**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, ПРОЕКТНЫХ И ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**«ОБРЕТЁННОЕ ПОКОЛЕНИЕ»**

---

**Направление: Физика**

# Тема: Воздействие температуры и электромагнитного поля на вязкость нефти и возможность уменьшения турбулизации нефти при перекачке по трубопроводным системам.

**Соискатель: Шашко Елисей Сергеевич**

**Научный руководитель: Абрамова Марфа Николаевна**

**Место выполнения работы: г. Нерюнгри, МБОУ СОШ № 15 им. П.С. Федорова**

**2025**

# Оглавление

Аннотация ..... 3

Введение ..... 3

Основная часть ..... 4

Экспериментальная часть: ..... 4

Определение вязкости нефти участка НПС-19 нефтепровода ВСТО ..... 4

Воздействие волн различных частот на вязкость ..... 5

Влияние температуры и ЭМП на вязкость нефти ..... 7

Зависимость вязкости от температуры ..... 8

Влияние магнитного воздействия на вязкость нефти ..... 8

Заключение ..... 10

Приложения ..... 12

Приложение 1 ..... 12

Приложение 2 ..... 13

Приложение 3 ..... 18

**Аннотация**

В работе экспериментально исследовано влияние температуры и электромагнитных полей на вязкость нефти и возможность снижения турбулизации при ее транспортировке по трубопроводным системам. Объектом исследования является нефть участка НПС-19 нефтепровода «Восточная Сибирь — Тихий океан».

В ходе работы методом капиллярной вискозиметрии была определена кинематическая вязкость взятого образца нефти, вязкость которой составляет в среднем 50,12 мм²/с при температуре 293К. Проведена серия экспериментов по изучению электромагнитного поля, вязкости нефти, а также исследование температурной зависимости вязкости, как при обычном нагреве, так и при совместном воздействии температуры и электромагнитного поля. Рассмотрено влияния намагничивающей силы от положения электромагнитов.

Установлено, что электромагнитное воздействие наиболее эффективно снижает вязкость нефти на частотах от 1500 Гц и выше, что связано с комплексом диэлектрических потерь и преобразованием электромагнитных полей в тепло. Экспериментально подтверждено, что с повышением температуры вязкость нефти снижается, однако максимальный эффект при комбинированном воздействии умеренного нагрева и электромагнитного поля. В этом случае среднее снижение вязкости составляет 18,9%.

Новизна работы заключается в экспериментальном обосновании эффективности совместного применения температурного и электромагнитного воздействия для снижения вязкости нефти и турбулентности потока. Полученные результаты показывают перспективность использования электромагнитных полей в качестве дополнительного метода повышения эффективности добычи нефти и снижения затрат.

## Введение

### Актуальность темы

Актуальность исследуемой темы обусловлена значением вязкости нефти для технологий её транспортировки в условиях крайнего севера. Низкая текучесть нефти повышает энергозатраты на перекачивание и усложняет технологические процессы. Традиционным способом управления вязкостью является нагрев, однако современные исследования показывают, что электромагнитные поля могут влиять на реологические свойства нефти через изменение агрегатного состояния асфальтенов - тяжёлых компонентов нефти и эмульсий. Растущая необходимость в нефти повышает важность изучения того, как уменьшить турбулизацию, чтобы увеличить скорость перекачки нефти.

**Цель:** экспериментально исследовать влияние температуры и электромагнитного поля на вязкость нефти.

**Задачи:**

1. Определить вязкость исследуемого образца.

2. Исследовать, как изменение температуры влияет на вязкость нефти.
3. Изучить влияние электромагнитного поля на вязкость.
4. Проанализировать и сопоставить результаты, вывести практические рекомендации.

**Объект и предмет исследования:**

**Объект** – вязкость нефти

**Инструмент** – ЭМП, изменение температуры

**Гипотеза:**

Можно предположить, что электромагнитное воздействие и изменение температуры способны изменять физические свойства нефти и оказывать влияние на структуру потока при перекачке по трубопроводным системам.

**Методы исследования:**

Экспериментальное исследование, анализ результатов и сопоставление данных.

**Основная часть:**

Реологические свойства – это способность нефти проявлять деформацию и течение под действием внешних факторов. Одно из основных понятий в реологии это вязкость. Вязкость жидкостей обусловлена существованием сил взаимного притяжения молекул, чем выше вязкость, тем медленнее она течет. Механизм снижения вязкости обусловлен возрастанием подвижности молекул жидкости, приводящих к снижению межмолекулярных сил. [3]

Кинематическая вязкость является отношением динамической вязкости к плотности жидкости и обозначается греческой буквой V.[мм$^2$/с]

$$V = \frac{\eta}{\rho}$$

Турбулентность – тип движения, при котором нефть движется не плавно, а с образованием вихревого потока. [2]

## Экспериментальная часть:

**Определение вязкости нефти участка НПС-19 нефтепровода ВСТО** [приложение 2.2]

**Цель эксперимента:** вычислить кинематическую вязкость методом, основанным на измерении скорости истечения жидкости через капилляр за определенное время.

Оборудование**:** приборы для измерения вязкости нефти – вискозиметр ВПЖ-4, температуры – термометр, секундомер.

**Исследуемый образец:** нефть класса I (малосернистая) с плотностью 840кг/м$^3$ при температуре 293K [приложение 1]

Образец взят на нефтеперекачивающей станции на трубопроводе Восточная Сибирь — Тихий океан. Это промежуточная насосная станция, которая увеличивает давление нефти с помощью насосов для её дальнейшей транспортировки по трубопроводу в восточном направлении, в том числе в Китай и порт Козьмино. Трубопровод является частью всей системы, которая транспортирует нефть из Сибири к тихоокеанскому побережью и в Китай.

**Безопасность**: работа с нефтью требует осторожности необходимо применять средства индивидуальной защиты, утилизировать отходы согласно правилам.

**Порядок выполнения**

1. Изучив вискозиметр вертикально закрепить в штатив.
2. Заполнить вискозиметр нефтью и накачать воздух так, чтобы уровень нефти поднялся до отметки М1
3. Измерить время истечения жидкости от М1 до М2
4. Вычислить вязкость

Описание капиллярного вискозиметра типа ВПЖ-4 [приложение 3]

Кинематическую вязкость вычисляем по формуле $V = \frac{g}{9{,}807} * T * K$

Где K – постоянная вискозиметра(0,09646мм$^2$/с)

T – Время истечения жидкости в секундах

g – Ускорение свободного падения в месте измерения м/с$^2$

| N | T(c) | V(мм$^2$/с) |
|---|---|---|
| 1 | 519 | 50,16 |
| 2 | 516 | 49,87 |
| 3 | 521 | 50,35 |
| среднее | 518,6 | 50,12 |

**Вывод:** Средняя кинематическая вязкость нефти, текущей в нерюнгринском участке НПС-19 нефтепровода ВСТО равна 50,12 мм$^2$/с.

## Воздействие волн различных частот на вязкость

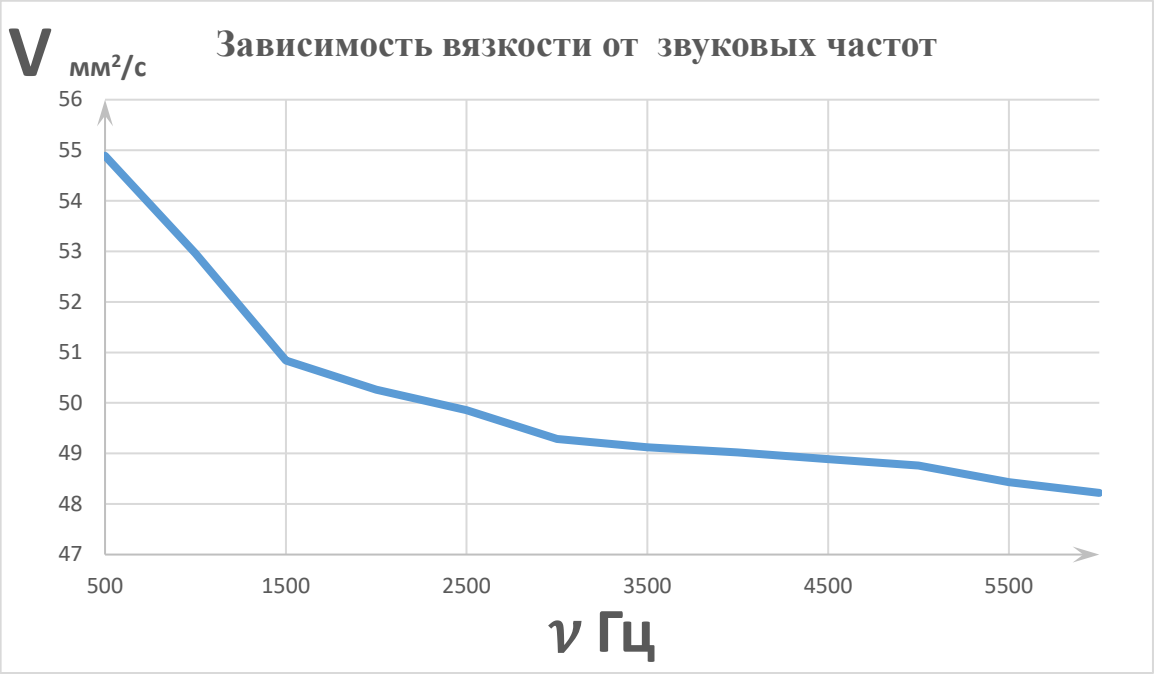
[приложение 2.1]

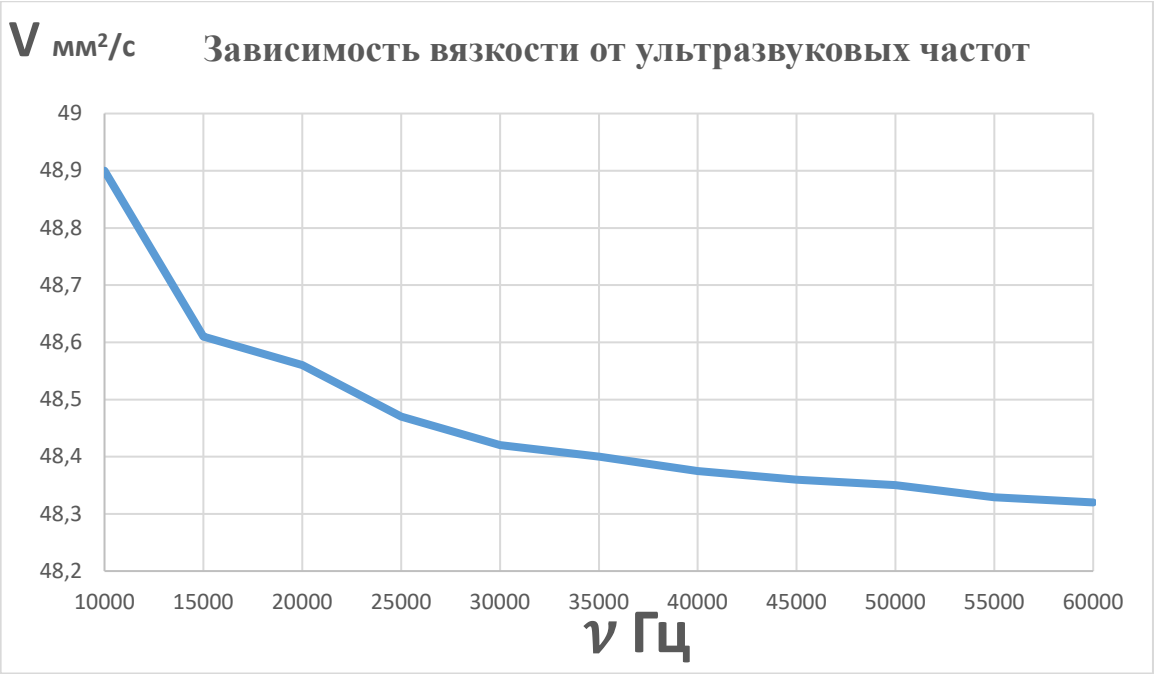
**Цель эксперимента:** влияние воздействия ЭМП на вязкость нефти, меняя частоту.

**Оборудование:** вискозиметр, термометр, функциональный генератор ЭМП переменной низкой частоты, усилитель звука (прибор для измерения длинны акустической волны), осциллоскоп, секундомер.

**Порядок выполнения**

1. Собрать установку.
2. Для температуры 22°C включать поле с различной частотой и измерять вязкость. Меняя частоту добиться максимального снижения вязкости исследуемого образца.
3. Измерив, время истечения нефти через капилляр, вычислить вязкость.
4. Построение графика зависимости вязкости от частоты.






**Вывод**: Как видно из полученных результатов ЭМП влияет на вязкость нефти в большей мере на частотах от 1500Гц и более. Это объясняется тем, что на более высоких частотах в большей мере проявляется эффект диэлектрических потерь, т.е. энергия ЭМП рассеивается и преобразовывается в тепло.

## Влияние температуры и ЭМП на вязкость нефти

[приложение 2.3]

**Цель работы:**

1. Исследовать влияние температуры на вязкость нефти
2. Исследовать влияние температуры и ЭМП на вязкость нефти

**Влияние температуры и ЭМП**

**Оборудование:** вискозиметр, термометр, секундомер, микроволновая печь Samsung,

**Порядок выполнения**:

1. Меняя мощность микроволновой печи
2. Измерить время истечения нефти через капилляр.
3. Вычислить вязкость нефти

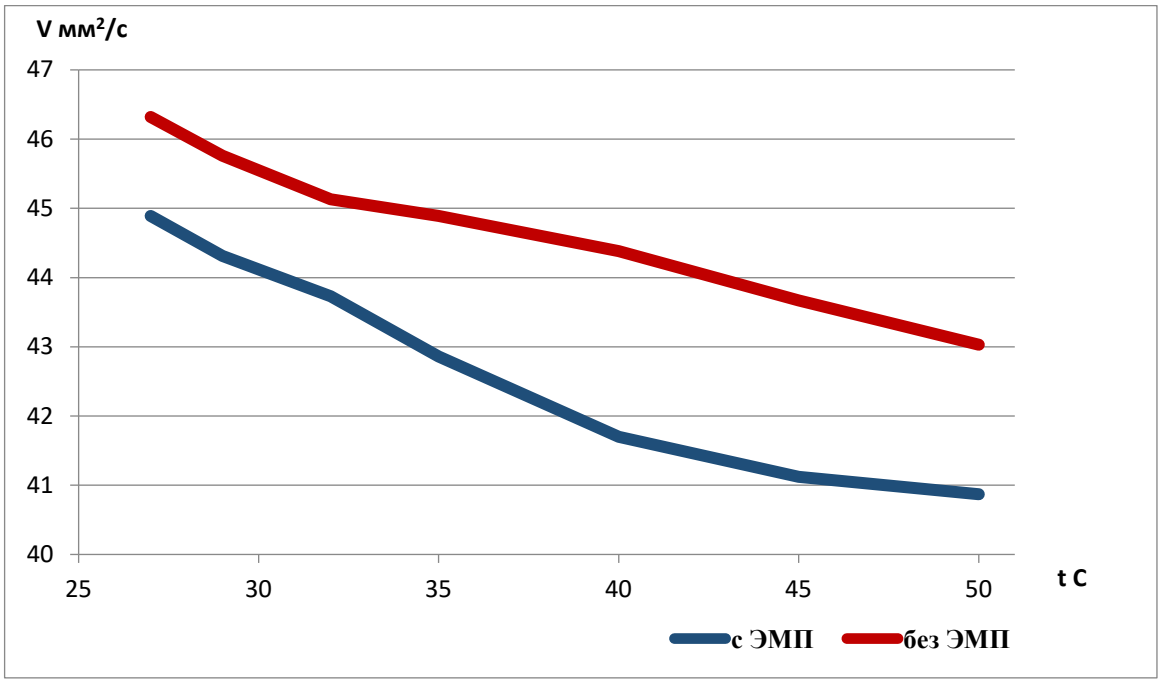
**Влияние температуры**

**Оборудование:** вискозиметр, термометр, секундомер, горелка лабораторная

**Порядок выполнения:**

1. Нагреть нефть на лабораторной горелке
2. Измерить время истечения нефти через капилляр
3. Вычислить вязкость нефти
4. Построить график зависимости вязкости от температуры

## Зависимость вязкости от температуры




**Вывод**: С повышением температуры, вязкость уменьшается. Это объясняется тем, что за счёт ослабления взаимного притяжения молекул увеличивается среднее расстояния между ними. Следовательно, уменьшается трение. Температура влияет на вязкость нефти достаточно, но как видно из графика, при одновременном действии температуры и ЭМП вязкость нефти значительно уменьшается, что увеличивает скорость ее течения. При сочетании умеренного повышения температуры и электромагнитного воздействия средний процент уменьшения вязкости равна 18.9 %.

## Влияние магнитного воздействия на вязкость нефти

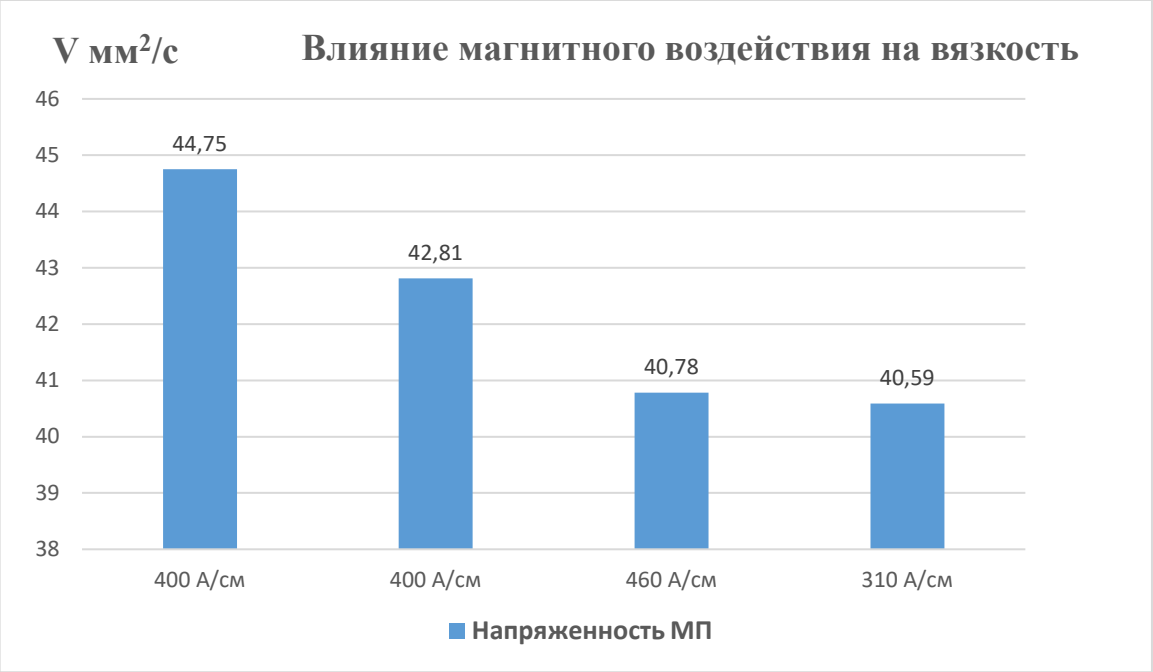
[Приложение 2.4, 2.5]

Цель эксперимента: провести исследование магнитного воздействия на вязкость, изучить зависимость магнитной составляющей ЭМП.

Оборудование: электромагнит РМ-5, магнитометр ИМАГ – 400Ц, вискозиметр, термометр, секундомер.

Порядок выполнения

1. Меняя положение электромагнита и расстояние между электродами измерить время истечения нефти. Время воздействия - постоянное.
2. Вычислить вязкость нефти
3. Построить гистограмму




**Вывод:** Анализ образца малосернистой нефти показал, что магнитное воздействие оказывает положительное влияние на снижение вязкости. Эффективность воздействия зависит от положения магнитов, при напряженности (или намагничивающей силой) магнитного поля 400 А/см вязкость снизилась в пределах от 5.37 мм2/с -7,31 мм2/с, т.е. средний процент уменьшения вязкости равна 12.6 %. Электромагнит с большей напряжённостью оказывают более сильное воздействие.

**Заключение**:

Таким образом, по результатам нами проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

I. Вязкость нефти, используемой на участке НПС-19 нефтепровода ВСТО равна 50,12 мм$^2$/с.
II. Установлено, что влияние ЭМП на вязкость нефти наиболее выражено с 1500 Гц и более.
III. Влияние температуры на вязкость менее выражено, чем воздействием ЭМП.
IV. Наибольший эффект снижения вязкости достигается при сочетании умеренного повышения температуры и оптимального электромагнитного воздействия. Средний процент уменьшения вязкости равен 18.9 %.
V. Эффективность силы воздействия намагничивающей силы ЭМП зависит от положения электромагнитов. Средний процент уменьшения вязкости равен 12,6%.
VI. Применение определённых параметров электромагнитного воздействия (частота, намагничивающая сила) оказывает положительное влияние на снижение вязкости. Электромагнитное воздействие способно изменять микроструктуру нефти так, что кинематическая вязкость уменьшается, поток становится более равномерным, т.е. снижается пульсация и турбулентность.

## Практические рекомендации

В ходе исследования мы доказали, что ЭМП и температура способны изменять физические свойства нефти и оказывать положительное влияние на структуру потока при перекачке по трубопроводным системам.

- Электромагнитное воздействие может дополнительно снизить вязкость до 18,9%, что потенциально полезно для технологий повышения скорости транспортировки нефти.
- При транспортировке тяжёлой нефти комбинировать умеренный нагрев с контролируемым применением ЭМП для снижения затрат на термическое отопление.

**Литература:**


1. Мякишев Г.Я, Физика: Электродинамика. 10-11 классы: учеб. Для углублённого изучения физики.
2. Е. В. Кухарева, Ю. В. Лоскутова, Н. В. Юдина. влияние магнитного поля на структурно-реологические характеристики смолистых нефтей и их эмульсий институт химии нефти. Со Ран, Томск 2022.
3. Касьянов П.М Исследования воздействия тепловыми и электромагнитными полями на вязкость нефти. Науки о земле: сырьевая база и геологоразведка стр.83.
4. А.В. Шарифуллин, Р.Р. Хуснуллин, В.Н. . Шарифуллин , Л.Р. Байбекова./ Особенности турбулентности течения нефтяных эмульсий. Ст. с 272.
5. Меликов Р.Х. Влияние магнитногых и электрических полей на свойства неньютоновских нефтей. 2017г.
6. Пивоварова Н.А., Клепова Н.А., Белинский Б.И., Туманян Б.П. Нефтепереработка и нефтехимия, 2003. -.№12.- С.23-26.
7. Галимов Р.А., Марданшин Р.Н, Харлампиди Х.Э., Дахнави Э.М Вестник Казан. Технол. у-та, 2010.- №5.-С. 171-177.
8. Лабораторная работа №2. Определение вязкости и температуры застывания нефти. https://staff.tpu.ru/
9. Леонтьева А.Ю., Байкова М.И., Политаева О.Ю., Байко Л.Р., Влияние магнитного воздействия на изменение вязкости тяжелой нефти, Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья 2024г. №1.2 с.16-20

# Приложения

## Приложение 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТИ

ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия

ПОКАЗАТЕЛИ НЕФТИ ВСТО

Структура условного обозначения нефти: 1.2э.1.1.* или 1.2э.1.1.*

* э (при поставке на экспорт)

| Класс | Тип | Группа | Вид |
|---|---|---|---|
| 1 или 2 | 2 | 1 | 1 |

| № | класс нефти | наименование | массовая доля серы, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | малосернистая | до 0,60 включительно |
| 2 | 2 | сернистая | 0,61...1,80 |
| 3 | 3 | высокосернистая | 1,81...3,50 |
| 4 | 4 | особо высокосернистая | более 3,5 |

| № | параметр | тип нефти | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Плотность при 20°С, кг/м3 | не более 830,0 | 830,1...850,0 | 850,1...870,0 | 870,1...895,0 | свыше 895 |
| 2 | Выход фракций, % объемн., не менее | | | | | |
| | 200°С | 30 | 27 | 21 | | |
| | 300°С | 52 | 47 | 42 | | |
| 3 | Массовая доля парафинов, % не более | 6 | 6 | 6 | | |

| № | Наименование показателя | группа нефти | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Массовая доля воды, % не более | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| 2 | Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм3, не более | 100 | 300 | 900 |
| 3 | Массовая доля механических примесей, % | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 4 | Давление насыщенных паров, не более, кПа (мм рт.ст.) | 66,7 (500) | 66,7 (500) | 66,7 (500) |
| 5 | Массовая доля органических хлоридов, мкг-1 (ppm), не более | 10 | 10 | 10 |

| № | Наименование показателя | вид нефти | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 1 | Массовая доля сероводорода, мкг-1 (ppm), не более | 20 | 100 |
| 2 | Массовая доля метил- и этилмеркаптанов в сумме, мкг-1 (ppm), не более | 40 | 200 |

## Приложение 2

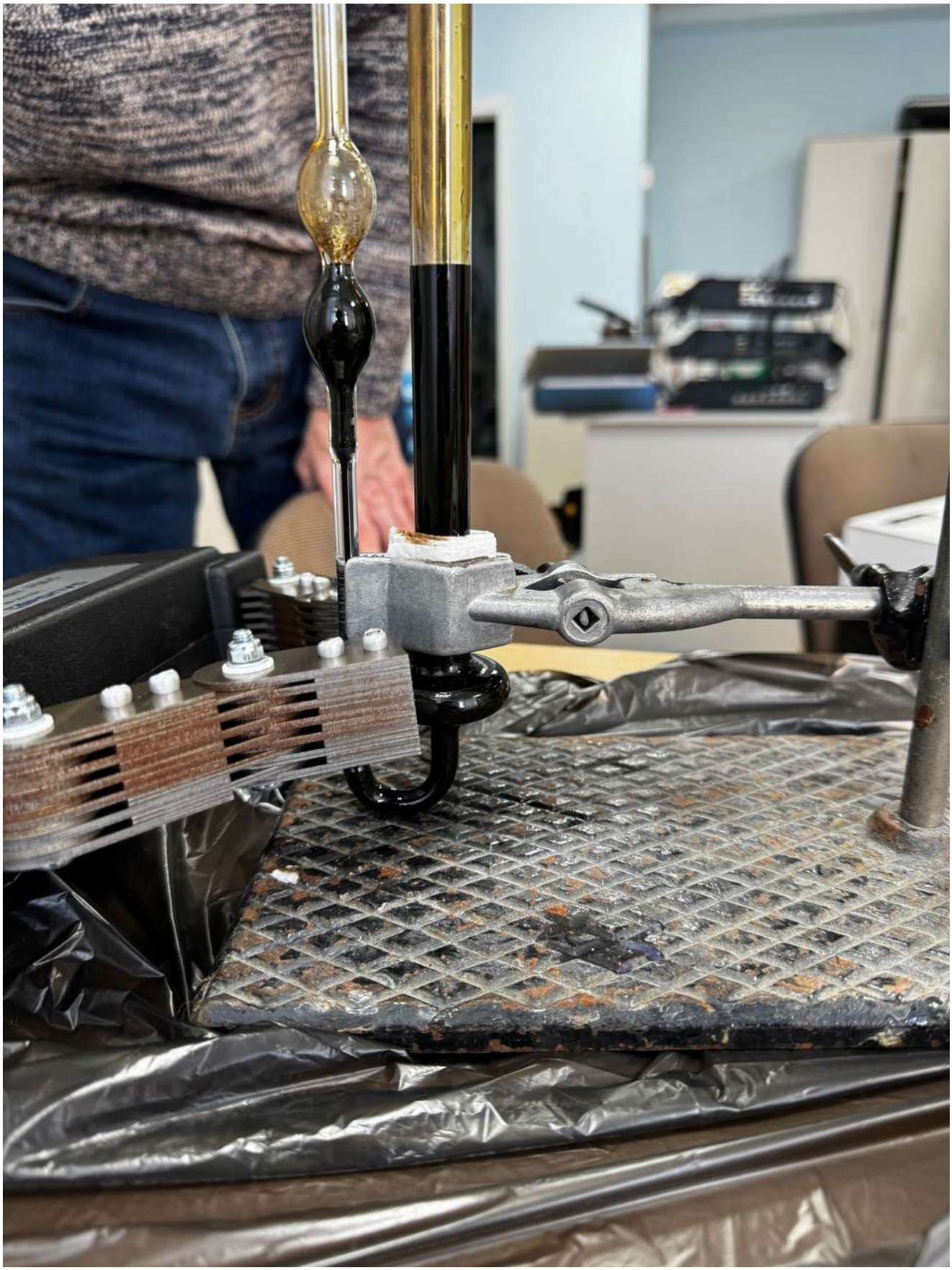
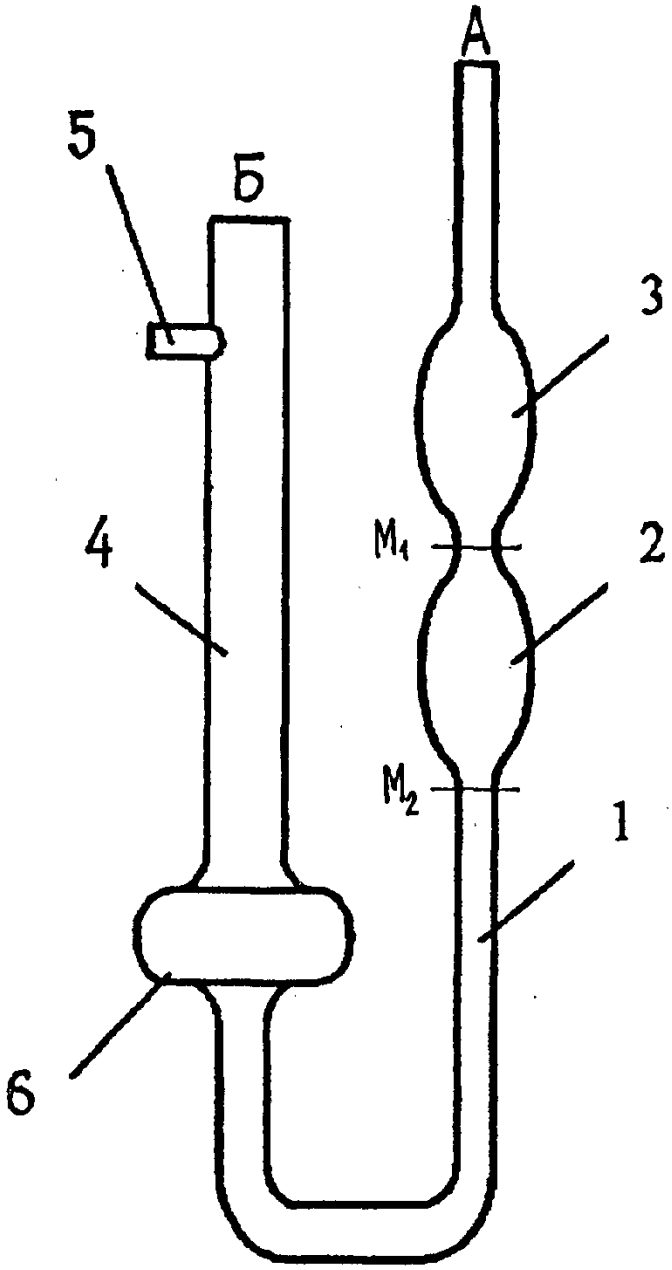
### 1 Воздействие волн различной частоты на вязкость

## 2 Определение вязкости нефти

## 3 Влияние температуры на вязкость нефти

## 4 Влияние электромагнита на вязкость

## 5 Влияние электромагнита на вязкость



**Приложение 3**