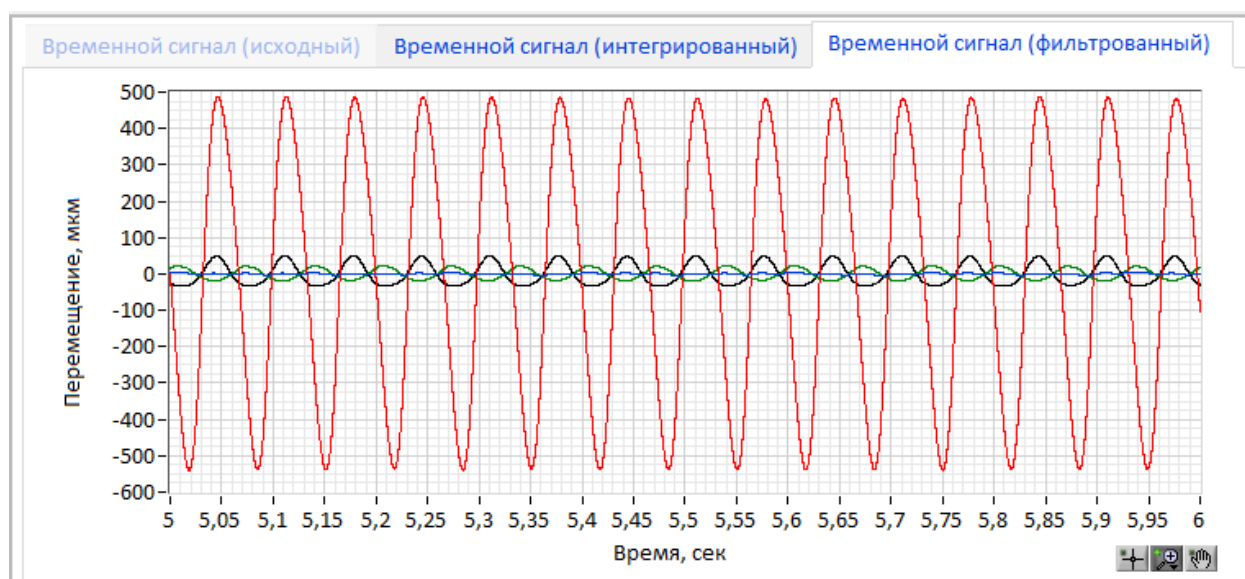


Рисунок 36 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

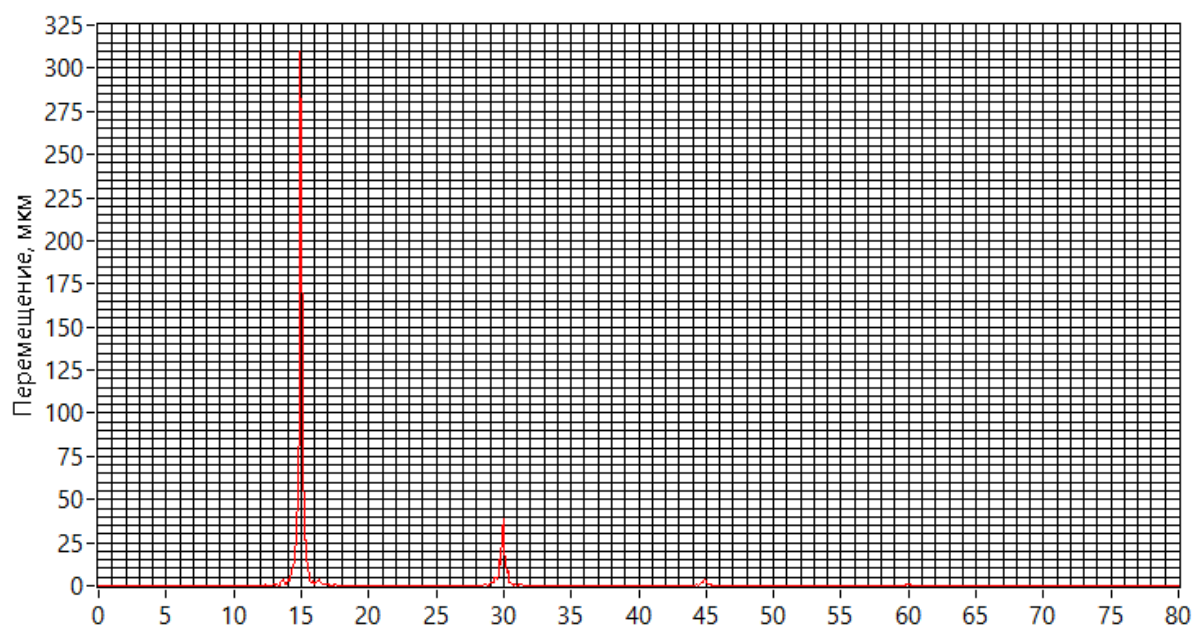


Рисунок 37 – спектр колебаний груза при частоте 15 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

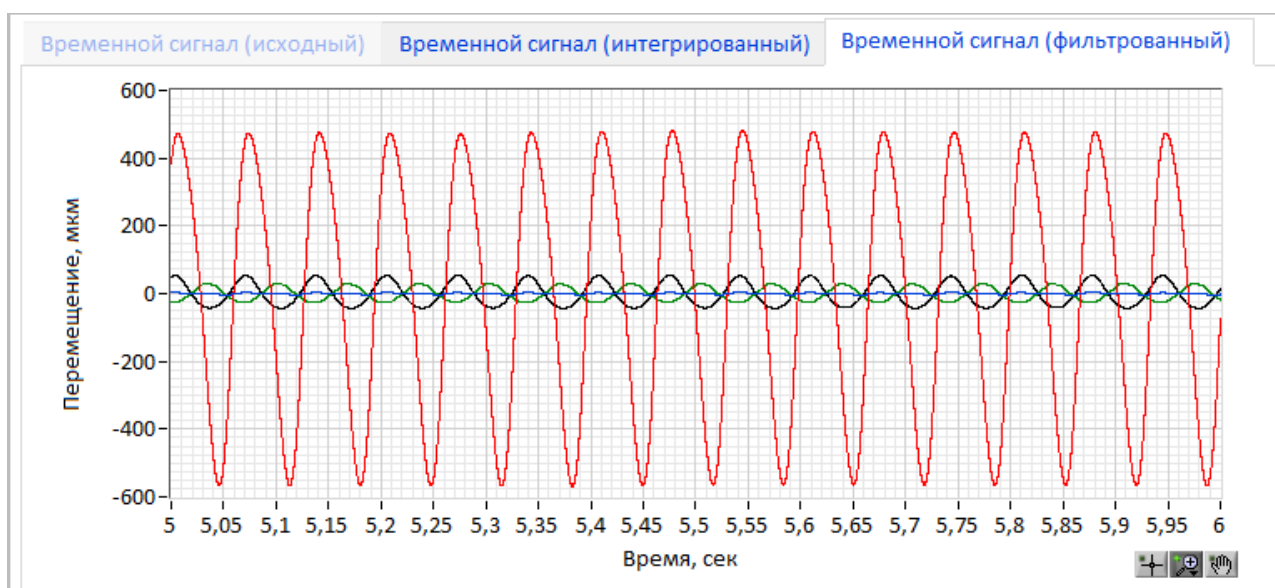


Рисунок 38 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

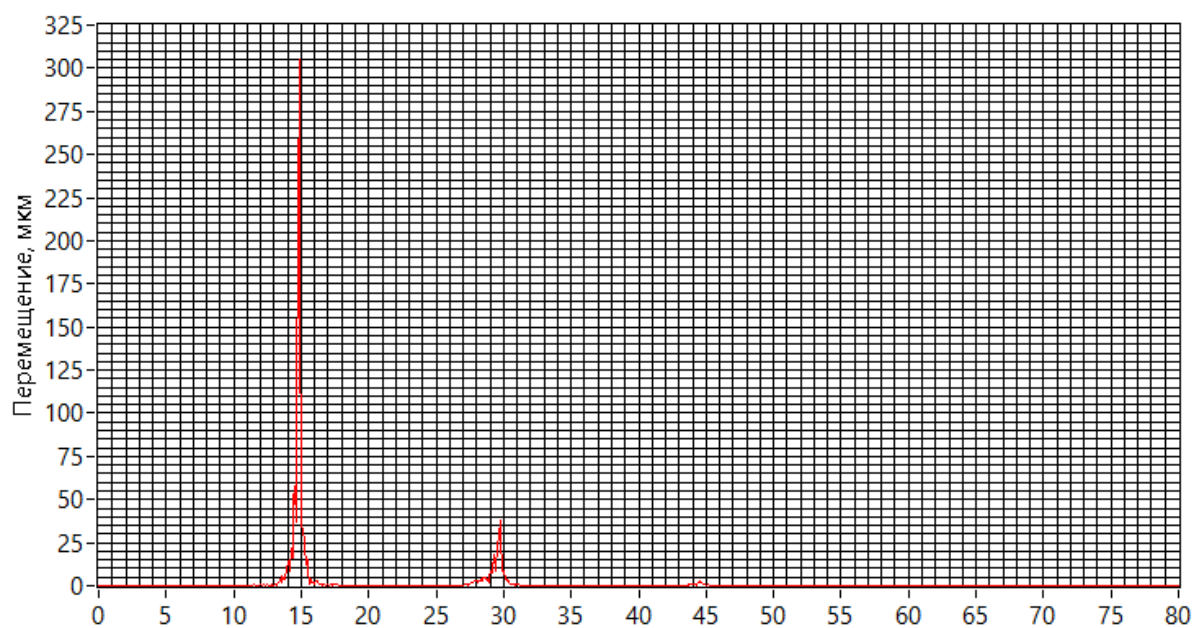


Рисунок 39 – спектр колебаний груза при частоте 15 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

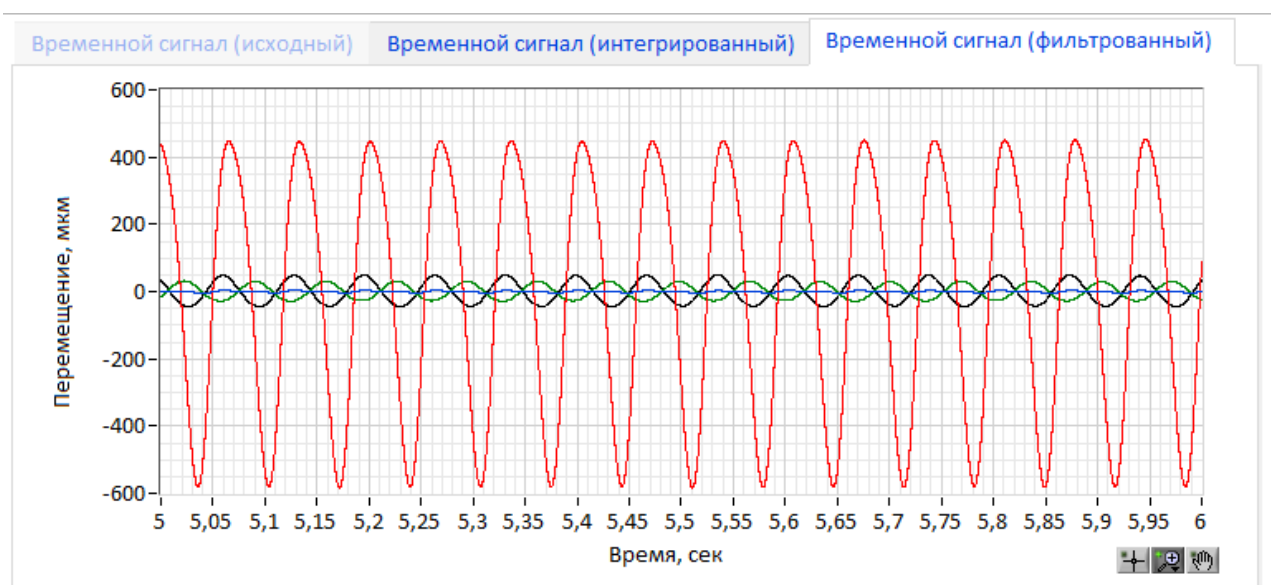


Рисунок 40 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

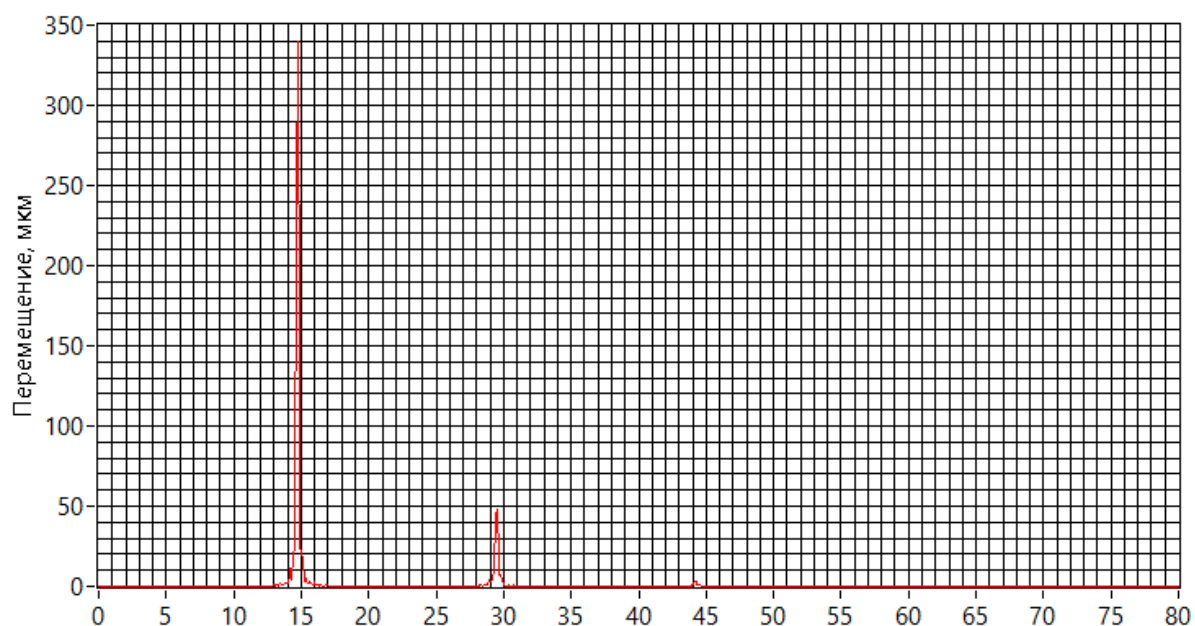


Рисунок 41 – спектр колебаний груза при частоте 15 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

При проведении данной серии измерений (рисунки 32 – 41) стало очевидно, что амплитуда колебаний груза растёт гораздо активнее и в более широком диапазоне давлений, в отличие от серии измерений при частоте 10 Гц. Это говорит о том, что при данной частоте возможности настройки вибрационного источника по амплитуде гораздо шире. Однако, на максимальных значениях давления амплитуда вновь подвергалась тому же закону. Анализируя спектрограммы данной серии измерений видно, что вторая гармоника возникает на частоте, примерно в два раза превышающей частоту возбуждения. Однако амплитуда на этой гармонике не сопоставима с амплитудой на частоте возбуждения, что говорит о том, что энергия воздействия груза будет наибольшей при частоте возбуждения.

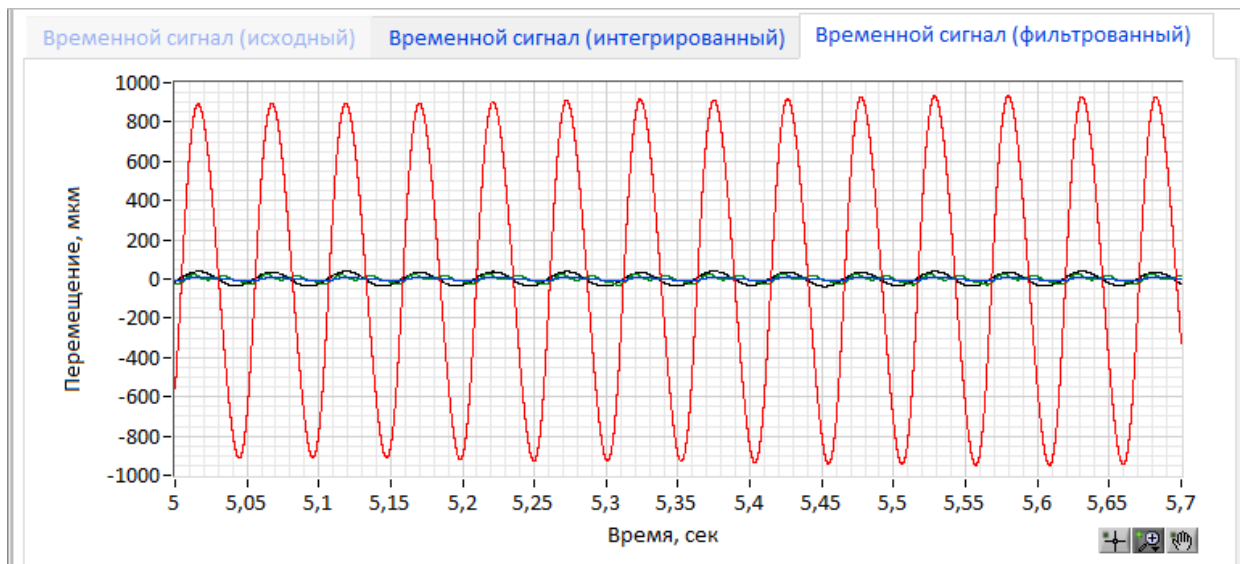


Рисунок 42 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

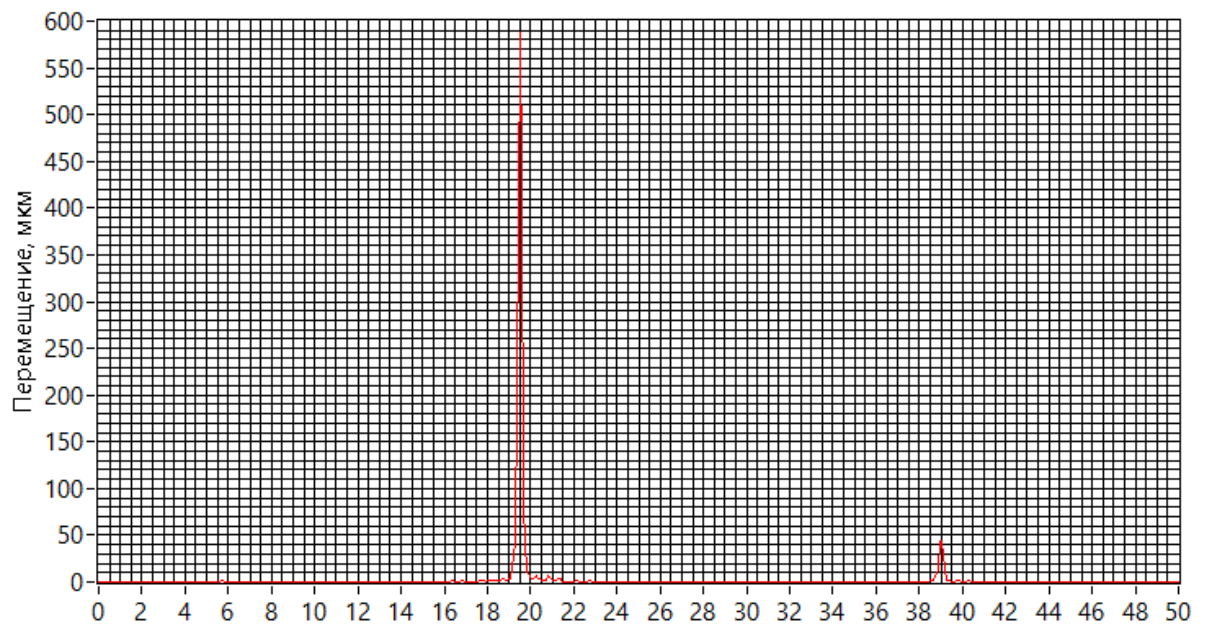


Рисунок 43 – спектр колебаний груза при частоте 20 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

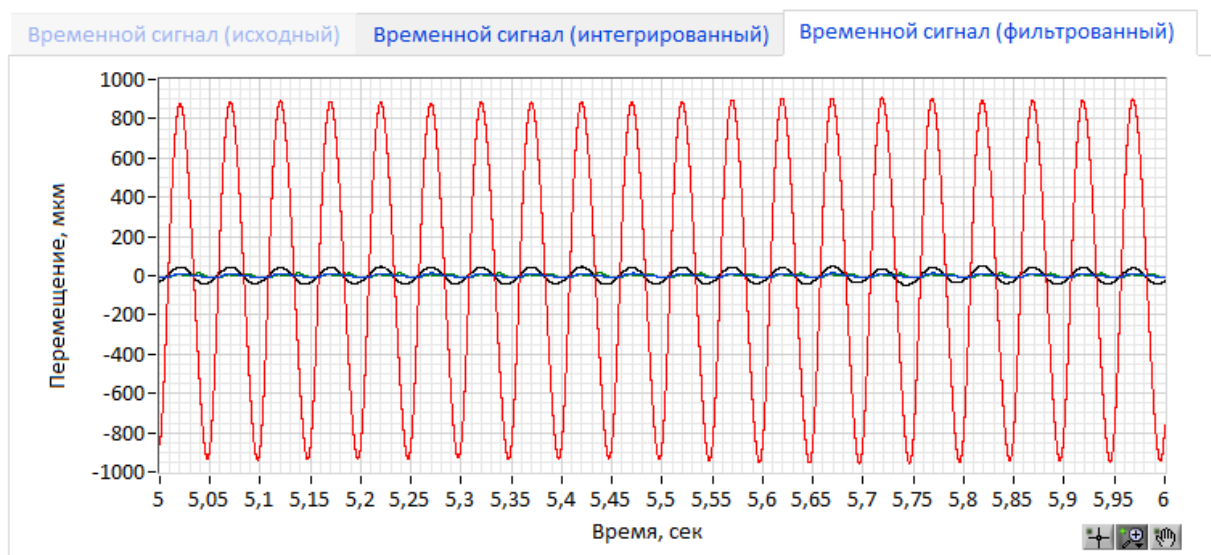


Рисунок 44 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

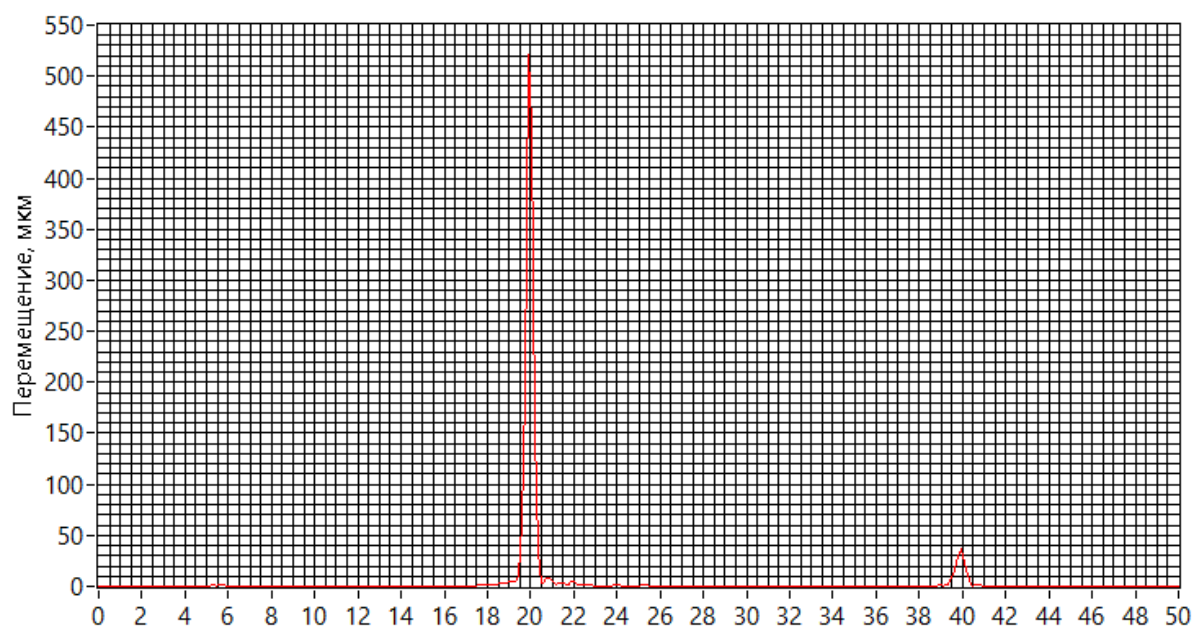


Рисунок 45 – спектр колебаний груза при частоте 20 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

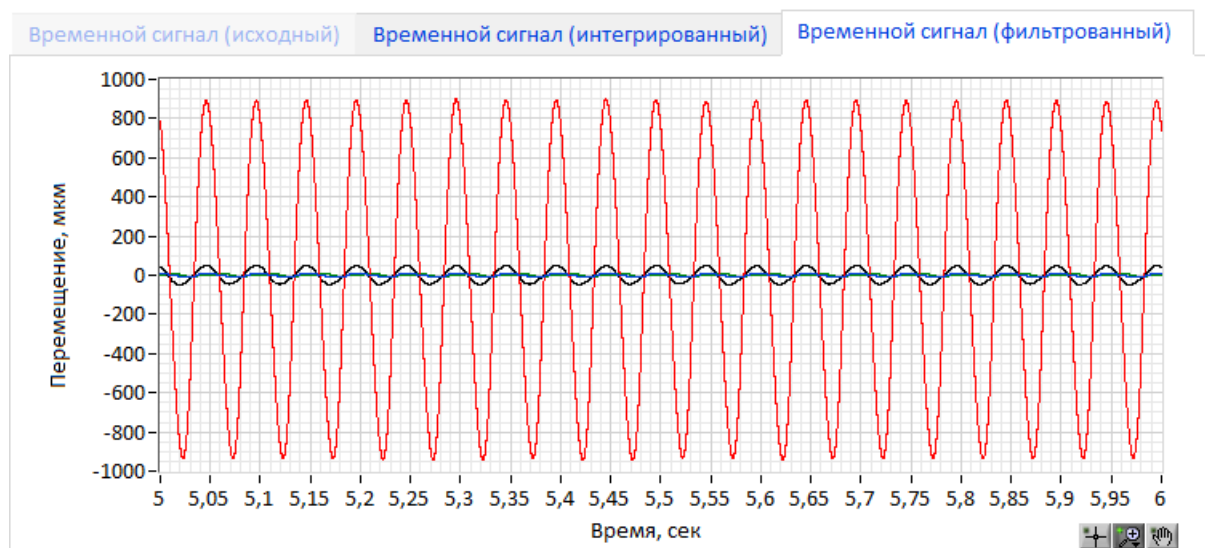


Рисунок 46 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

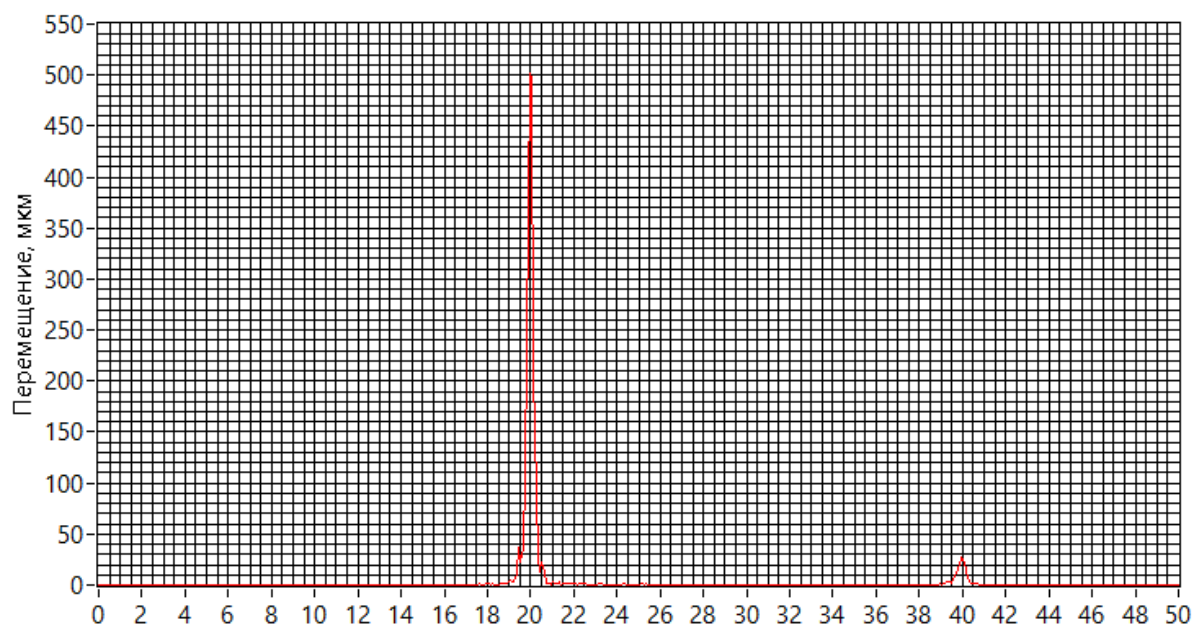


Рисунок 47 – спектр колебаний груза при частоте 20 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

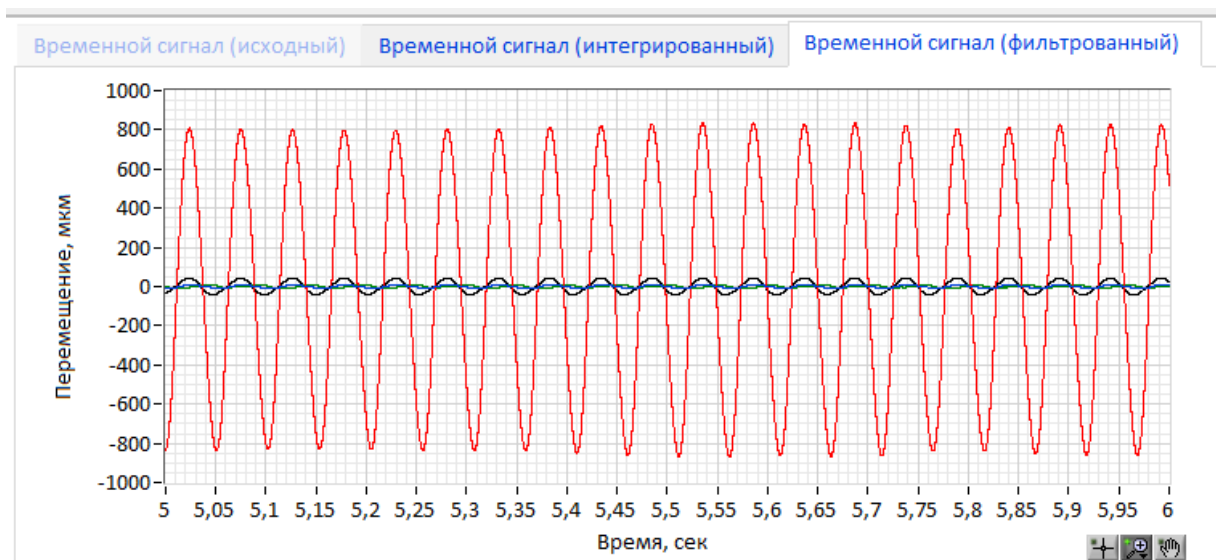


Рисунок 48 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

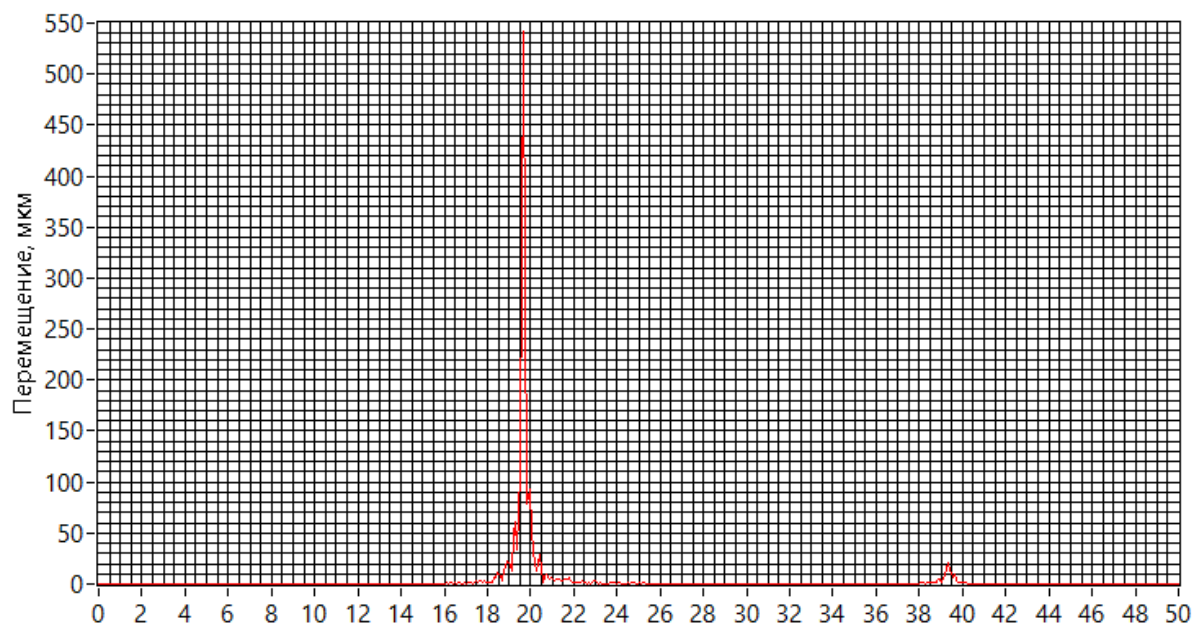


Рисунок 50 – спектр колебаний груза при частоте 20 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

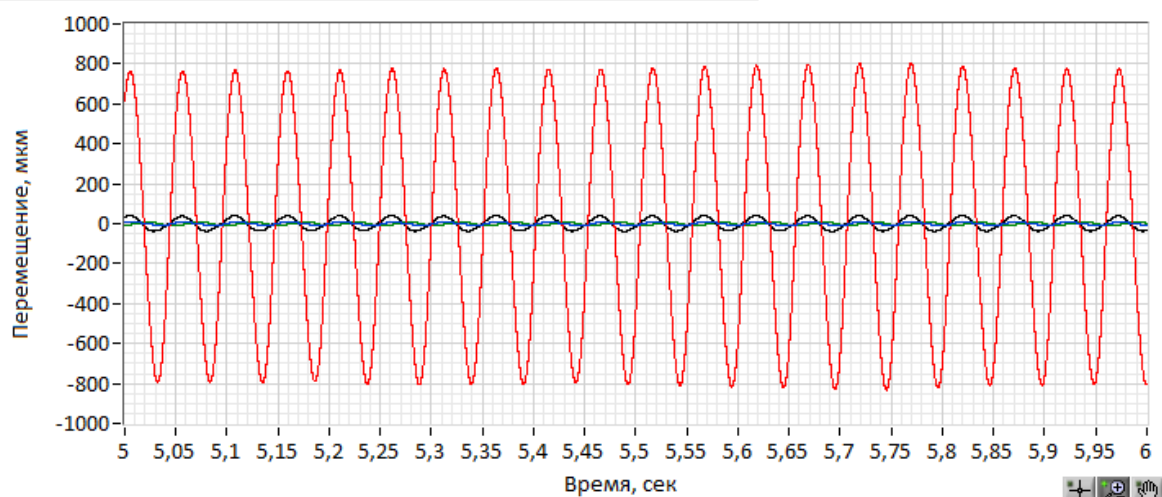


Рисунок 51 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

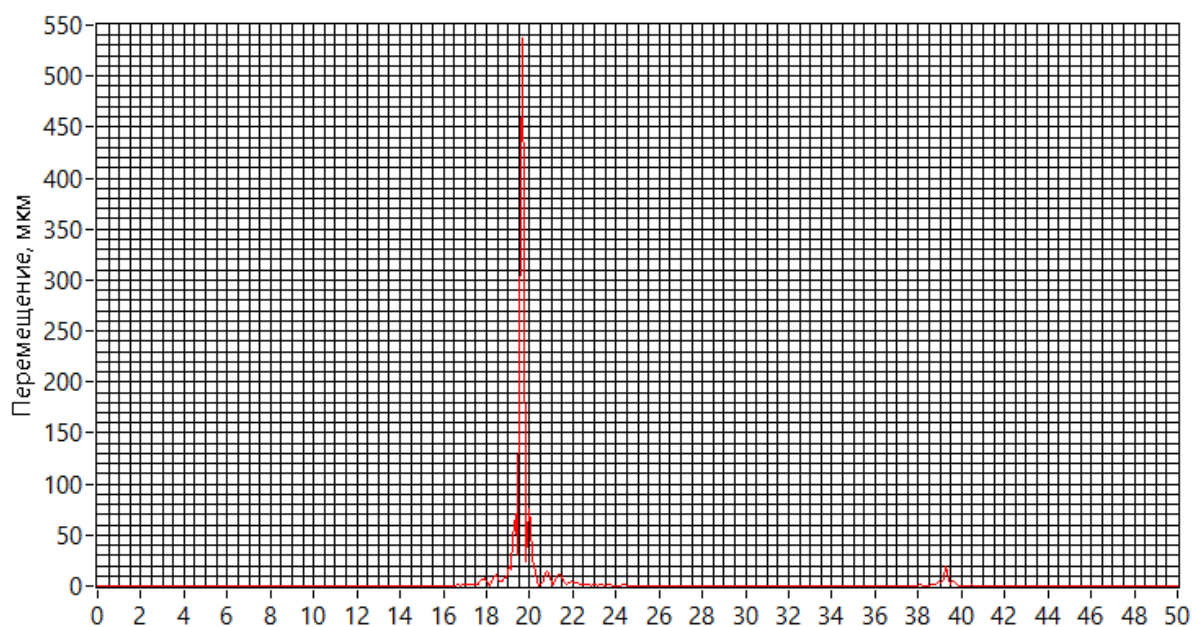


Рисунок 52 – спектр колебаний груза при частоте 20 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

Анализируя серию измерений, проведённых на частоте 20 Гц (рисунки 42 – 52), можно заметить, что амплитуда колебаний практически не изменялась при увеличении давления. Более того, после определённого значения давления амплитуда начала явно снижаться. Рассмотрение спектрограмм показывает, что наибольшей амплитудой безоговорочно обладает частота возбуждения. На этой частоте, следовательно, и будет наибольшая энергия воздействия.

Однако, это всё касаето красной линии, которая символизирует ось Z. Эта ось описывает перемещения груза под действием изменения давления в рукавах. Но в данном исследовании интересна не только амплитуда движения груза, но и мера его воздействия на грунт. В данном случае это воздействие будет описывать синяя линия, рисуемая по измерениям датчика 4.

Рассмотрим воздействие груза на грунт.

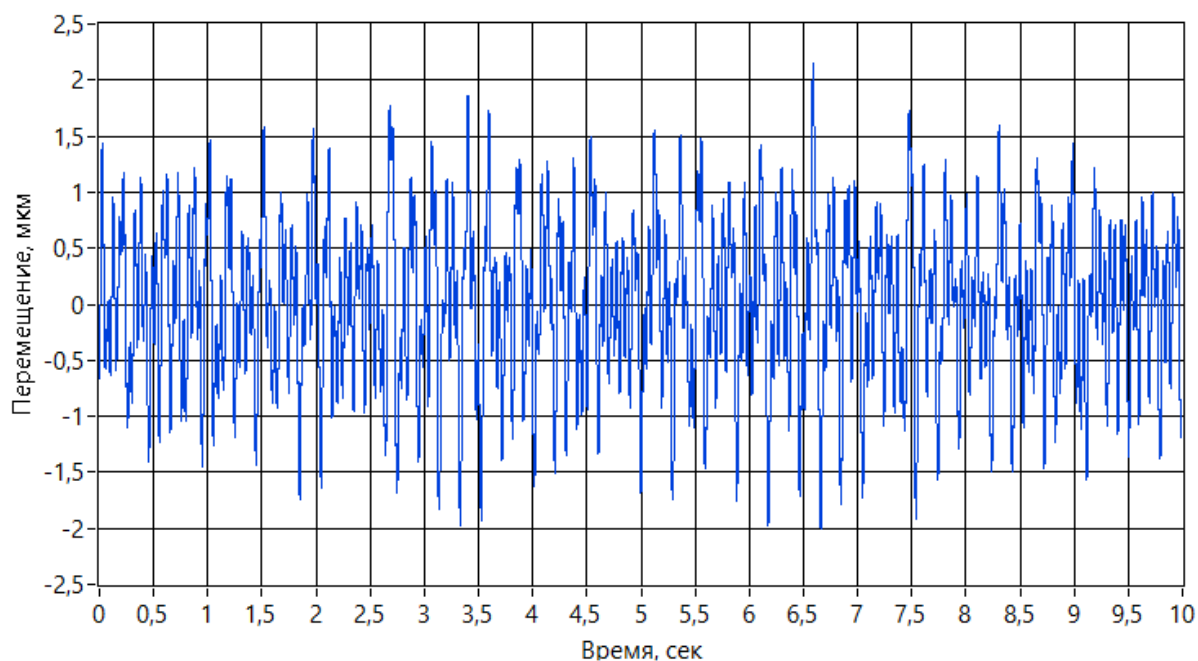


Рисунок 53 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 8 кгс/см^3 .

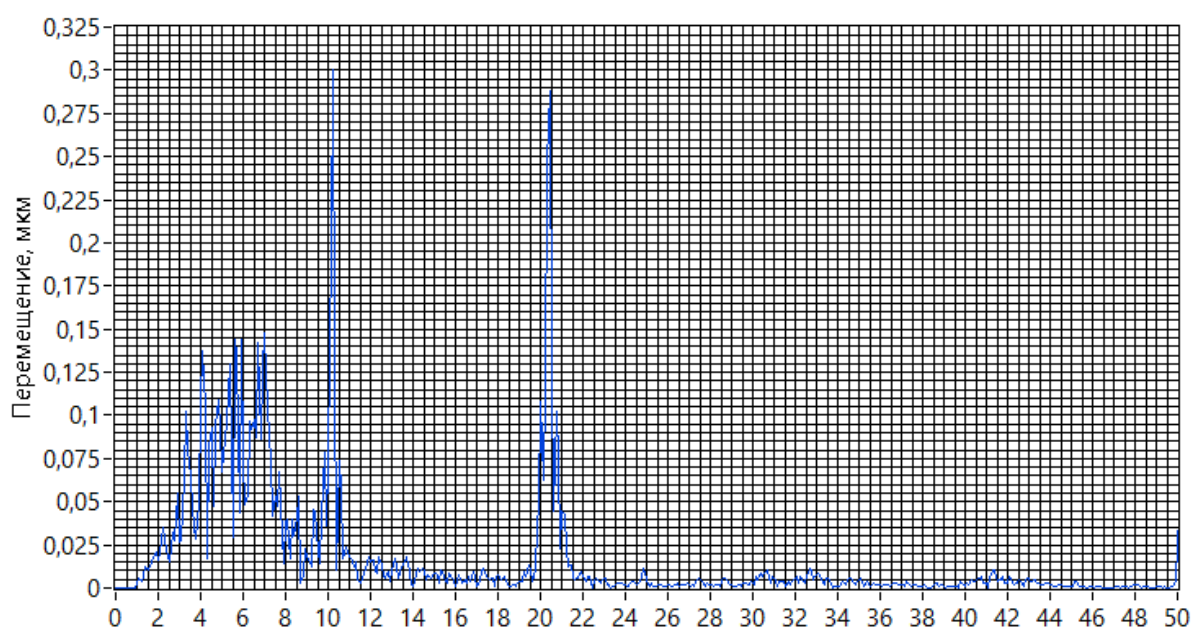


Рисунок 54 – спектр колебаний грунта при частоте 10 Гц и давлении в системе 8 кгс/см³.

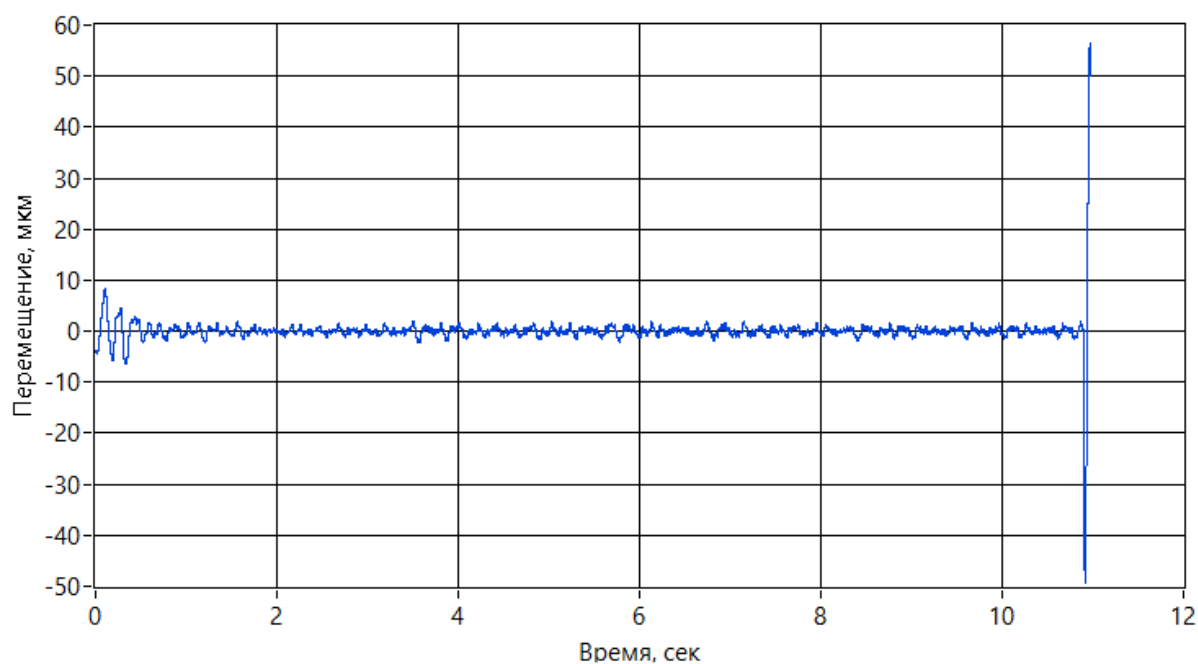


Рисунок 55 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

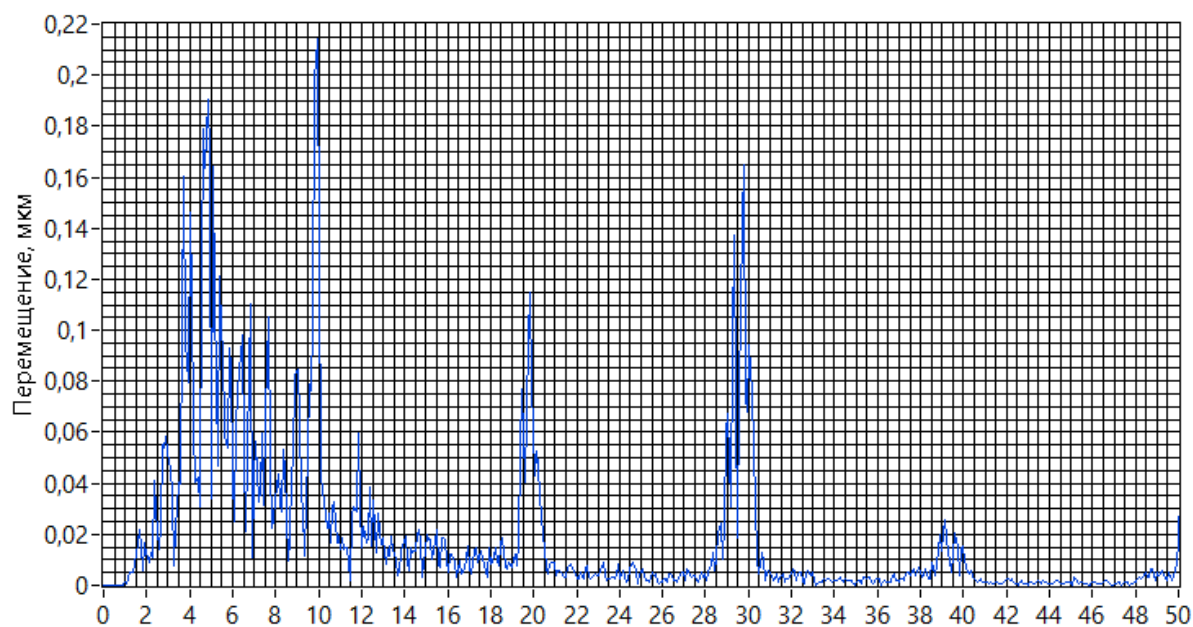


Рисунок 56 – спектр колебаний грунта при частоте 10 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

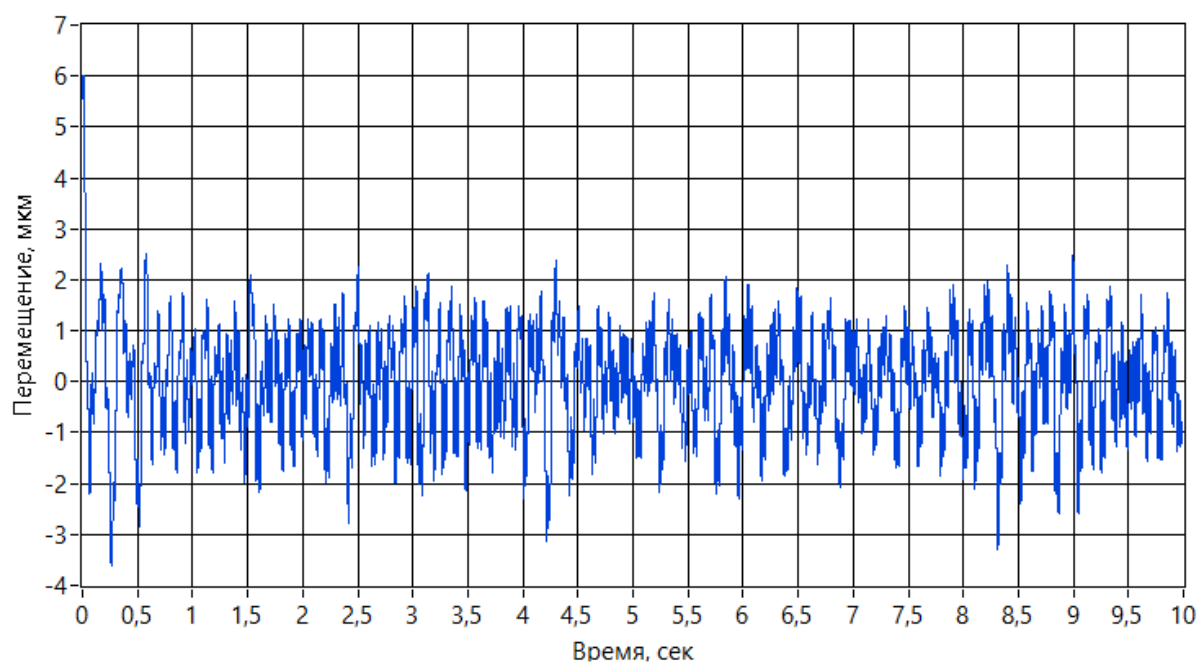


Рисунок 57 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

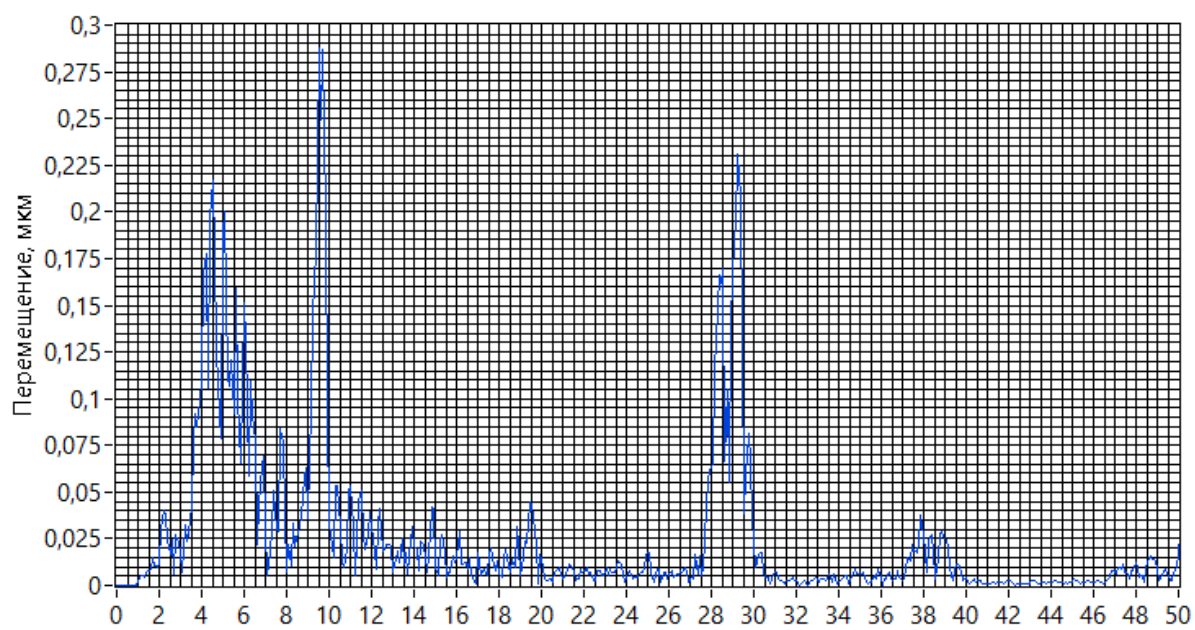


Рисунок 58 – спектр колебаний грунта при частоте 10 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

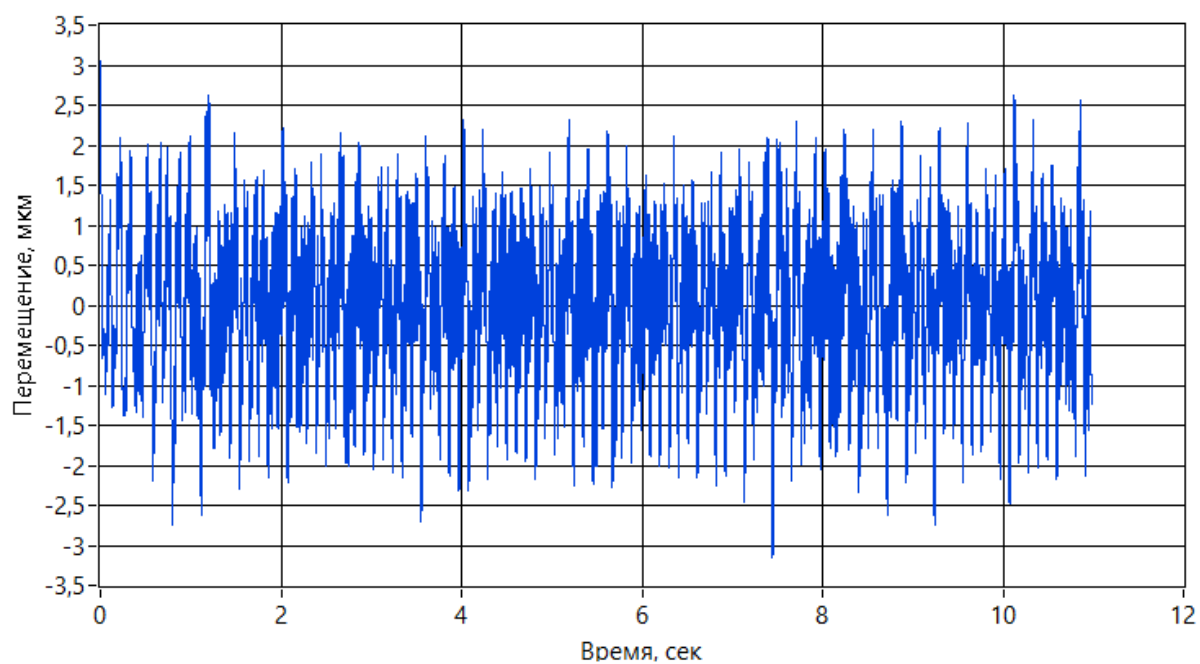


Рисунок 59 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

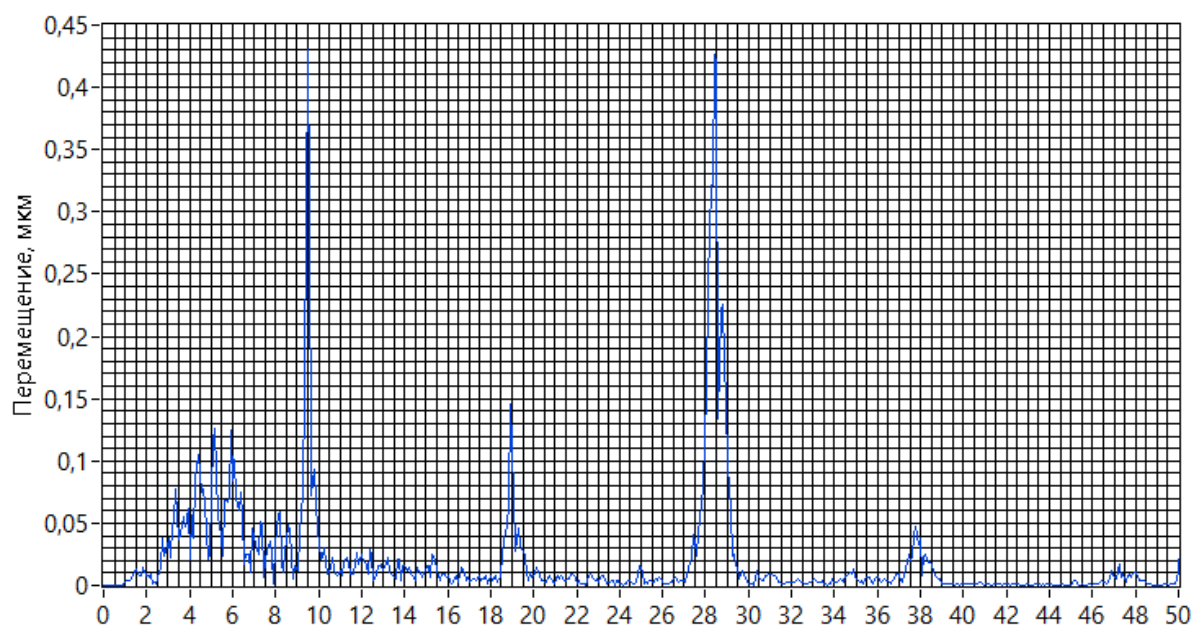


Рисунок 60 – спектр колебаний грунта при частоте 10 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

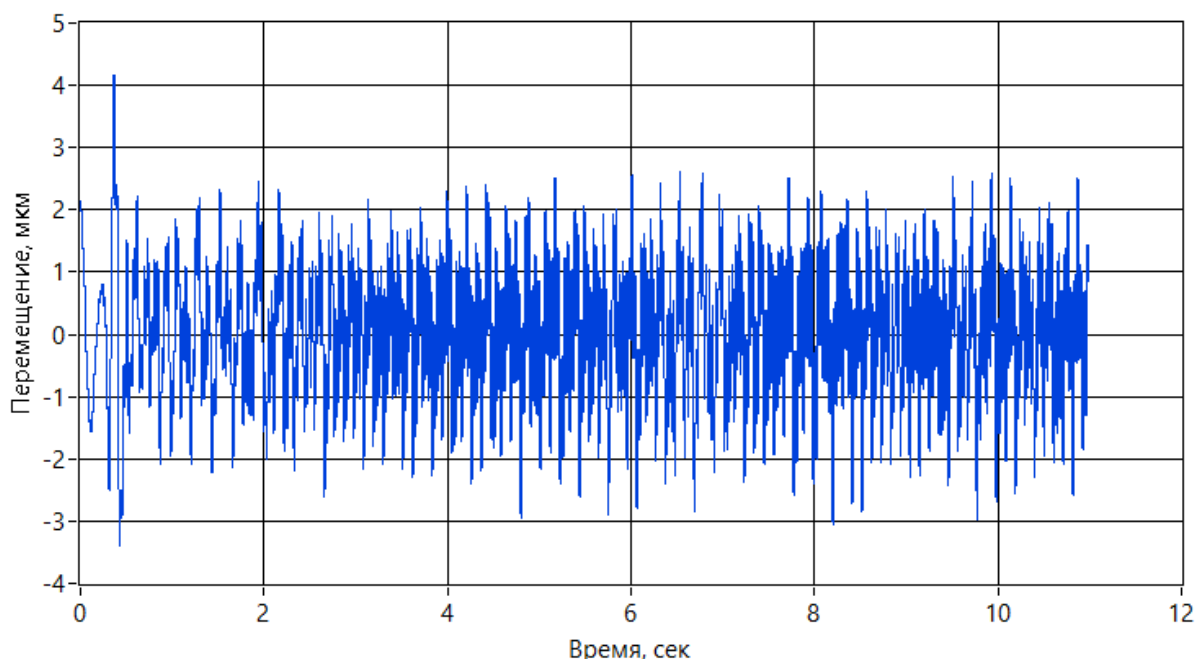


Рисунок 61 – амплитудный график при частоте 10 Гц и давлении в системе 40 кгс/см³.

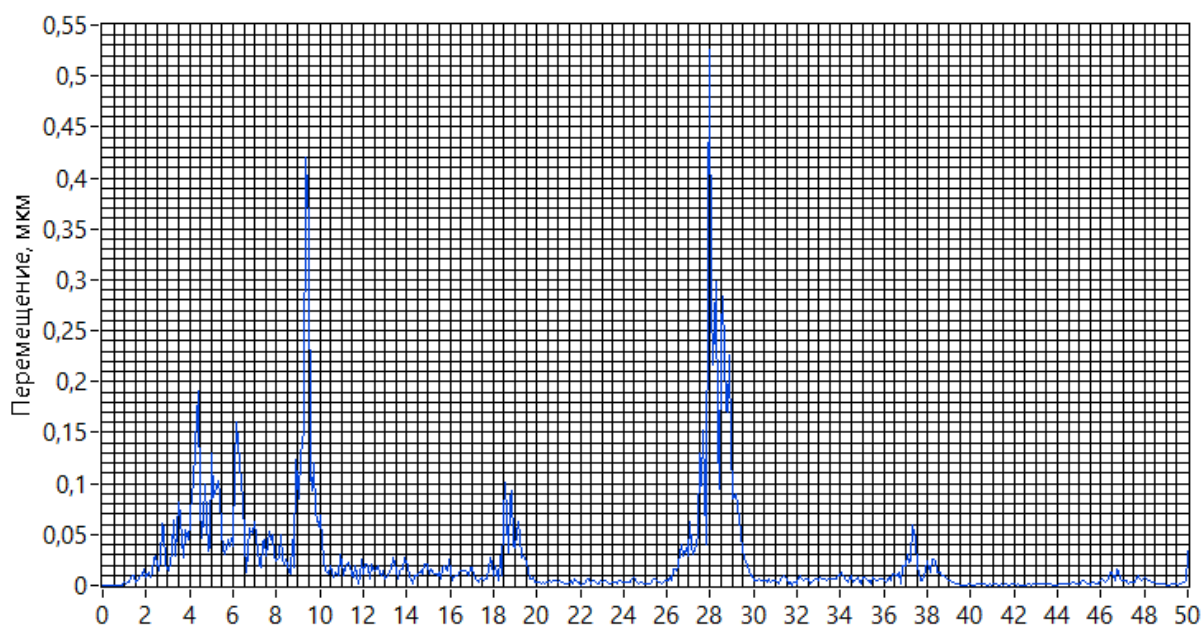


Рисунок 62 – спектр колебаний грунта при частоте 10 Гц и давлении в системе 40 кгс/см³.

Анализируя данные с датчика 4 при частоте 10 Гц (рисунки 53 – 62) можно заметить, что повышение давления не меняет в значительной степени меру воздействия груза на грунт. Об этом можно судить по амплитуде перемещений грунта во время проведения эксперимента. Однако анализ спектрограмм показывает весьма интересную картину. При давлении 0,8 МПа вторая гармоника с той же амплитудой, что и на частоте возбуждения,

соответствует частоте 20 Гц. При поднятии давления эта гармоника постепенно угасает и переходит на 30 Гц, причём амплитуда сопоставима с амплитудой на частоте возбуждения. То есть при высоких значениях давления (более чем 2,4 МПа) мы имеем дело с большей энергией воздействия на грунт.

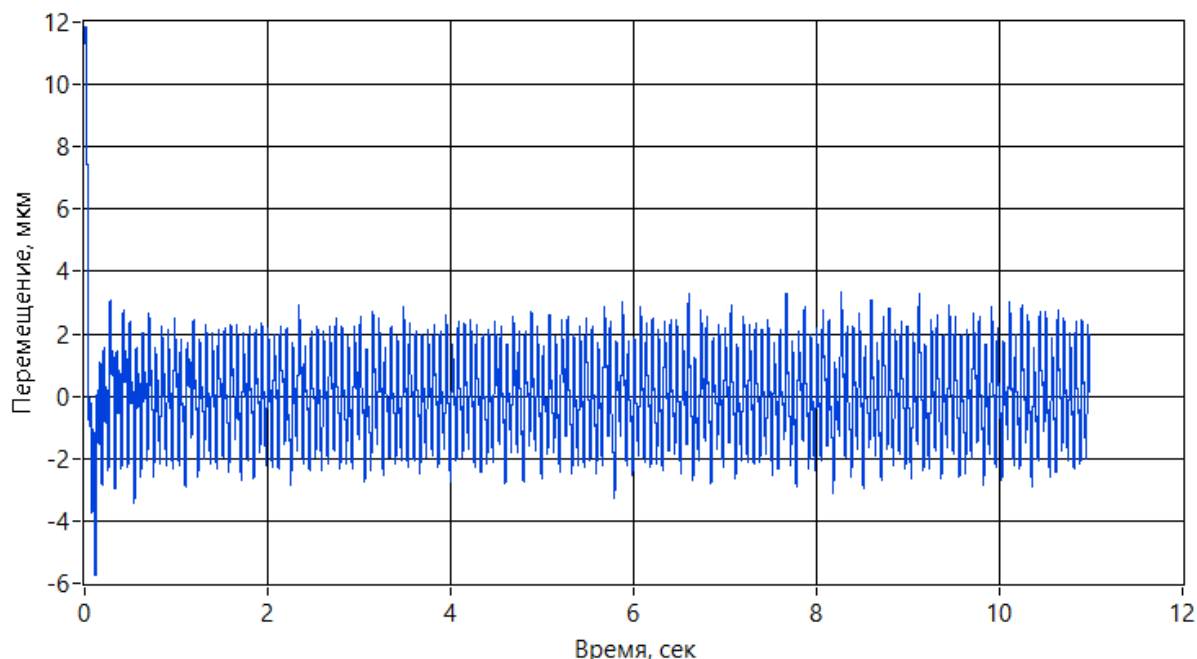


Рисунок 63 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 8 кгс/см³.

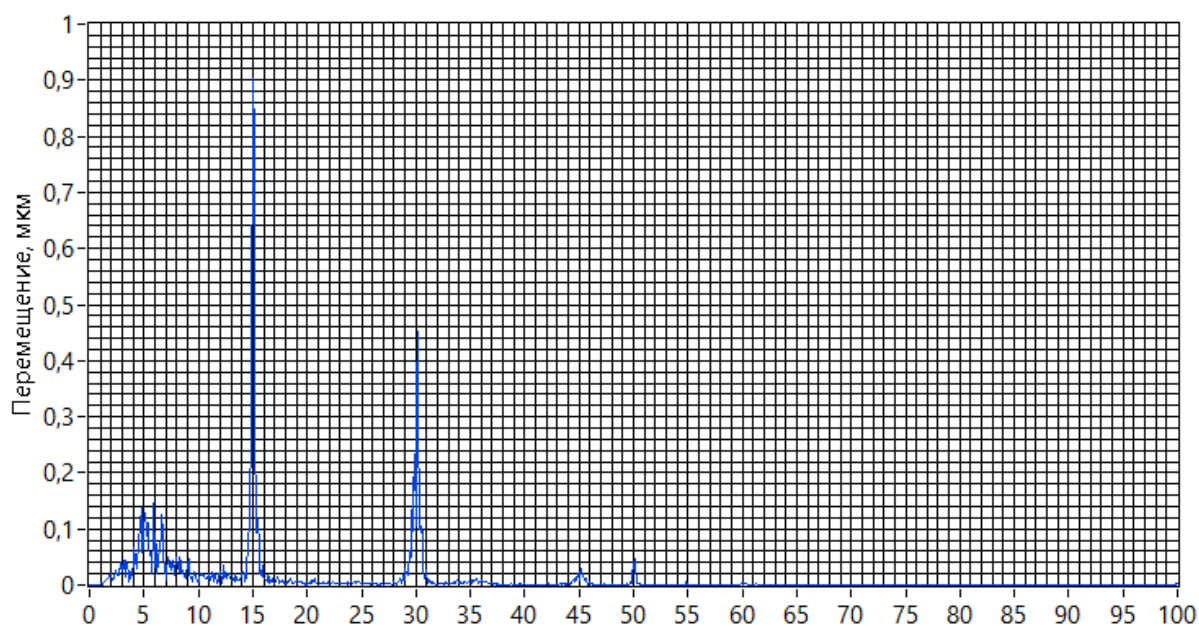


Рисунок 64 – спектр колебаний грунта при частоте 15 Гц и давлении в системе 8 кгс/см³.

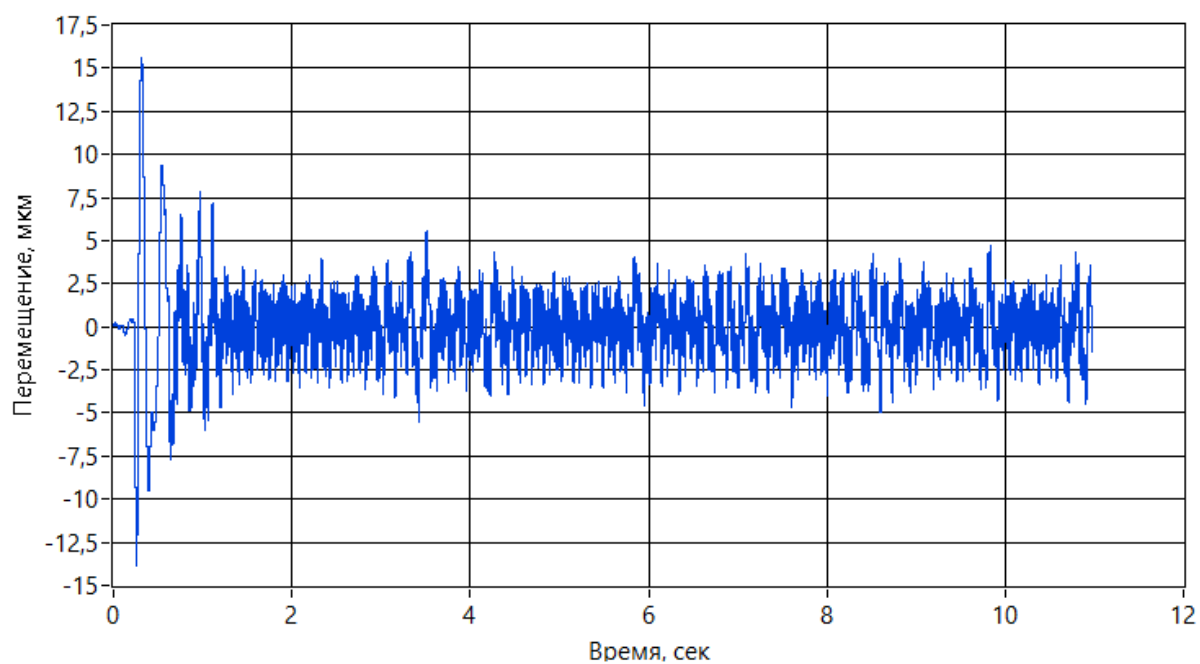


Рисунок 65 - амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

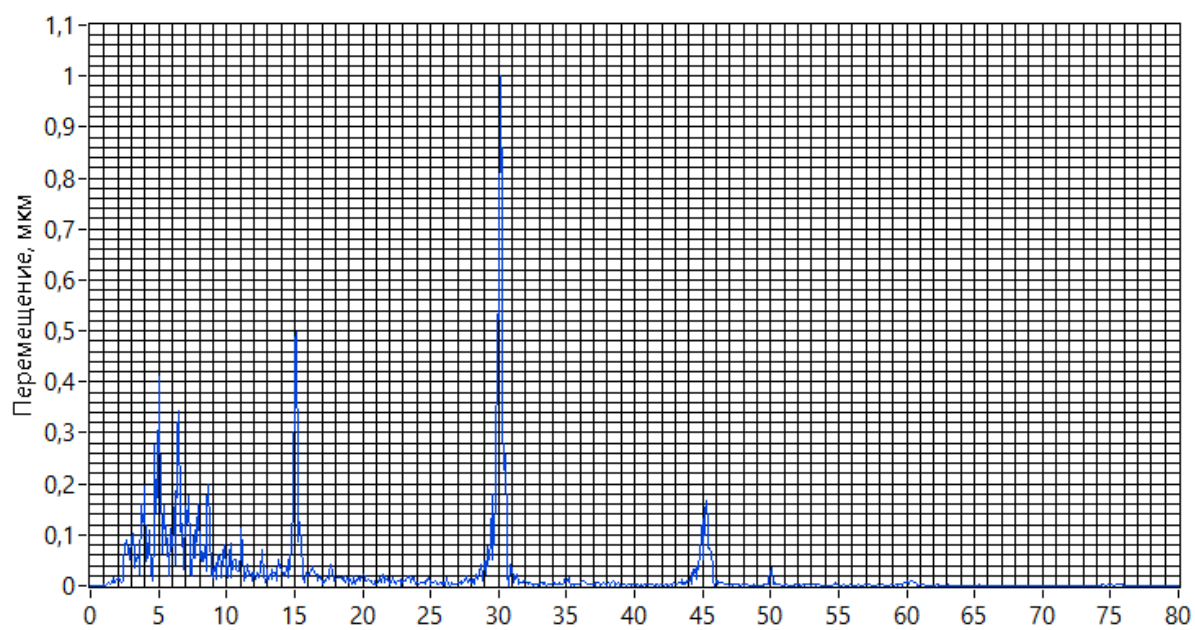


Рисунок 66 – спектр колебаний грунта при частоте 15 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

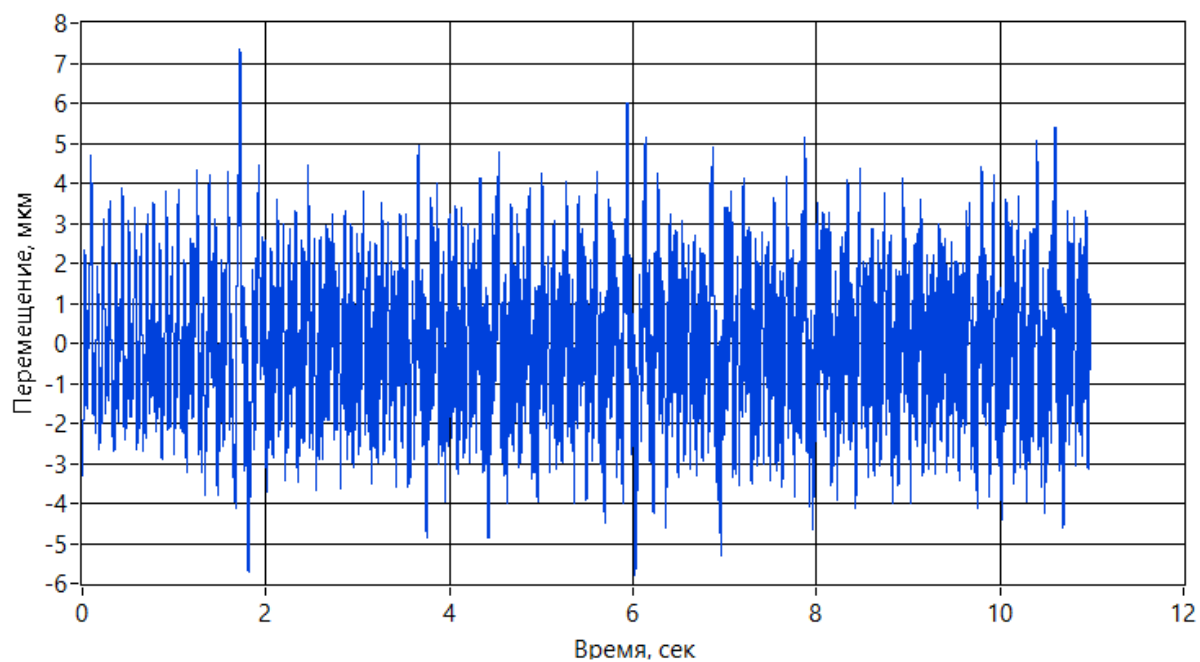


Рисунок 67 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

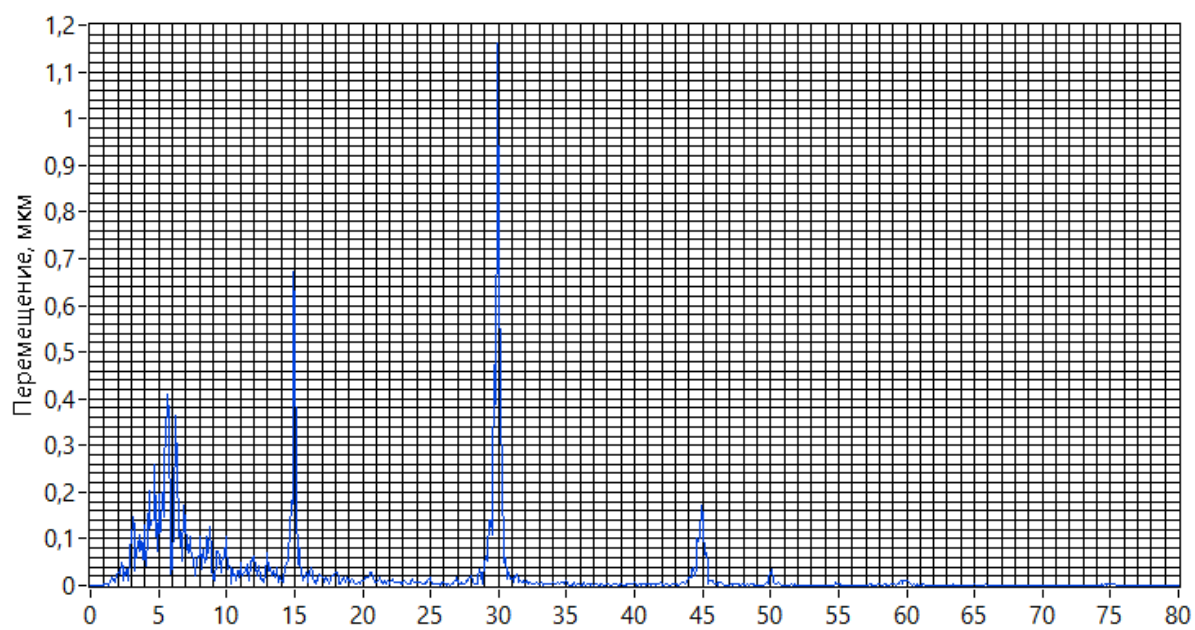


Рисунок 68 – спектр колебаний грунта при частоте 15 Гц и давлении в системе 24 кгс/см^3 .

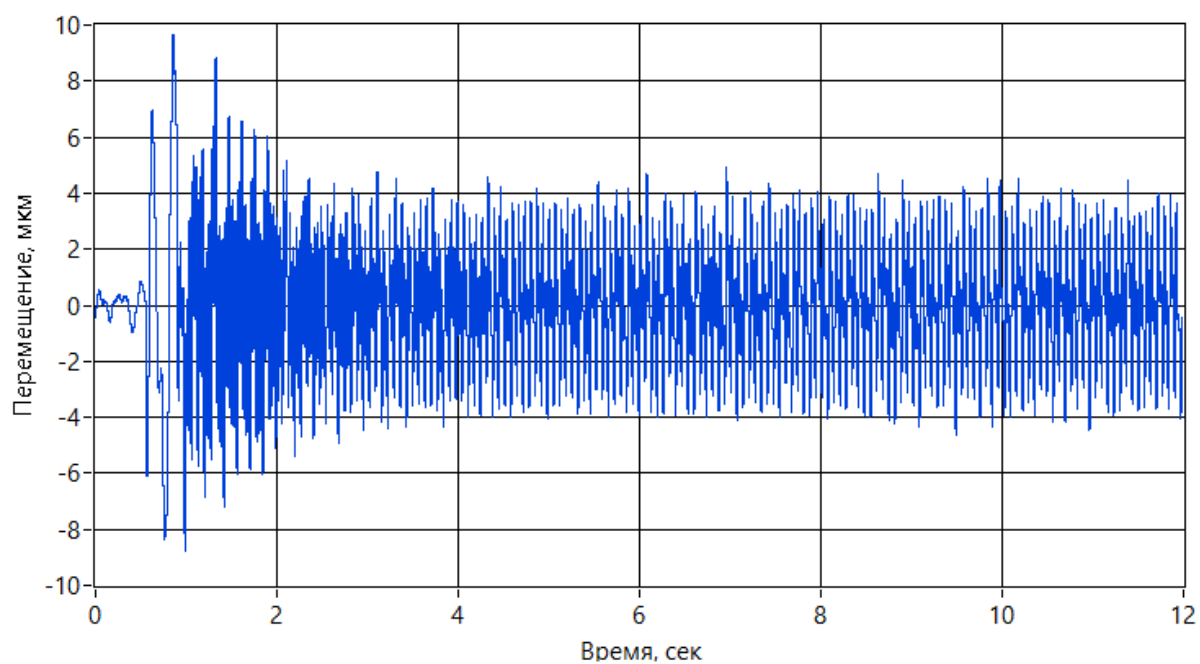


Рисунок 69 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

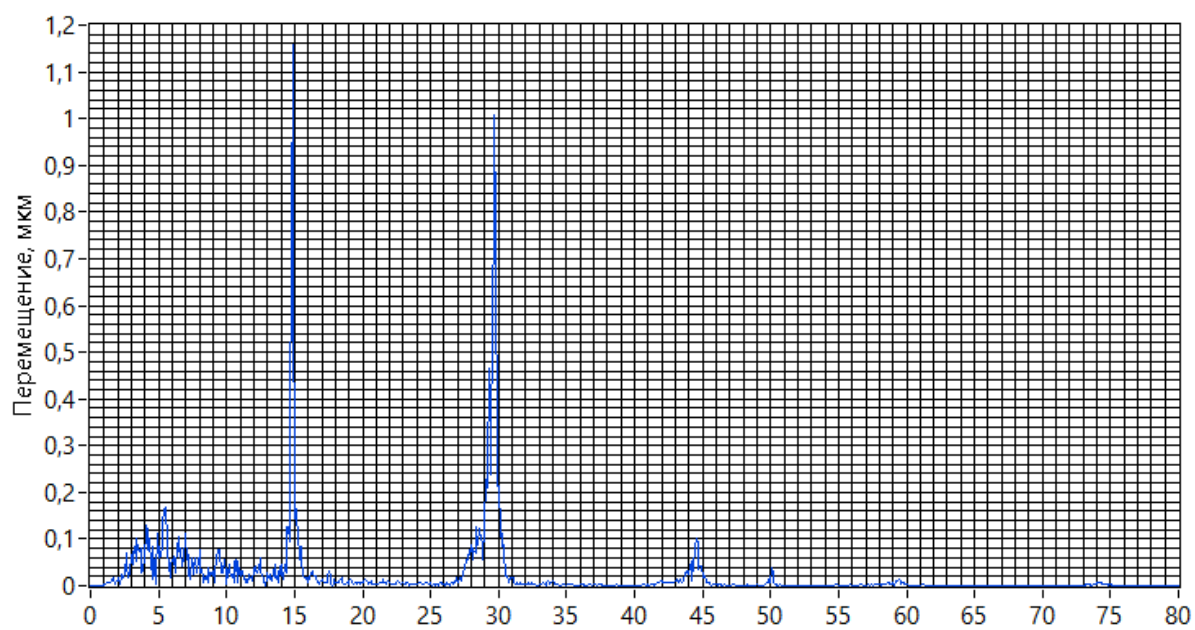


Рисунок 70 – спектр колебаний грунта при частоте 15 Гц и давлении в системе 32 кгс/см^3 .

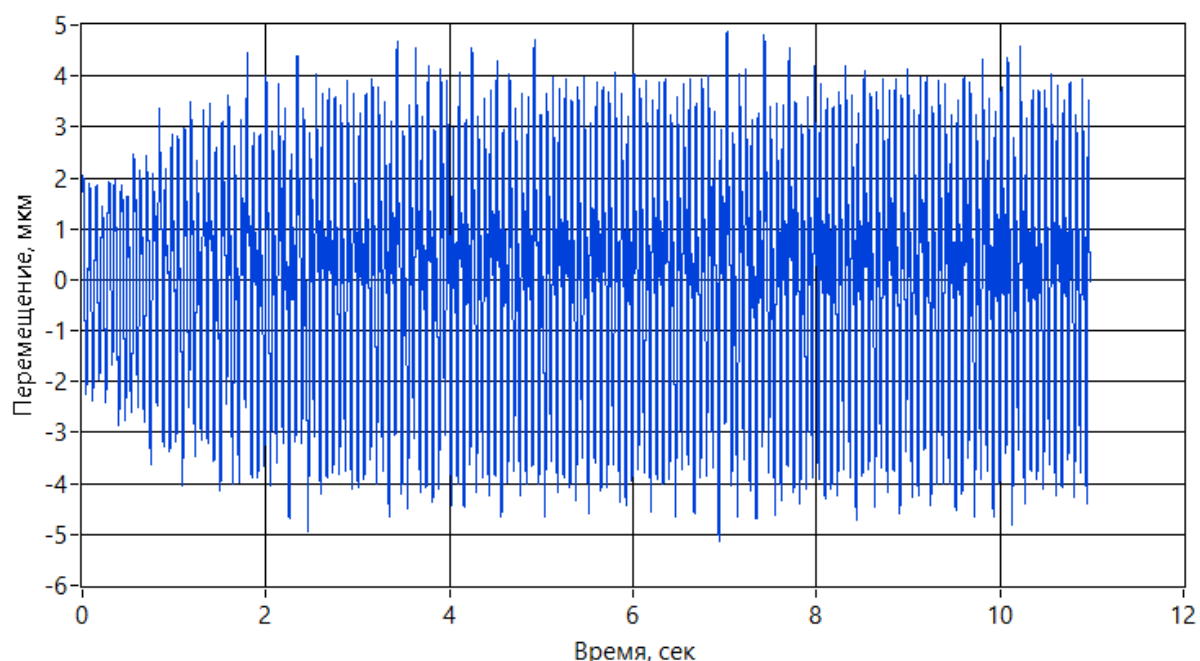


Рисунок 71 – амплитудный график при частоте 15 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

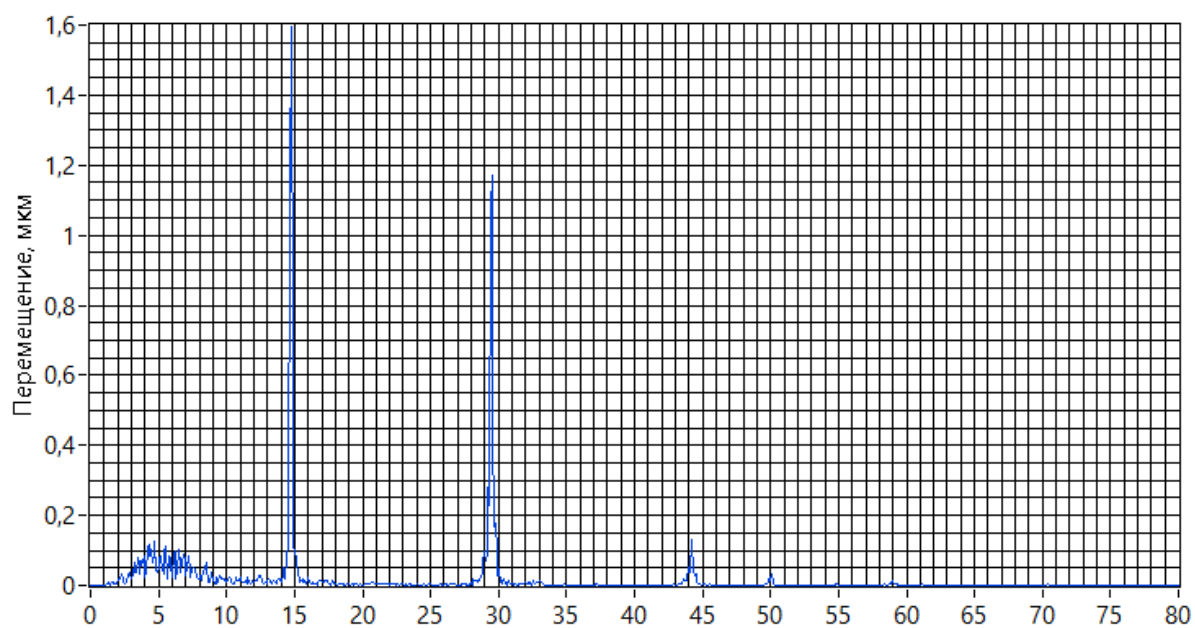


Рисунок 72 – спектр колебаний грунта при частоте 15 Гц и давлении в системе 40 кгс/см^3 .

При частоте 15 Гц (рисунки 63 – 72) повышение давления имеет значение лишь на нижних его значениях. Дальнейшее повышение давления в данном эксперименте изменений в амплитуде не даёт. Однако, по сравнению с экспериментом при частоте воздействия 10 Гц, амплитуда колебаний грунта достигает значений, превышающих прошлые в два раза. Анализ спектрограмм показывает, что при самом низком давлении максимальную

энергию несёт частота возбуждения, однако при значении давления в 1,6 МПа вторая гармоника имеет амплитуду, превышающую значение амплитуды на частоте возбуждения на 35%. То есть можно увидеть наибольшую энергию воздействия на второй гармонике. Она составила 30 Гц. Дальнейшее повышение давления привело лишь к снижению амплитуды.

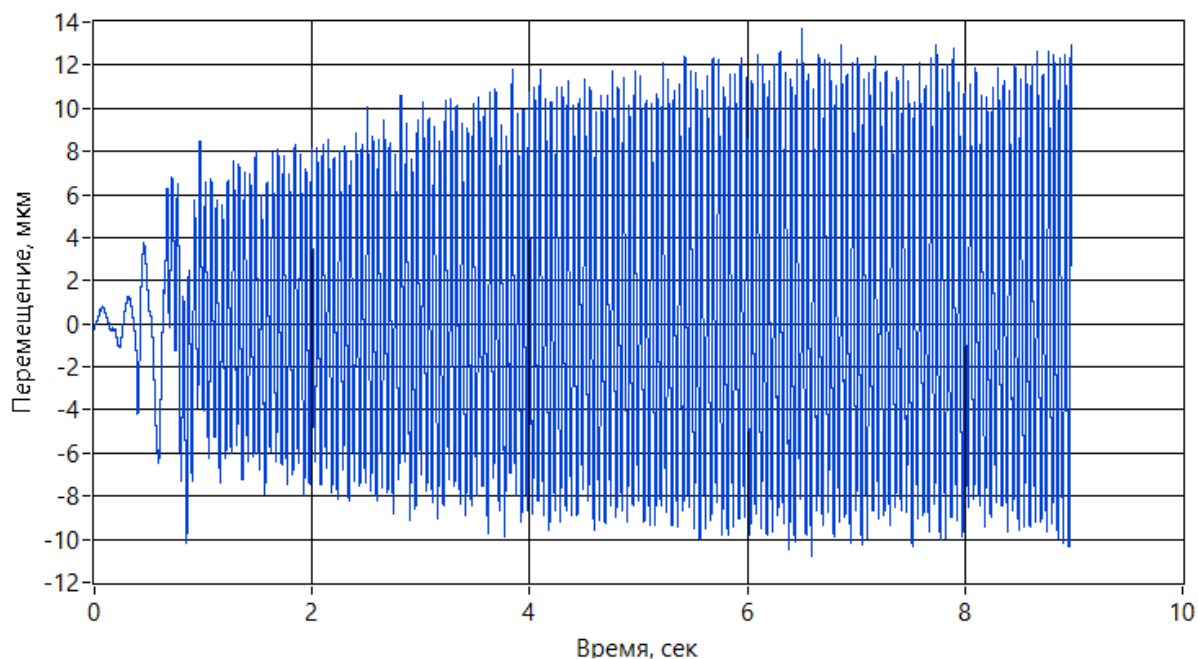


Рисунок 73 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 8 кгс/см³.

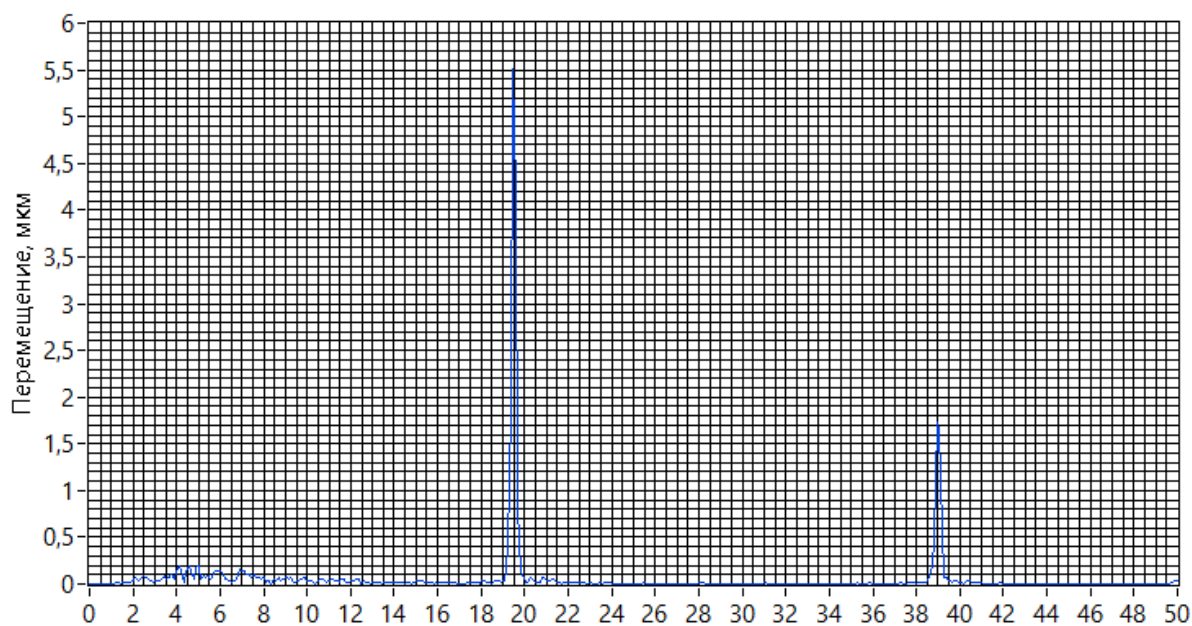


Рисунок 74 – спектр колебаний грунта при частоте 20 Гц и давлении в системе 8 кгс/см³.

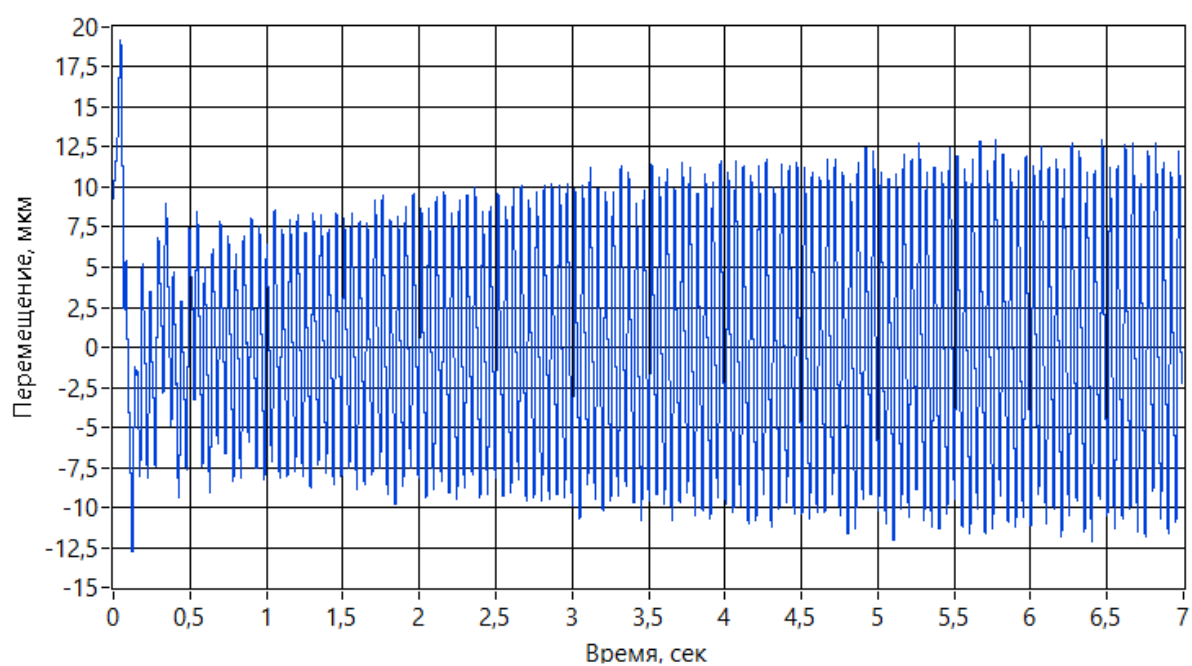


Рисунок 75 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

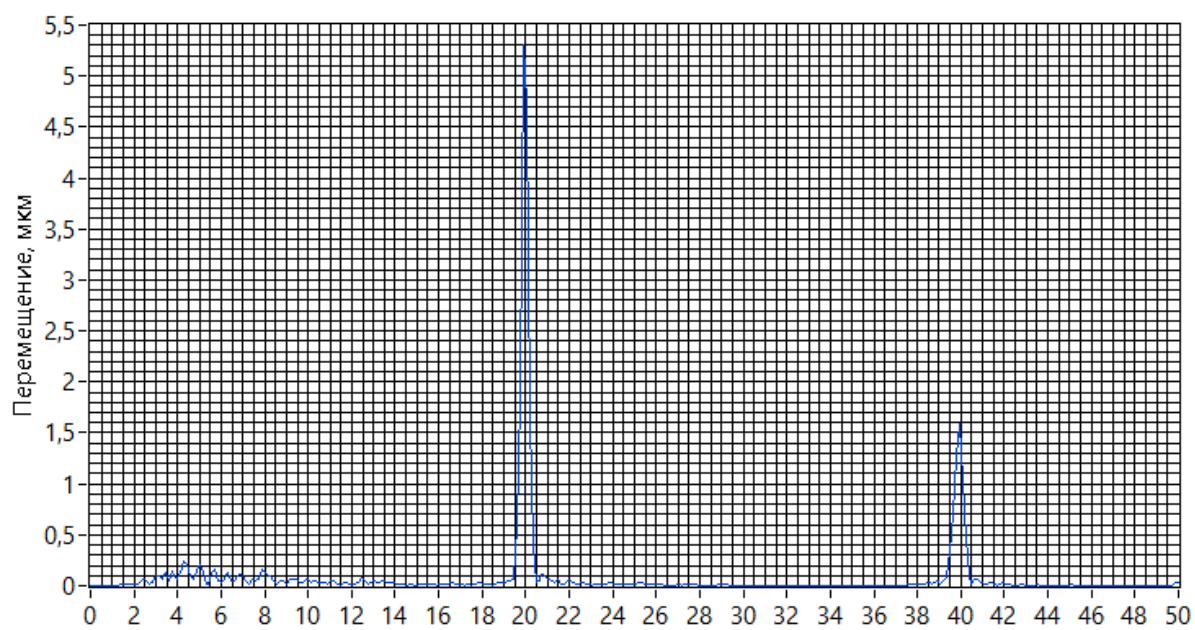


Рисунок 76 – спектр колебаний грунта при частоте 20 Гц и давлении в системе 16 кгс/см³.

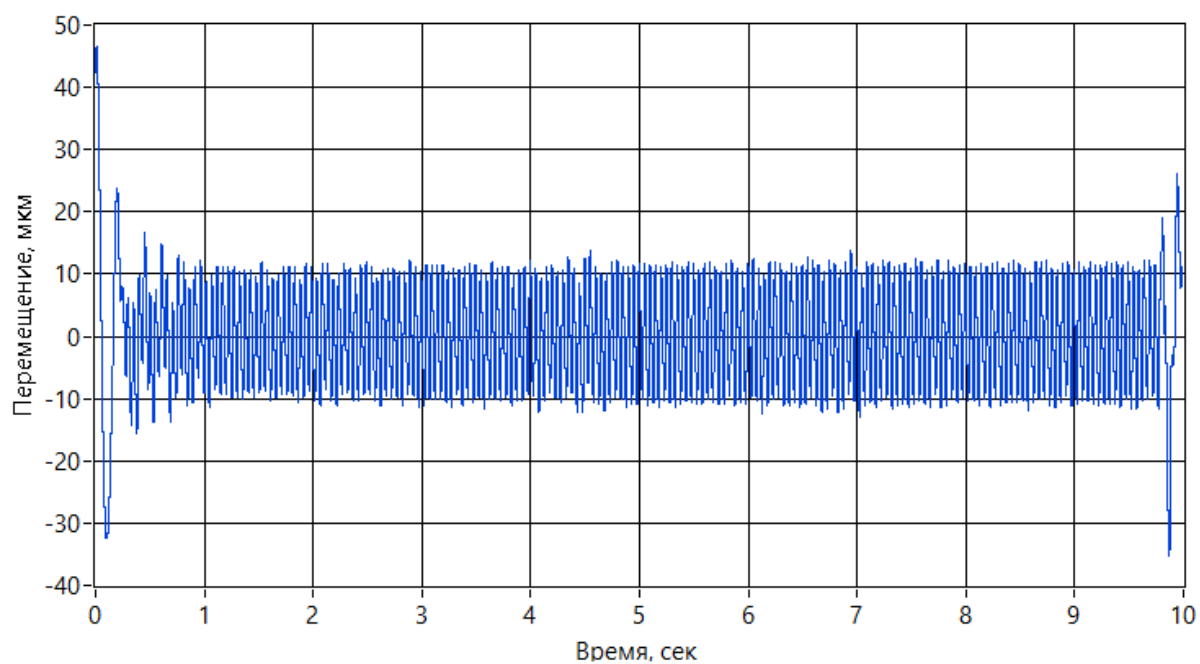


Рисунок 77 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

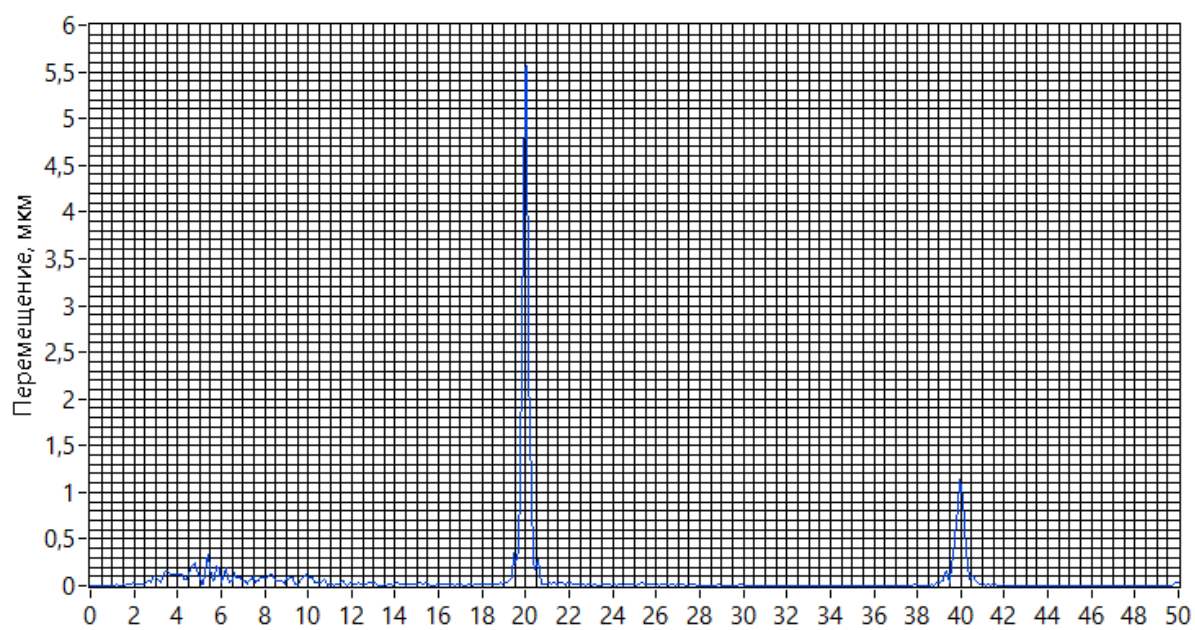


Рисунок 78 – спектр колебаний грунта при частоте 20 Гц и давлении в системе 24 кгс/см³.

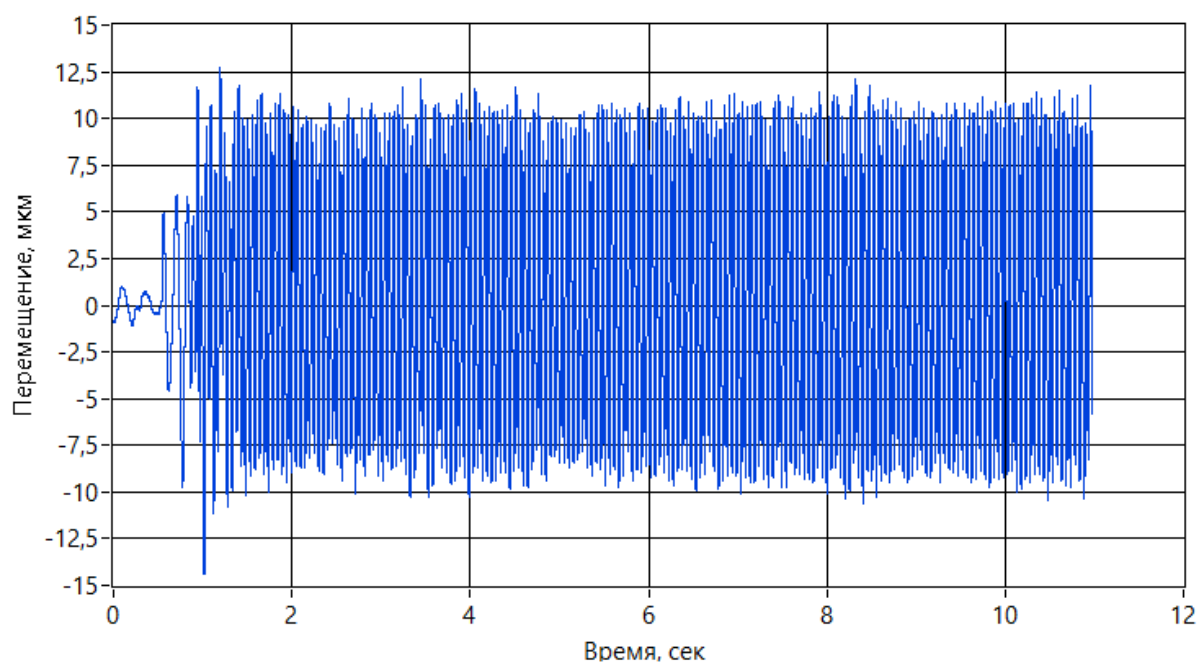


Рисунок 79 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 32 кгс/см³.

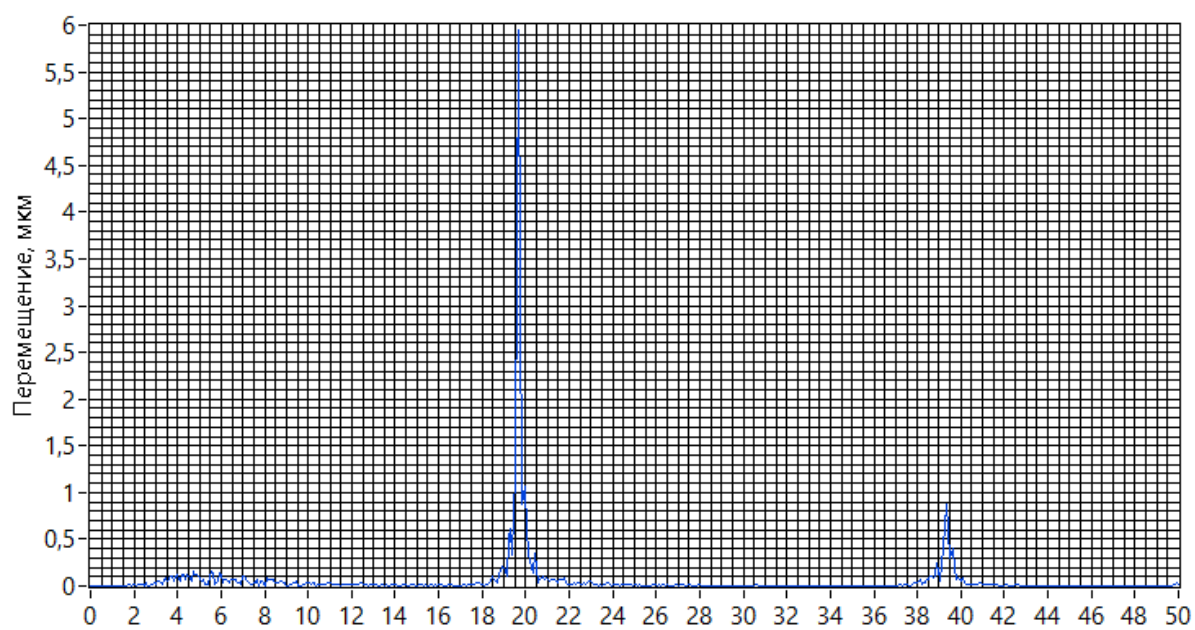


Рисунок 80 – спектр колебаний грунта при частоте 20 Гц и давлении в системе 32 кгс/см³.

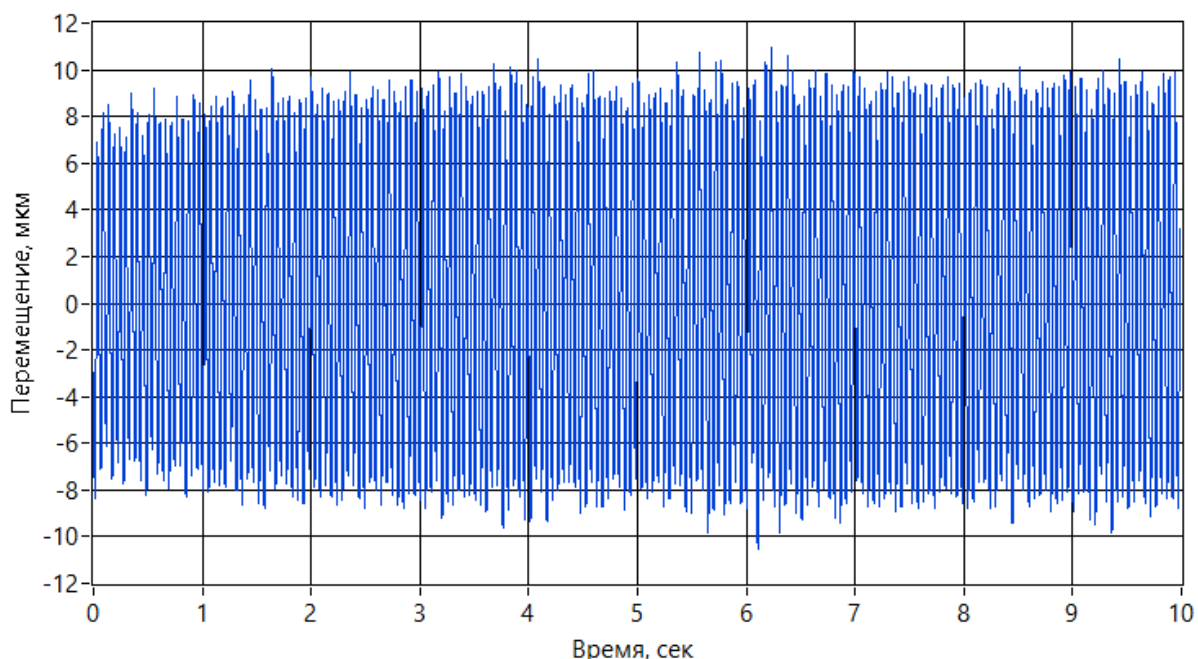


Рисунок 81 – амплитудный график при частоте 20 Гц и давлении в системе 40 кгс/см³.

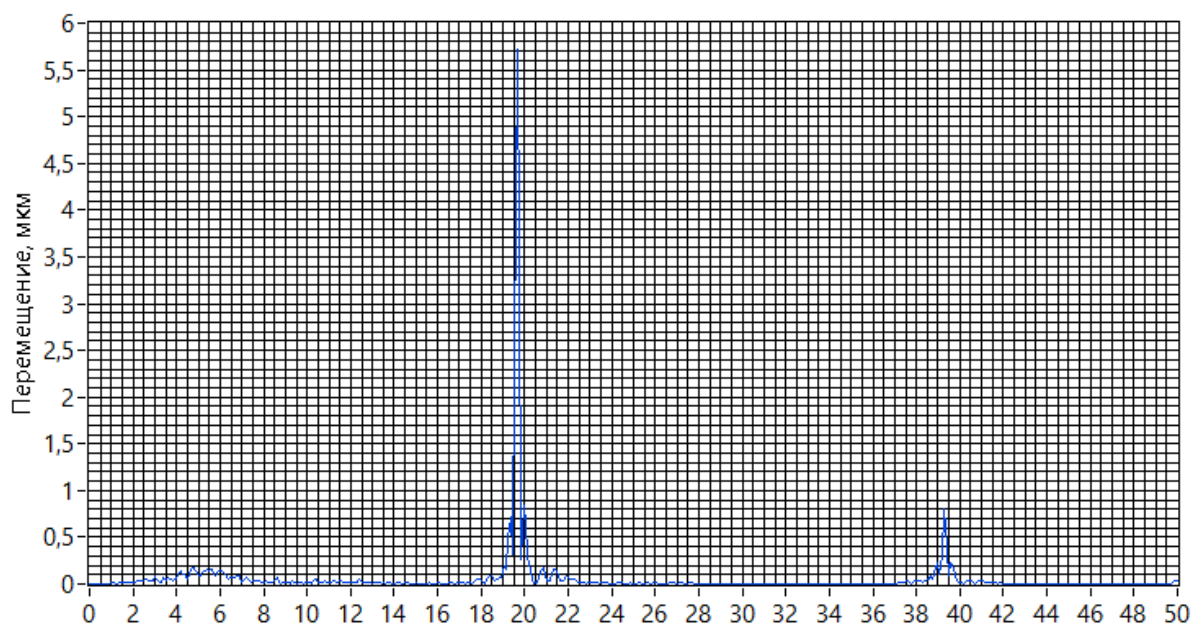
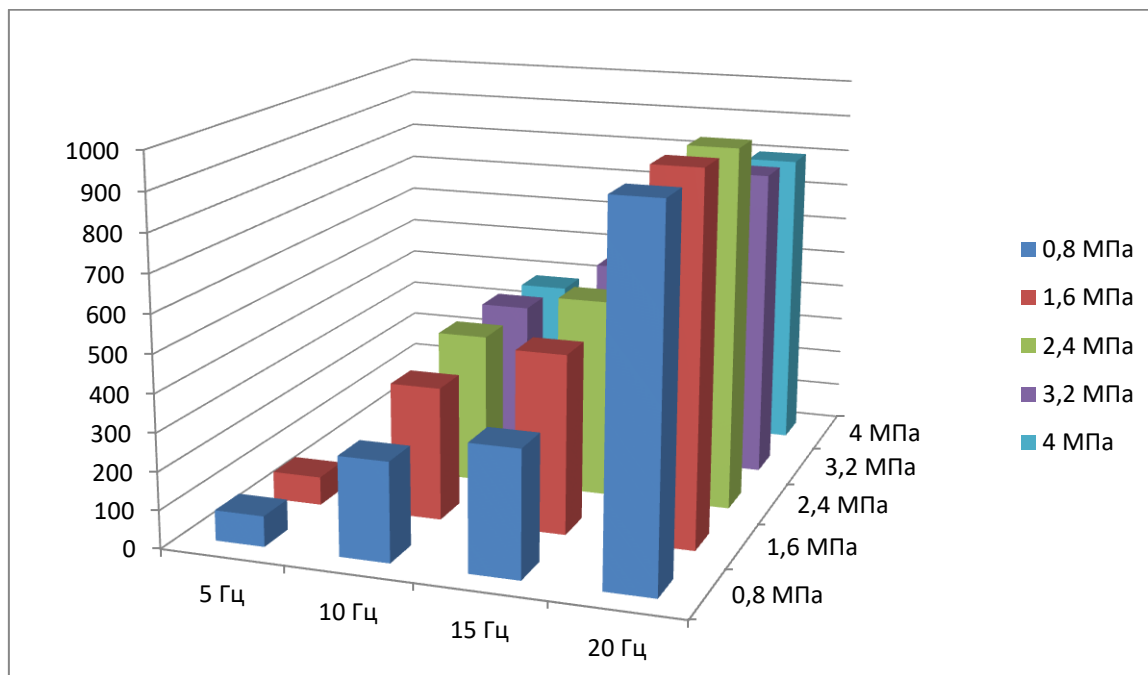


Рисунок 82 – спектр колебаний грунта при частоте 20 Гц и давлении в системе 40 кгс/см³.

При проведении данной серии экспериментов (рисунки 73 – 82) стало очевидно, что изменение давления не привело к изменению амплитуды колебаний груза. Что касемо спектрограмм, то на них чётко проглядывается вторая гармоника, на частоте, вдвое превышающей частоту возбуждения. Однако, амплитуда на этой гармонике весьма мала, что говорит о максимальной энергии на частоте возбуждения.

Исходя из всех этих опытов, можно предположить, что мера воздействия на грунт определяется в большей степени частотой колебаний, а не давлением внутри системы. Однако, если присмотреться к спектрограммам, то станет ясно, что давление имеет немаловажную роль в передаче грунту энергии.

По результатам данных экспериментов построены наглядные гистограммы 1 и 2. Основные экспериментальные данные занесены в таблицы 5 и 6.

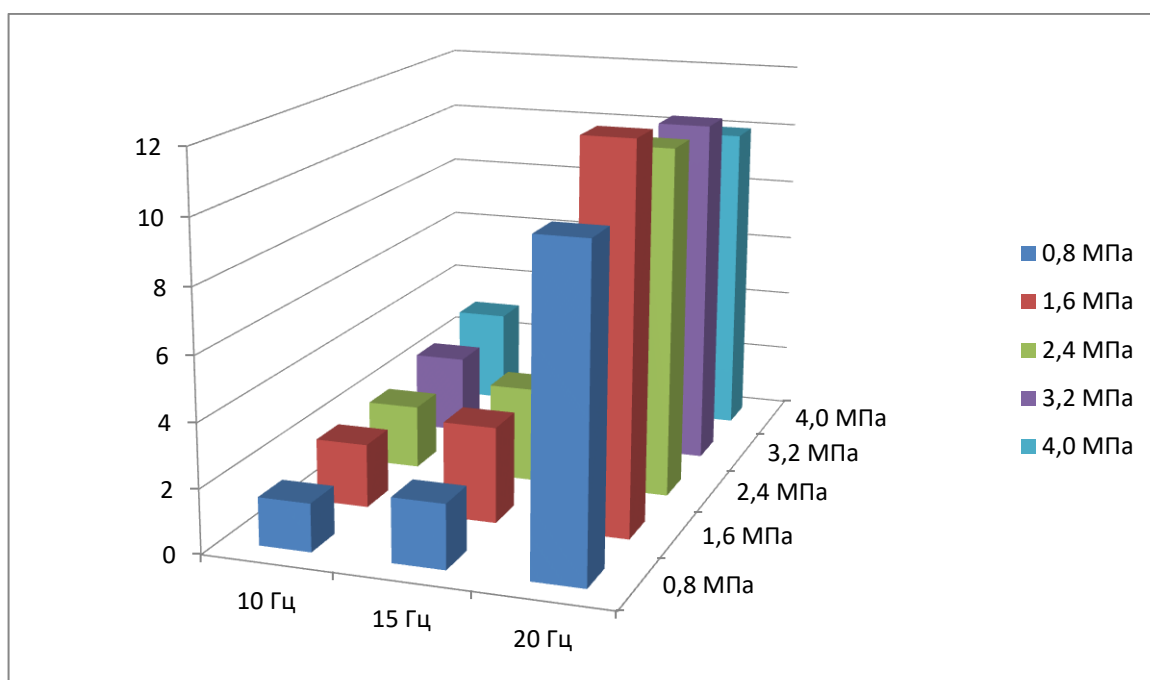


Гистограмма 1 – амплитуды колебаний груза при переменной частоте колебаний и переменном давлении в рукавах.

Таблица 5 – предельные значения амплитуды колебаний груза

№ эксп.	Частота, Гц	Давление, МПа	Амплитуда вибрации груза, мкм
1	5	0,8	80
2		1,6	75
3	10	0,8	260
4		1,6	350
5		2,4	400
6		3,2	400
7		4,0	380
8	15	0,8	330
9		1,6	470

10	20	2,4	525
11		3,2	540
12		4,0	550
13		0,8	950
14		1,6	960
15		2,4	950
16		3,2	820
17		4,0	800



Гистограмма 2 – амплитуды колебаний основания виброисточника при переменных давлениях и переменных частотах.

Таблица 6 – предельные значения колебаний грунта

№ эксп.	Частота, Гц	Давление, МПа	Амплитуда вибрации основания, мкм
1	5	0,8	-
2		1,6	-
3	10	0,8	1,5
4		1,6	2
5		2,4	2
6		3,2	2,5
7		4,0	3
8	15	0,8	2
9		1,6	3
10		2,4	3

11		3,2	4
12		4,0	5
13	20	0,8	10
14		1,6	12
15		2,4	11
16		3,2	11
17		4,0	10

Вывод

В ходе работы над конструкторской частью был проведен литературный анализ аналогов источников сейсмических сигналов, изучен принцип работы вибрационных источников и типовые схемы вибрационных систем. Построена схема вибрационного источника сейсмических сигналов с переменной энергией, отражены ее основные элементы. Проведены измерения вибрационных параметров источника. Приведены графики измерений и таблицы с результатами. Выявлены зависимости параметров и раскрыт потенциал источника.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4А8Б	Аверкиев Александр Евгеньевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	ОМШ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8Б	Аверкиев Александр Евгеньевич		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной исследовательской работы – разработка вибрационного источника с переменной энергией и изучение его параметров вибрации при режимах работы в рабочем диапазоне частот.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены два вибрационных источника, представленные у конкурентов:

- 1) Вибрационный источник сейсмических сигналов СВ-30/120Н
- 2) Вибрационный источник сейсмических сигналов СВС-30/150.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый вибрационный источник имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данной исследовательской работы с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 7 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Мощность установки	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
3. Стабильность работы	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
4. Простота изготовления	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
5. Эффективность	0,05	5	4	5	0,25	0,25	0,22
6. Безопасность при работе	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Себестоимость	0,12	4	5	3	0,48	0,7	0,36

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	2	0,4	0,32	0,32
Итого	1	43	38	37	4,29	3,7	3,42

Расчет конкурентоспособности определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 4,29$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что разработка является наиболее актуальной и перспективной, имеет конкурентоспособность.

5.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон разработки, а также возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которой описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 8 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая себестоимость.	Сл1. Отсутствует возможность точного регулирования частоты колебаний.
С2. Широкий диапазон возможных регулировок.	Сл2. Высокие требования к рукавам высокого давления.
С3. Два возможных направления вибрации.	Сл3. Большая масса установки.
С4. Простота конструкции.	Сл4. Использование масел.
С5. Высокое качество продукта.	
Возможности	Угрозы
В1. Изучение параметров вибрации и ее влияния на оборудование и человека.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	-	-	-	-
	В2	-	+	+	-	-
	В3	-	+	-	+	-

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	+
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	+	-	-	-
	Y2	-	+	-	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	Y1	-	-	-	+
	Y2	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 13 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая себестоимость. С2. Широкий диапазон возможных регулировок. С3. Два возможных направления вибрации. С4. Простота конструкции. С5. Высокое качество продукта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствует возможность точного регулирования частоты колебаний. Сл2. Высокие требования к рукам высокого давления. Сл3. Большая масса установки. Сл4. Использование масел.
Возможности В1. Изучение параметров вибрации и ее влияния на оборудование и человека. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	Направления развития В2С2С3. Широкий диапазон регулирования в паре с возможностью различных колебаний даёт неоспоримое преимущество перед конкурентами и позволит выйти на Российский рынок. В1С1С4. Очень понятная и недорогая установка позволит изучать параметры вибрации во многих мелких организациях. Низкая стоимость продукта позволит закупить такие установки даже ВУЗам для занятий со студентами.	Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4. Изучение параметров вибрации может привести к тому, что можно будет обойтись меньшей массой установки, или показать, что можно использовать в установке более экологичную жидкость, чем масло.
Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.	Угрозы развития У1С2. В случае снижения цен у конкурентов вибрационный источник собственной разработки будет продолжать пользоваться спросом в связи с преимуществом в регулировке. У2С3. Наш продукт остаётся конкурентноспособным, имеет более широкие возможности.	Уязвимости: У1Сл4. Удешевление продукции конкурентов способно обострить проблему экологичности установки.

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, в теории уже доработаны. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель

исследования	6	Подготовка оборудования для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki, \text{инж}} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал, инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – общее количество праздничных дней в году (2022 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел-дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка оборудования для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	13,5	68,5	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 16).

Таблица 16 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			 									
6	Подготовка оборудования для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5								 	 			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),



– Исп. 2 (инженер)

5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-исследовательской работы учитывались все виды расходов, связанных с ее выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при создании вибрационного источника. Результаты расчета затрат представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты на производство вибрационного источника.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы $З_{м}, руб$
Краска для принтера	шт.	1	550	550
Бумага для принтера А4 (500 листов)	пачка	2	350	380
Ручка шариковая	шт.	5	25	125

Карандаш чертежный	шт.	4	20	80
Гидроцилиндр	шт.	2	8000	16000
Рукав высокого давления	шт.	2	500	1000
Мотор	шт.	1	12000	12000
Гидронасос	шт.	2	10000	20000
Гидромотор	шт.	1	15000	15000
Генератор колебаний	шт.	1	20000	20000
Гидропневмоаккумуляторы	шт.	1	6000	6000
Предохранительный клапан	шт.	3	5000	15000
Распределитель	шт.	1	3500	3500
Трехходовой кран	шт.	1	500	500
Муфта	шт.	3	200	600
Дроссель	шт.	1	5000	5000
Датчик давления	шт.	3	500	1500
Вентиль	шт.	3	400	1200
Гидробак	шт.	1	5000	5000
Труба	м	5	150	750
Крепеж, фитинги	шт.	20	100	2000
Сталь	кг	336	23	7728
Итого, руб				152375

5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

При выполнении научно-исследовательской работы использовался ноутбук - HP. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 5 лет. Также было использовано специальное оборудование для виброрегистрации. Данное оборудование представляет из себя комплект датчиков и преобразователей. Срок полезного использования прибора по паспорту составляет 15 лет.

Основные затраты на оборудование представлены в таблице 18

Таблица 18 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ноутбук HP	1	5	3	7	35000	1750
2	Комплект измерительный Ni cDAQ-9174	1	15	1	5	320000	1760
Итого:		3510 руб.					

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{нр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{нр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где $З_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{нр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\partialоп} = k_{\partialоп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$З_{\partialоп} = k_{\partialоп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

где $k_{\partialоп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{\partialоп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{\partialоп}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать, ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 21 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
3510	152375	148391	22258,7	51194,9	377728,6

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

5.3.6 Бюджет НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИР «Разработка вибрационного источника с переменной энергией» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	152375	185317	209587	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3510	22959,8	43453	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	49776,6	49776,6	49776,6	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		427504,2	479895,2	507657,2	Сумма ст. 1- 6

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Вибрационный источник сейсмических сигналов СВ-30/120Н
- 2) Вибрационный источник сейсмических сигналов СВС-30/150.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 427504,2$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 479895,2$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 507657,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{427504,2}{507657,2} = 0,84$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{479895,2}{507657,2} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{507657,2}{507657,2} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 23).

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Металлоемкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}. \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,90} = 5,18, \quad I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, \quad I_{исп.3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 24).

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 427504,2 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,84, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, по сравнению с 4,18 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4А8Б		Аверкиев Александр Евгеньевич	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка вибрационного источника с переменной энергией	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение - Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. - Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации	<i>Объект исследования</i> Вибрационный источник с переменной энергии <i>Область применения</i> Сейсморазведка на предмет наличия полезных ископаемых, изучение параметров вибрации <i>Рабочая зона:</i> <u>производственное помещение</u> <i>Размеры помещения</i> 18х6х3м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны</i> Вибрационный источник с переменной энергией (1шт) <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> изучение вибрации
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- ГОСТ 12.2.033 – 78 рабочее место при выполнении работ стоя - Трудовой кодекс РФ - Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты [ТК РФ Статья 221] - Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ г. 28] - Предварительные и периодические медицинские осмотры [ТК РФ Статья 213] - ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: - Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов - Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Вредные производственные факторы: Превышение уровня шума и вибрации. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Опасные производственные факторы: Движущиеся машины и механизмы. Возможность поражения электрическим током. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов. Взрывоопасность и пожароопасность. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: - применение индивидуальных средств защиты органов слуха - наушников, вкладышей, шлемов - применение индивидуальных средств

	защиты органов дыхания
3. Экологическая безопасность <u>при эксплуатации</u>	<i>Воздействие на литосферу:</i> вибрационное воздействие. <i>Воздействие на гидросферу:</i> использование смазочных жидкостей, захоронение отработанных смазочных материалов. <i>Воздействие на атмосферу:</i> испарение СОЖ
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации</u>	Возможные ЧС: пожар, разрушение зданий под действием вибраций. Наиболее типичная ЧС: обрушение зданий
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. препод.	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А8Б	Аверкиев Александр Евгеньевич		

Введение.

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, влияющие на человека при разработке и эксплуатации вибрационного источника с переменной энергией. Также рассматриваются меры снижения воздействия на окружающую среду и действия, стремящиеся предотвратить несчастные случаи и чрезвычайные ситуации.

Все инженерные разработки должны соответствовать государственным стандартам безопасности труда, а также удовлетворять требованиям нормативных и правовых актов, технических регламентов в сфере безопасности производства и охраны труда.

В данной работе разработан вибрационный источник с переменной энергией. Он предназначен для сейсморазведки на открытой местности, а также для изучения параметров вибрации. Данное устройство может эксплуатироваться не только на открытой местности, но и в условиях производственных помещений.

При эксплуатации источника возможно возникновение ситуаций, связанных с риском получения вреда здоровью человека.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)

правовые нормы трудового законодательства

Для осуществления практической деятельности в области проектирования вибрационного источника необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, позволяющие их обеспечить. Так как проектирование виброисточника производится с помощью ЭВМ, рассмотрим требования к работе сидя.

Согласно ГОСТ 12.2.032 – 78 " Рабочее место при выполнении работ сидя" предъявляются нормы к организации рабочей зоны при проектировании вибрационного источника сейсмических сигналов, а именно:

- размерные характеристики рабочего места;
- требование к размещению органов управления;
- требования к размещению средств отображения информации;

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Помещение проектирования и исследования вибрационного источника – 104 аудитория 16А корпуса Томского Политехнического Университета. Рабочая зона с ПЭВМ в учреждении высшего профессионального образования организуется согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При анализе помещения проектирования выявлено:

- помещение оборудовано одноместными столами, предназначенными для работы с ПЭВМ;
- конструкция стола предусматривает две разделенные поверхности: одна для размещения ПЭВМ, вторая – для клавиатуры (ширина поверхностей одинакова);

- ширины поверхностей стола более 750 мм, глубина – более 550 мм;
- ящики отсутствуют;
- рабочее место с ПЭВМ оборудовано стулом.

Полученные результаты говорят о правильной компоновке рабочей зоны в аудитории и возможностью ее использования с целью проектирования и исследования вибрационного источника сейсмических сигналов.

6.2 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке, изготовлении или эксплуатации проектируемого вибрационного источника.

Помещение проектирования устройства – 104 аудитория 16А корпуса Томского Политехнического Университета, оснащенная компьютерами.

Эксплуатация вибрационного источника происходит на открытом воздухе в зоне сейсмических исследований или в помещении при изучении параметров вибрации.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 30494-2011 Параметры микроклимата ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
2. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
3. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума	ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность
4. Вибрационное воздействие на человека	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	

1) Отклонение показателей микроклимата от нормы

Микроклимат рабочей зоны оператора определяется действующими на организм человека показателями:

- температуры;
- влажности;
- скорости движения воздуха.

Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье.

Согласно ГОСТ 30494-2011 необходимые микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены. Например, в холодный период года температура воздуха в помещениях для учебных занятий должна составлять 20-22°C.

Для нормализации показателей микроклимата в помещениях проектирования и изготовления применяется отопление и вентиляция воздуха. Возможны индивидуальные средства защиты: специальная одежда и обувь.

2) Неправильная освещенность рабочей зоны

Согласно СП 52.13330.2016 неправильная освещенность рабочей зоны относится к вредным производственным факторам, которые могут привести к быстрому утомлению зрения и снижению работоспособности человека. Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

Освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

Помещение проектирования – 104 аудитория 16А корпуса Томского Политехнического Университета – имеет два оконных проема для освещения

аудитории в дневное время, общая площадь которых составляет 6м². Для освещения в утренние и вечерние часы установлено 12 люминесцентных светильников с зеркальной отражающей решеткой. В каждом светильнике - 4 лампы по 18 Ватт.

Такое освещение не представляет угрозу для здоровья работников, так как входит в допустимое значение освещенности рабочей зоны. Работы происходят в значениях малой точности, а для такого вида работ достаточно освещенности в 400 лк.

3) Повышенный уровень шума на рабочем месте

Повышенный уровень шума на рабочем месте неблагоприятно сказывается на состоянии работника, что в свою очередь приводит к быстрой утомляемости. Повышенный шум является общебиологическим раздражителем, что обуславливает нарушение центральной нервной системы, сопровождающееся снижением слуха. Впоследствии продолжительного влияния шума падает производительность физического труда на 10%, умственного – более чем на 40%.

Известно, что вибрации и исследования их параметров часто сопровождаются повышенным уровнем шума. Тем не менее, полагается, что шум от проектируемого вибрационного источника с переменной энергией имеется, но не классифицируется как повышенный, являясь, к тому же, кратковременным.

Согласно ГОСТ 23337-2014 предельно допустимый уровень шума в цехе не более 80 дБ (широкополосный шум). Общий уровень шума измеряется в пределах 65 дБ. Данный показатель уровня шума соответствует допустимому.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- применение звукоизоляции.

4) Повышенный уровень вибрации

При длительном воздействии общей вибрации возможны механические повреждения тканей, органов и различных систем организма особенно при возникновении резонанса.

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004, амплитуда вибрации в помещении не должна превышать $0,0072 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. Станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Установка работает в пределе до 45 Гц. Следовательно, вибрация не будет пагубно сказываться на рабочих.

В работе применяются коллективные методы защиты оператора от действия уровня вибрации на организм человека.

- рациональное размещение специального оборудования устройства;
- оптимальные режимы работы установки.

Для уменьшения вибрации необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, производить смазывание трущихся поверхностей. Колебания конструкции уменьшаются. Индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

Так как запуск и остановка действия прибора может осуществляться дистанционно, для исключения вреда здоровью оператору достаточно оставаться за пределами вибрационной зоны в процессе работы устройства.

5) Опасность получения удара током

Поражение электрическим током может возникать при взаимодействии человека с токоведущими частями электрооборудования вследствие пробоя или неисправности. Удар током может привести к летальному исходу.

Гидропривод работает от электродвигателя, поэтому соблюдение правил электробезопасности остаётся важной задачей при эксплуатации прибора.

Для исключения возможности возникновения поражения электрическим током согласно ГОСТ 12.1.019-2017 рекомендуется проводить следующие организационные мероприятия:

- произвести установку защитного заземления;
- произвести изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- производить технический осмотр оборудования;
- использовать плавкие предохранители и автоматические выключатели для защиты от КЗ;
- проводить инструктаж по технике безопасности персоналу, работающему с оборудованием;
- соблюдение условий эксплуатации, а также сборки и установки оборудования согласно конструкторской документации;

6.3 Экологическая безопасность

а) Защита атмосферы

Основным воздействием на атмосферу со стороны вибрационного источника с переменной энергией является испарение смазочно-охлаждающей жидкости. Пары этих масел улетучиваются в атмосферу и загрязняют ее. Однако, их воздействие можно не учитывать, так как

гидравлическая система вибрационного источника является закрытой, и пары масел остаются внутри установки. Выход такого испарения в атмосферу возможен лишь при редком техобслуживании установки.

б) Защита гидросферы

Основным источником загрязнения гидросферы и литосферы при эксплуатации виброисточника с переменной энергией является пролив масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, повреждения трубопроводов или гидравлических механизмов, что способно оказывать негативное влияние на окружающую природную среду. Пролив масла чреват попаданием его в водоёмы, что негативно отразится на жизнедеятельности организмов, населяющих данные водоёмы.

Для защиты окружающей среды от разливов масла устанавливают специальные герметичные конструкции, которые не позволяют распространяться загрязнениям. Таким образом, все химические процессы происходят внутри конструкции. Еще одним средством защиты от разлива является сбор и утилизация масел, покинувших установку. Это обуславливает снижение воздействия масел на гидросферу.

с) Защита литосферы

На литосферу прибор оказывает непосредственное воздействие вибрационными нагрузками. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, торф). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются, структурные связи нарушаются, возможно внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов.

Живые организмы в процессе работы виброисточника так же получают негативное вибрационное воздействие, что может заставлять животных покидать места обитания на время сейсмических исследований. После завершения работ в случае сохранения экологии окружающей среды животные, вероятно, вернуться в прежние места обитания.

Снизить негативное вибрационное воздействие на окружающую среду возможно с помощью максимального уменьшения времени, амплитуды и частоты воздействия на породы.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проектировании и испытаниях виброисточника с переменной энергией возможны следующие ЧС: обрушение зданий при экспериментах.

Так как здание, в котором проводятся испытания, достаточно старое, и, вероятно, не рассчитанное на такие вибронагрузки, возможно его обрушение на максимальных режимах установки. Это может быть вызвано неверно подобранными режимами работы, неверно подобранным виброизолирующим материалом.

К мерам профилактики обрушения зданий можно отнести минимизацию длительности испытаний источника, а также испытания при малой амплитуде. Это снизит энергию воздействия источника на здание и предотвратит его обрушение. Если же обрушение случилось, необходимо покинуть здание, не пользуясь лифтом.

Вывод

Анализ вредных и опасных факторов в данной работе может быть использован в реальных условиях проектирования, изготовления и эксплуатации вибрационного источника с переменной энергией. Разработка отвечает всем требованиям и нормам безопасности в случае соблюдения всех необходимых мер по предотвращению опасных ситуаций и вредных воздействий на человека и окружающую среду.

7.Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан вибрационный источник с переменной энергией согласно заданиям конструкторского раздела, разделов финансового менеджмента и социальной ответственности.

При выполнении конструкторской части проведен литературный обзор аналогов сейсмических источников. Был изучен принцип работы вибрационных источников колебаний. Проведены измерения вибрационных параметров и построены соответствующие графики и таблицы.

При выполнении раздела финансового менеджмента был проведен анализ конкурентоспособности проекта, произведено планирование. Также был рассчитан бюджет на реализацию проекта, который составил 427504,5 рублей. Выявлена эффективность реализации проекта.

При выполнении раздела социальной ответственности были рассмотрены возможные опасные и вредные факторы при проектировании, изготовлении и эксплуатации источника сейсмических сигналов, а также приведены меры по их устранению или предотвращению.

8.Список литературы:

1. Основные параметры невзрывных источников / . - Москва : Директ-Медиа, 2006. - 0 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=64676>.
2. Пневматический источник: Горная энциклопедия. [Электронный ресурс]. - URL: http://s238.biblioclub.ru/interfaces/main_2/index.php?page=dict&termin=1056386&lang=ru
3. Невзрывные источники сейсмических колебаний: Горная энциклопедия. [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.mining-enc.ru/n/nevzryvnye-istochniki-sejsmicheskix-kolebaniij>
4. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В41 В.Н. Челомей (пред.). – М. : Машиностроение, 1981. – Т. 6. Защита от вибрации и ударов/ Под ред. К.В. Фролова. 1981, 456 с.
5. Колебания: Большая советская энциклопедия. [Электронный ресурс]. - URL: <https://gufo.me/dict/bse/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F>
6. Пат. №2436128 Российская Федерация, МПК G01V 1/155. Источник сейсмических сигналов / Крауиньш П. Я., Смайлов С. А., Кувшинов К. А.; заявитель и патентообладатель Томск. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет". – № 2010121658/28; заявл. 2010.05.27; опубл. 2011.12.10, Бюл. № 34.
7. Анализ технологичности детали. [Электронный ресурс]. - URL: <https://megaobuchalka.ru/7/36979.html>
8. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.

9. И.И. Гурвич, Г.Н. Боганик. Сейсмическая разведка. — 3-е изд., переработанное. — М. : Недра, 1980. — С 551.
- 10.Т. Скоренко. Сотрясающие землю // Популярная механика. — 2015. — №2.