

## Профессиональный учебный центр

### **АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ Ч. II**

Методические указания к лабораторным занятиям  
для лаборантов химического анализа  
третьего и четвертого разрядов

Составитель ***И.В. Александрова,***  
***кандидат технических наук, доцент***

Тобольск, 2017

АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ Ч. I. Методические указания к лабораторным занятиям для лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов / сост. И.В. Александрова; Филиал ТИУ в г. Тобольске, Профессиональный учебный центр, 2017. – 32 с.

### Аннотация

Методические указания к лабораторным занятиям предназначены для лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов, курс обучения которых составляет 480 часов.

Приведено содержание основных тем дисциплины краткое изложение теоретического материала, приведено описание лабораторных установок, основных свойств используемых нефтепродуктов, реагентов и особенностей безопасной работы с ними, изложены цели и задачи работ, последовательность их выполнения и порядок обработки результатов.

## ВВЕДЕНИЕ

Программой обучения лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов предусмотрено выполнение лабораторного практикума.

Методические указания включают теоретический материал, методики определения показателей качества нефтепродуктов, их эксплуатационных характеристик, описание лабораторных установок, цели и задачи работ, последовательность их выполнения, расчет показателей и порядок обработки результатов. В указаниях приводятся контрольные вопросы по разделам, что позволяет обучающимся оценивать уровень освоения материала по изучаемой дисциплине.

Перед началом работы обучающиеся сдают допуск к работе, включающий теоретические основы изучаемого раздела лекционного курса, которому посвящено практическое задание, а также экспериментальную часть работы. По результатам эксперимента обучающийся оформляет отчет по работе, содержащий: название работы, цель работы, краткое теоретическое введение, экспериментальную часть, выводы по работе.

После проведения лабораторных работ обучающийся должен знать:  
- основные источники углеводородного сырья и требования, предъявляемые к ним; классификацию товарных нефтепродуктов.

После проведения лабораторных работ обучающийся должен уметь:  
- классифицировать различные нефтепродукты; работать в коллективе; проводить анализ качества нефтепродуктов.

- определять основные физико-химические свойства и показатели.

После проведения лабораторных работ обучающийся должен владеть:

- методами анализа сырья и вспомогательных материалов; методами технологических расчетов основных показателей нефтепродуктов.

Требования к безопасной работе в химической лаборатории, рекомендации к выполнению лабораторных работ, подготовка к работе, выполнение работы, требования к оформлению отчета изложены в ч. I настоящих методических указаний.

## Лабораторная работа № 1

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### Краткие сведения о процессе

*Вязкость* - свойство жидкостей оказывать сопротивление перемещению одного слоя относительно другого. Количественно вязкость характеризуется значением динамической вязкости или коэффициентом внутреннего трения. Характерной особенностью этого вида трения является то, что оно наблюдается не на границе твердого тела и жидкости, а во всем объеме жидкости.

Для характеристики вязкости нефтей и нефтепродуктов на практике наиболее широко используется кинематическая вязкость ( $\nu$ ), которая равна отношению динамической вязкости ( $\eta$ ) к плотности жидкости при температуре определения. Условная вязкость (ВУ), получившая применение для характеристики высоковязких нефтепродуктов, — это величина, которая выражается отношением времен вытекания определенного объема воды и нефтепродуктов или просто временем вытекания продукта из стандартного прибора. В России условную вязкость определяют сравнением времени вытекания 200 см<sup>3</sup> воды при 20 °С и такого же объема нефтепродукта при заданной температуре. Условная вязкость выражается также в секундах Сейболта и секундах Редвуда (измеряется на вискозиметрах Сейболта и Редвуда). Вязкость очень сильно зависит от температуры, поэтому всегда указывается температура ее определения. В технических требованиях на нефтепродукты обычно нормируется вязкость при 50 и 100, реже 20 °С (ГОСТ 33—2000). В ГОСТ 33—2000 имеются таблицы для определения кинематической вязкости. Условная вязкость (градусы Энглера, °Е) определяется по ГОСТ 6258. Динамическую вязкость нефтей и нефтепродуктов определяют на капиллярном или ротационном вискозиметре по ГОСТ 71680.

Метод определения вязкости на реовискозиметре Геплера заключается в измерении при определенных условиях времени прохождения шариком, соединенным с металлическим стержнем, установленного расстояния в измерительной пробирке, наполненной испытуемым материалом, и последующем расчете динамической вязкости.

**Цель работы.** Определить динамическую вязкость нефтепродуктов по выбору преподавателя.

### Аппаратура

- Вискозиметр Геплера.
- Шарик измерительный.
- Набор термометров с погрешностью измерения не более  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Термостат, обеспечивающий поддержание температуры в интервале от минус  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до плюс  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Секундомер с ценой деления  $0,1\text{ с}$ .



Рис. 1. Вискозиметр Геплера с падающим шаром

### Подготовка к испытанию

При определении вязкости с помощью стеклянных шариков определяют плотность испытуемого материала.

Вискозиметр Геплера устанавливают в вертикальном положении с помощью уровня и установочных винтов. Измерительную трубку вискозиметра, закрытую снизу металлической пробкой, наполняют около  $35\text{ см}^3$  испытуемого материала. В измерительную трубку помещают измерительный шарик. Трубку сверху закрывают пробкой. Наличие пузырьков воздуха в испытуемом материале, находящемся в измерительной трубке, не допускается.

Измерительную трубку с находящимся в ней испытуемым материалом термостатируют при температуре испытания. Продолжительность термостатирования - не менее 15 мин.

### Проведение испытания

Поворотом измерительной трубки на  $180^{\circ}$  возвращают шарик в нижнее положение, после чего измерительную трубку снова поворачивают на

180°, закрепляют при помощи фиксирующего болта и измеряют время, в течение которого шарик проходит расстояние между двумя круговыми метками. Перед началом измерения времени шарик дают пройти два раза через измерительную трубку для перемешивания испытуемого материала. **Примечание.** При испытании непрозрачных жидкостей шарик виден как серебристая точка. Отсчет времени ведут, наблюдая за движением этой точки.

Для определения вязкости время измеряют не менее пяти раз. При первом измерении устанавливают приблизительное время и при расчете вязкости его не учитывают. Оптимальное время - от 200 до 600 с. Если время составляет 60 с или менее, то для дальнейших измерений выбирают шарик большего диаметра.

Если для проведения испытания используют стеклянные шарики, плотность испытуемого материала не должна превышать 1,8 г/см<sup>3</sup>.

После окончания испытания вискозиметр тщательно промывают соответствующими растворителями и сушат. При промывании измерительной трубки и шарика необходимо следить за тем, чтобы они не были повреждены или поцарапаны.

### Обработка результатов

Динамическую вязкость ( $\eta$ ) в миллипаскаль-секундах вычисляют по формуле:

$$\eta = K (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{м}}) \cdot t,$$

где  $K$  - постоянная измерительного шарика;

$\rho_{\text{ш}}$  - плотность измерительного шарика, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{м}}$  - плотность испытуемого материала, г/см<sup>3</sup>;

$t$  - среднеарифметическое значение времени прохождения шарика, с.

Если расхождение результатов отдельных измерений превышает среднеарифметическое значение более чем на 0,3 %, то испытание повторяют на новой пробе испытуемого материала.

### Контрольные вопросы

1. Что характеризуют динамическая и кинематическая вязкости?
2. Как зависят от температуры вязкости большинства нефтепродуктов?
3. Что такое вязкость?
4. Методы измерения вязкости жидкости.
5. Какая жидкость называется идеальной?

## Лабораторная работа № 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### Краткие сведения о процессе

Вязкость, как и плотность, — важный физико-химический параметр, используемый при подсчете запасов нефти, проектировании разработки нефтяных месторождений, выбора способа транспорта и схемы переработки нефти.

Различают динамическую, кинематическую и условную вязкость. Динамическая вязкость  $\eta$  — это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости при заданной температуре. Единица измерения динамической вязкости паскаль-секунда — Па·с, на практике используют обычно мПа·с.

Необходимость определения кинематической и условной вязкости связана с тем, что для определения динамической вязкости требуется источник постоянного давления (постоянно приложенного напряжения) на жидкость. Это условие предопределяет дополнительные технические трудности, сложность воспроизведения и трудоемкость анализа. Кинематическая вязкость  $\nu$  — это отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре:  $\nu = \eta / \rho$ .

Единица кинематической вязкости м<sup>2</sup>/с, на практике используют обычно мм<sup>2</sup>/с.

Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в замене постоянного давления (внешней силы) давлением столба жидкости, равным произведению высоты столба жидкости, плотности жидкости и ускорения силы тяжести. Эта замена привела к значительному упрощению и распространению метода определения кинематической вязкости в стеклянных капиллярных вискозиметрах.

Определение условной вязкости также основано на истечении жидкости (как правило, для этих целей используют трубку с диаметром отверстия 5 мм) под влиянием силы тяжести. Условная вязкость — отношение времени истечения нефтепродукта при заданной температуре ко времени истечения дистиллированной воды при 20°C. Единица измерения — условные градусы (°ВУ). Метод определения условной вязкости применяется для нефтепродуктов, дающих непрерывную струю в течение всего испытания и для которых нельзя определить кинематическую вязкость по

ГОСТ 33—82. Условную вязкость определяют для нефтяных топлив (мазотов).

Определение кинематической вязкости обязательно для таких товарных нефтепродуктов, как дизельные топлива и смазочные масла (ньютоновские жидкости).

Согласно унифицированной программе исследования для нефтей определяют кинематическую (или динамическую) вязкость при температурах от 0 до 50°C (через 10 °C). Для маловязких нефтей определение начинают с 20°C. Для керосиновых дистиллятов определяют кинематическую вязкость при 20 — 40°C. Для дизельных — при 20°C, для масляных — при 40, 50 и 100°C. Для остатков, выкипающих выше 350°C, определяют условную вязкость при 50, 80 и 100°C.

На вязкость нефти и нефтепродуктов существенное влияние оказывает температура. С ее понижением вязкость увеличивается. Вязкостно-температурные свойства нефтепродуктов зависят от их фракционного и углеводородного состава. Наименьшей вязкостью и наиболее полой кривой вязкости обладают алифатические углеводороды. Наибольшей вязкостью и наиболее крутой кривой вязкости — ароматические (особенно би- и полициклические) углеводороды.

Важным эксплуатационным показателем топлив и масел является прокачиваемость. Прокачиваемость моторных топлив и топлив для газотурбинных и котельных установок существенно зависит от их вязкости. Например, количество бензина вязкостью 0,65 мм<sup>2</sup>/с, поступающего в двигатель за одну минуту, составляет 100 г, а бензина вязкостью 1,0 мм<sup>2</sup>/с — 95 г. В технических требованиях на товарные топлива и смазочные масла предусмотрены соответствующие ограничения значения вязкости. Так, топлива для быстроходных дизелей должны иметь кинематическую вязкость при 20°C в пределах 1,5—6,0 мм<sup>2</sup>/с.

С понижением температуры высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефтепродукты (мазут, гудрон) могут проявлять аномалию вязкости, так называемую структурную вязкость. При этом их течение перестает быть пропорциональным приложенному напряжению, т. е. они становятся неньютоновскими жидкостями. Причиной структурной вязкости является содержание в нефти и нефтепродукте смолисто-асфальтеновых веществ и парафинов.

Для оценки вязкостно-температурных свойств масел имеются соответствующие зависимости для расчета температурного коэффициента вязкости (ТКВ) и индекса вязкости (ИВ).

**Цель работы.** Определить кинематическую вязкость нефтепродук-



тов по выбору преподавателя. Сопоставить полученные данные с ГОСТ, сделать вывод.

## Аппаратура

Вискозиметр стеклянный Оствальда.

Термостат жидкостной.

Резиновая трубка.

Резиновая груша.

Секундомер.

Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы, тяжести. Испытание проводят в капиллярных стеклянных вискозиметрах. Для проведения анализа подбирают вискозиметр с таким диаметром капилляра, чтобы время истечения жидкости составляло не менее 200 с (рис. 2).

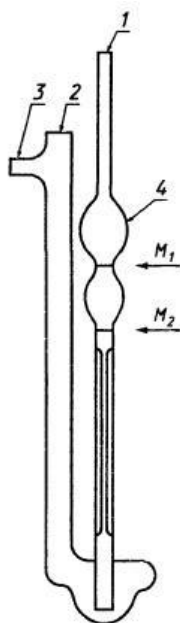


Рис. 2. Вискозиметр Оствальда

1 - первое колено,

2 - второе колено,

3 - расширение.



Рис. 3 Термостат жидкостной для поддержания температуры стеклянных вискозиметров при определении кинематической вязкости нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000

## Порядок выполнения работы

Чистый сухой вискозиметр (рис. 2) заполняют нефтью (нефтепродуктом). Для этого в вискозиметр через воронку заливают точное количество нефтепродукта (отмеченное на вискозиметре). Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток нефти (нефтепродукта) и надевают на конец колена 2 резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат (баню) так, чтобы расширение 3 было ниже уровня нефти (нефтепродукта). После выдержки в термостате не менее 15 мин засасывают нефть (нефтепродукт) в колено 2, примерно до 1/3 высоты расширения 3. Соединяют колено 2 с атмосферой и определяют время перемещения мениска нефти (нефтепродукта) от метки  $M_1$  до  $M_2$  (с погрешностью не более 0.2 с).

Если результаты трех последовательных измерений не отличаются более чем на 0,2 %, кинематическую вязкость  $\nu$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ , вычисляют как среднее арифметическое по формуле:  $\nu = C \cdot \tau$ ,  
где  $C$  — постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;  
 $\tau$  — среднее время истечения нефти (нефтепродукта) в вискозиметре, с.

Динамическую вязкость  $\eta$ ,  $\text{мПа}\cdot\text{с}$ , исследуемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:  $\eta = \nu \cdot \rho$ ,  
где  $\nu$  — кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  
 $\rho$  — плотность при той же температуре, при которой определялась вязкость,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Допускаемые расхождения последовательных определений кинематической вязкости от среднего арифметического значения не должны превышать следующих значений:

температура измерения, °С	от - 60 до - 30	от -30 до 15	от 15 до 150
допускаемое расхождение, %	±2.5	±1.5	±1.2

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАСТЫВАНИЯ

#### Краткие сведения о процессе

Нефть и нефтепродукты не являются индивидуальными веществами, а представляют собой сложную смесь органических соединений. Поэтому *они не имеют определенной температуры перехода из одного агрегатного состояния в другое*. Влияние температуры на агрегатное состояние нефти

и нефтепродуктов имеет важное значение при их транспортировке и эксплуатации.

Низкотемпературные свойства *нефти, дизельных и котельных топлив*, а также *нефтяных масел* характеризуются *температурой застывания*. *Карбюраторные, реактивные и дизельные топлива* характеризуются *температурой помутнения*. *Карбюраторные и реактивные топлива, содержащие ароматические углеводороды*, характеризуются *температурой начала кристаллизации*. Указанные характеристики не являются физическими константами, однако достаточно четко определяют температурный диапазон практического применения соответствующих нефтепродуктов.

*Температура застывания* характеризует возможную потерю текучести нефтепродукта в зоне низких температур. Чем больше содержание парафинов (твердых углеводородов), тем выше температура застывания нефтепродукта. Следует отметить, что потеря текучести может быть связана и с увеличением вязкости продукта с понижением температуры. Например, кинематическая вязкость остаточного авиамасла при 50°C равна 2 мм<sup>2</sup>/с, при 0°C – 130 мм<sup>2</sup>/с, а при –25°C она повышается до 3500 мм<sup>2</sup>/с. При такой высокой степени вязкости масло теряет подвижность и его невозможно прокачивать.

*Температура помутнения* указывает на склонность топлива поглощать при низких температурах влагу из воздуха (это особенно опасно для авиационных топлив, поскольку образующиеся кристаллики льда могут засорять топливоподающую аппаратуру, что может привести к трагедии).

*Температура начала кристаллизации* карбюраторных и реактивных топлив не должна превышать –60°C. По этой причине в зимних сортах бензина нежелательно наличие высокого содержания ароматических углеводородов. При повышенном содержании бензола и некоторых других ароматических углеводородов эти высокоплавкие соединения могут выпасть из топлива в виде кристаллов, что приводит к засорению топливных фильтров и остановке двигателя.

**Цель работы:** определение температуры застывания моторных масел.

Сущность методов заключается в предварительном нагревании образца испытуемого нефтепродукта с последующим охлаждением его с заданной скоростью до температуры, при которой образец остается неподвижным. Указанную температуру принимают за температуру застывания.

### Приборы, посуда, реактивы, материалы

Пробирка стеклянная со сферическим дном, высотой ( $160 \pm 10$ ) мм, внутренним диаметром ( $20 \pm 1$ ) мм. На наружной боковой поверхности пробирки на расстоянии 30 мм от дна - несмываемая кольцевая метка.

Бумага фильтровальная лабораторная.

Сетка проволочная.

Вата гигроскопическая.

Воронка для фильтрования.

Сульфат натрия безводный.

Натрий хлористый.

Кальций хлористый, обезвоженный.

Муфта стеклянная с вогнутым или сферическим дном, высотой ( $130 \pm 10$ ) мм, внутренним диаметром ( $40 \pm 2$ ) мм.

Пробка корковая или резиновая, соответствующая внутреннему диаметру пробирки, с отверстием в центре для термометра.

Термометры типа ТИН-3, ТН-8, ТН-6.

Термометр любого типа для измерения температуры охлажденной смеси с градуировкой шкалы  $1^\circ\text{C}$ .

Баня произвольной формы и размеров. Требуемая температура бани поддерживается с помощью холодильного устройства или охлаждающей смеси.



Рис.4. Прибор для определения температуры застывания нефтепродуктов

## Подготовка к анализу

При наличии воды нефтепродукт обезвоживают. Значительное количество воды удаляют предварительным отстаиванием и последующим сливанием нефтепродукта.

Дальнейшая осушка продуктов достигается различно.

Легкоподвижные продукты взбалтывают периодически в течение 10 - 15 мин со свежeproкаленным и измельченным сульфатом натрия или хлористым кальцием, после чего отстаивают и фильтруют через сухой фильтр.

Вязкие нефтепродукты подогревают до температуры не выше 45 °С и фильтруют через слои крупнокристаллической, свежeproкаленной поваренной соли. Для этого в стеклянную воронку вкладывают проволочную сетку или немного ваты и сверху насыпают соль. Сильно обводненные нефтепродукты фильтруют последовательно через две-три воронки.

Обезвоженный продукт наливают в сухую чистую стеклянную пробирку до метки так, чтобы он не растекался по стенкам пробирки. В пробирку при помощи корковой пробки плотно вставляют соответствующий термометр, укрепляя его так, чтобы он проходил по оси пробирки, а его резервуар находился на расстоянии 8 - 10 мм от дна пробирки. Для большей устойчивости термометра в его рабочем положении на нижнюю часть термометра (приблизительно на середине ее длины) надевают корковую пробку, пригнанную так, чтобы она входила в пробирку с небольшим трением.

Пробирку с продуктом и термометром помещают в водяную баню, нагретую предварительно до температуры  $(50 \pm 1)$  °С, и выдерживают до тех пор, пока продукт не примет температуру бани.

## Методика проведения работы

Пробирку с продуктом и термометром вынимают из водяной бани, насухо вытирают ее снаружи и укрепляют при помощи пробки в муфте так, чтобы ее стенки находились приблизительно на одинаковом расстоянии от стенок муфты. Пробирки с муфтой закрепляют в держателе штатива в вертикальном положении и оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока нефтепродукт не охладится до температуры  $(35 \pm 5)$  °С, затем помещают его в сосуд с охлаждающей смесью, температуру которой предварительно устанавливают на 5 °С ниже намеченной для определения температуры застывания.

Во время охлаждения продукта установленную температуру охлаждающей смеси поддерживают с погрешностью  $\pm 1$  °С.

Когда продукт в пробирке примет температуру, намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении в течение 1 мин.

После этого пробирку с муфтой осторожно вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают муфту и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого продукта.

При определении температуры застывания ниже 0 °С в муфту перед испытанием помещают 0,5 - 1,0 см<sup>3</sup> серной кислоты, олеума или любого другого осушителя.

Если мениск сместился, то пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до  $(50 \pm 1)$  °С и проводят новое определение при температуре на 4 °С ниже предыдущей до тех пор, пока при некоторой температуре мениск не перестанет смещаться.

Примечание. Если температура, при которой проводилось определение, ниже минус 20 °С, то перед новым определением для предохранения пробирки от повреждений вследствие сильных тепловых воздействий пробирку с продуктом и термометром оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока продукт не примет температуру минус 20 °С, и только после этого пробирку помещают в водяную баню.

Если мениск не сместился, то пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до  $(50 \pm 1)$  °С, проводят новое определение застывания при температуре на 4 °С выше предыдущей до тех пор, пока при некоторой температуре мениск будет смещаться.

После нахождения границы застывания (переход от подвижности к неподвижности или наоборот) определение повторяют, понижая или повышая температуру испытания на 2 °С до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным, а при повторном испытании при температуре на 2 °С выше он сдвигается. Эту температуру фиксируют, как установленную для данного опыта.

Для установления температуры застывания продукта проводят два определения, начиная второе определение с температуры на 2 °С выше установленной при первом определении.

За температуру застывания испытуемого нефтепродукта принимают среднее арифметическое результатов двух определений.

Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными с 95 %-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 2 °С.

### Контрольные вопросы

1. Что называется температурой застывания нефтепродукта?
2. Чем обусловлена необходимость точного определения температур застывания в нефтегазовой промышленности?
3. Каковы стандартные методы измерения температуры застывания?
4. Какие характеристики вещества определяют скорость изменения температуры в процессе его застывания?
5. Что в термодинамике называют *фазой*? Приведите примеры различных фаз вещества.

### Лабораторная работа № 4

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ

### Краткие сведения о процессе

Метод распространяется на нефтепродукты: парафины и другие высокоплавкие кристаллические продукты и устанавливает методику определения их температуры плавления по Жукову (температуры кристаллизации).

Сущность метода заключается в определении температуры, при которой закристаллизовывается основная масса предварительно расплавленного продукта.

За температуру плавления парафина принимают среднюю температуру застывания компонентов, входящих в состав парафина.

Определение сводится к наблюдению за изменением температуры расплавленного парафина во время его охлаждения при переходе из жидкого состояния в твердое и при дальнейшем охлаждении в твердом состоянии. По полученным экспериментальным данным строят графическую зависимость температура - время. Участок постоянной температуры соответствует температуре перехода парафина из одного агрегатного состояния в другое.

Определение проводится в приборе Жукова, который представляет собой сосуд Дьюара, снабженный термометром на  $100^{\circ}\text{C}$  с ценой деления  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Устройство Дьюара позволяет проводить охлаждение расплавленного парафина достаточно медленно. Термометр укрепляется так, чтобы ртутный шарик находился на оси прибора и в центре расплавленного парафина.

**Цель работы:** определить температуру плавления парафина.

### Приборы, посуда, реактивы, материалы

Фарфоровый стакан.

Термостат.

Прибор Жукова.

Термометр.

Проба парафина.

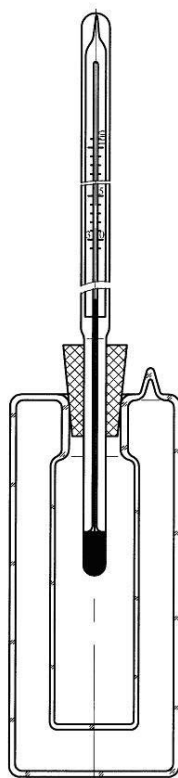


Рис. 5. Прибор Жукова  
**Методика проведения работы**

Фарфоровый стакан с испытуемым парафином устанавливают в термостат, имеющий температуру не более  $100^{\circ}\text{C}$ , и нагревают до полного расплавления. Расплавленный продукт заливают в прибор Жукова до  $3/4$  его высоты. Вставив термометр, прибор устанавливают на стол и выжидают, пока парафин охладится до температуры, превышающей предполагаемую температуру плавления на  $4^{\circ}\text{C}$ . Во избежание переохлаждения парафина прибор встряхивают. Когда парафин начнет мутнеть и пениться, встряхивание прекращают, включают секундомер и сначала через каждые 10 с до наступления отчетливого помутнения, а затем через каждую минуту до момента полного затвердевания парафина записывают показания



термометра с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Сначала температура будет падать быстро и плавно, затем, когда будут выделяться кристаллы, понижение температуры замедлится, после чего снова начнется равномерное падение температуры. За температуру плавления принимают ту температуру, которая некоторое время была постоянной.

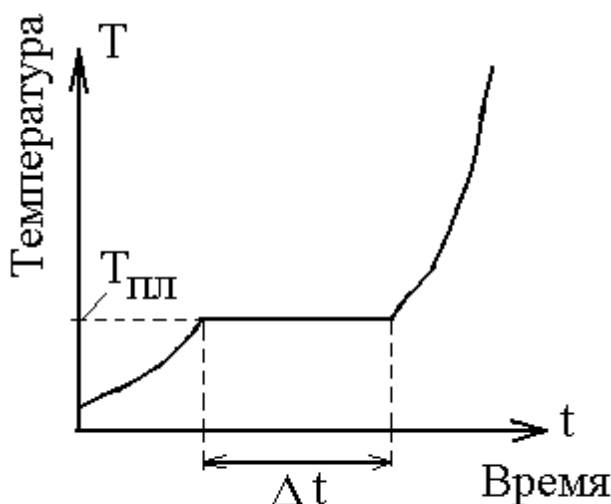


Рис. 6. Зависимость температуры расплавляемого образца от времени нагрева

При испытании неизвестного парафина проводят сначала предварительное определение температуры плавления. Для этого полностью расплавляют парафин и заливают его в нагретый прибор Жукова. Затем прибор периодически встряхивают и, когда наступит помутнение, включают секундомер. Через каждую минуту отмечают показания термометра до тех пор, пока парафин не перейдет в твердое состояние. Постоянная температура с точностью до  $1 - 2^{\circ}\text{C}$  принимается за предполагаемую температуру плавления.

За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений, если расхождение между ними не превышает  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

#### Контрольные вопросы

1. Какую температуру принимают за температуру плавления нефтепродуктов?
2. На каком приборе проводится определение температуры плавления нефтепродуктов?

3. Методика определения температуры плавления нефтепродуктов.
4. При нагреве (остывании) некоторых веществ на кривой зависимости температуры от времени наблюдается горизонтальный участок. Какие это вещества ? Почему температура продолжительное время остается постоянной?
5. Назовите основные методы оценки качества твёрдых нефтепродуктов.

### Лабораторная работа № 5

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

### Краткие сведения о процессе

Метод предназначен для измерения массовых концентраций бензола, толуола, о-, м- и п-ксилолов, стирола в пробе нефтяного ксилола. Интервал измеряемых концентраций 0,5 – 100 % об.

Сущность метода заключается в хроматографическом разделении смеси ароматических углеводородов по числу атомов углерода на полярной неподвижной фазе.

Объемную долю компонентов смеси вычисляют методом абсолютной градуировки.

**Цель работы.** Анализировать пробу нефтяного ксилола, определить массовые концентрации бензола, толуола, о-, м- и п-ксилолов, стирола в пробе.

### Аппаратура, реактивы и материалы

Газовый хроматограф «Хроматэк-Кристалл».  
Детектор по теплопроводности (ДТП).  
Испаритель насадочный.  
Термостат колонок.  
Колонка насадочная в соответствии с ГОСТ 10679.  
Аттестованные газовые смеси для градуировки.  
Программное обеспечение «Хроматэк Аналитик».  
Специализированное ПО «Хроматэк Диоксид углерода».  
Генератор водорода.

Шприц хроматографический, 10 мкл.

### Подготовка пробы

Пробу смеси ароматических углеводов, выдержанную при температуре помещения лаборатории не менее 1 ч, отбирают в хроматографический шприц.

### Проведение анализа

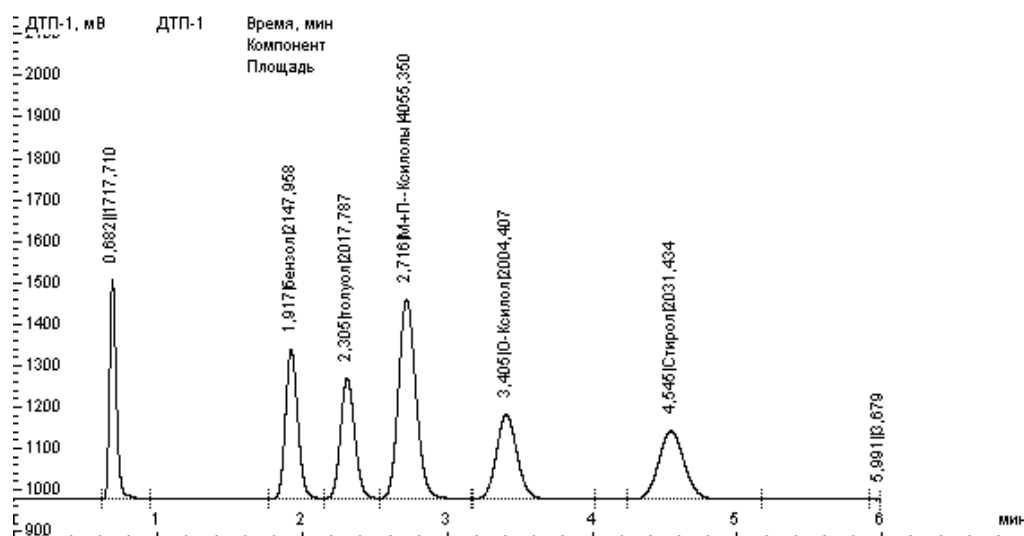
Включение и настройку хроматографа, установку заданных параметров проводят согласно инструкции, прилагаемой к прибору.

При наличии на панели хроматографа сигнала «готовность», быстро вводят (не более 2 с) пробу шприцем в испаритель, прокалывая иглой мембрану узла ввода пробы разовым движением штока. Нажимают кнопку «старт» на панели хроматографа.

### Условия анализа

Длина колонки, м	3
Диаметр колонки, мм, внутренний/внешний	3/4
Сорбент	Хромосорб РАW 80/100 mesh
Неподвижная жидкая фаза	30% OV-275
Температура колонки, °С	160
Температура испарителя, °С	180
Температура детектора, °С	180
Газ-носитель	водород
Расход газа - носителя, мл/мин	20
Объем пробы, мкл	8
Продолжительность анализа, мин	6

После завершения регистрации хроматограммы осуществляют расчет значений объемной доли (%) компонентов смеси с помощью программного обеспечения.



### Расчет по компонентам

Время, мин	Компонент	Площадь	Концентрация	Ед. концентрации	Детектор
1.917	бензол	2147.958	16.7	%об.	ДТП-1
2.305	толуол	2017.787	16.5	%об.	ДТП-1
2.716	М+П-ксилолы	4055.350	16.5	%об.	ДТП-1
3.405	о-ксилол	2004.407	16.7	%об.	ДТП-1
4.545	стирол	2031.434	17.2	%об.	ДТП-1

Рис. 7. Пример хроматограммы и расчета компонентного состава смеси ароматических углеводородов

Анализ пробы смеси ароматических углеводородов проводят дважды. За результат измерения объемной доли (%) компонентов в анализируемой пробе смеси принимают среднее арифметическое значение из двух последовательных значений и округляют до десятичного знака.

Делают вывод о качественном и количественном составе смеси.

## Лабораторная работа № 6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БЕНЗИНА

#### Краткие сведения о процессе

Фракционный состав бензина во многом определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Легкость пуска холодного двигателя, необходимая интенсивность подогрева впускного трубопровода, мощностные показатели, топливная экономичность, наконец, интенсивность износа двигателя тесно связаны с фракционным составом бензина.

В отличие от химически однородных веществ, таких, например, как вода, спирт, эфиры, имеющих постоянную температуру кипения, зависящую только от барометрического давления, бензин является сложной смесью ряда индивидуальных углеводородов, кипящих при различных температурах. Поэтому для оценки испаряемости бензина определяют зависимость количества испарившегося бензина от температуры.

График, показывающий зависимость объема отогнанного топлива (в %) от температуры, называется кривой перегонки. Кривая перегонки дает наглядное представление о фракционном составе топлива. По характерным точкам на кривой фракционного состава можно приближенно судить о некоторых эксплуатационных качествах бензина. Например, температура выкипания 10 % бензина характеризует его пусковые свойства, в частности, возможность пуска при низких температурах воздуха. Чем ниже температура выкипания 10 % бензина, тем легче пуск двигателя. Поэтому в средней полосе страны применяют летний и зимний бензин с ограничением температуры начала кипения.

Летний бензин должен обеспечивать запуск при температуре воздуха до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , не образовывать пробок при температуре воздуха до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Начало кипения не ниже  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , разгонка 10 % – не ниже  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , но не выше  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зимний бензин – запуск до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , отсутствие паровых пробок до  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Начало кипения не выше  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , разгонка 10 % – не выше  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Температура выкипания 50 % бензина характеризует необходимую интенсивность подогрева впускного трубопровода, а также скорость подогрева двигателя и возможность более быстрого прекращения обогащения горючей смеси при пуске.

Температура 90 % выкипания и конца разгонки достаточно полно характеризует противоизносные свойства бензина, так как с повышением этих температур увеличивается количество тяжелых трудноиспаряющихся фракций, попадающих в цилиндр в капельно-жидком состоянии и смыва-

ющих масляную пленку с зеркала цилиндров. Чем выше температура разгонки 90 % топлива, тем больше неполнота сгорания топлива и выше токсичность выхлопа. Температура разгонки 90 % топлива обычно бывает не выше 180 °С у летнего и 160 °С у зимнего бензинов. От фракционного состава значительно зависит расход топлива, величина потерь при транспортировке, хранении и перекачках.

**Цель работы.** Проанализировать фракционный состав предложенного топлива. Определить температуру начала кипения топлива, температуру выкипания 10, 50 и 90 об. %, остаток и потери. Сопоставить полученные данные с ГОСТ, сделать вывод.

### Оборудование и материалы

Аппарат для разгонки нефтепродуктов АРН-ЛАБ-03.

Колба 125 см<sup>3</sup>.

Холодильник.

Мерный цилиндр 100 см<sup>3</sup> с ценой деления 1 см<sup>3</sup>.

Воронка; термометр низкотемпературный с ценой деления 1°С.

Мерный цилиндр 10 см<sup>3</sup>.

Образец испытуемого топлива.



Рис.8. Аппарат для разгонки нефтепродуктов АРН-ЛАБ-03

### Порядок выполнения работы

1. Чистым сухим цилиндром отобрать  $100 \text{ см}^3$  испытуемого топлива и залить его в колбу для перегонки (ни одна капля не должна попасть в пароотводную трубку).

2. Вставить термометр через отверстие плотно пригнанной пробки в горловину колбы так, чтобы ртутный шарик термометра располагался по центру горловины колбы и нижний конец капилляра находился на уровне с самой высокой точкой нижней внутренней стенки пароотводной трубки.

3. Установить колбу в прибор.

4. Мерный цилиндр, которым отмеряли пробу для испытания, без высушивания поместить в баню под нижний конец трубки холодильника с таким расчетом, чтобы конец трубки находился в центре и входил в него не менее чем на 25 мм, но не ниже отметки  $100 \text{ см}^3$ . Цилиндр на время перегонки закрыть фильтровальной бумагой или ватой для уменьшения потерь на испарение. При перегонке бензина цилиндр поставить в стеклянный сосуд с водой, температуру которой поддерживают в пределах  $15,5 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

5. Включить нагревание прибора. Нагрев вести так, чтобы первая капля топлива упала с конца трубки холодильника не ранее 5 и не позже 10 минут от начала нагрева.

6. Отметить температуру, при которой в мерный цилиндр упадет первая капля топлива, как температуру начала перегонки.

7. После падения первой капли топлива перегонку вести с равномерной скоростью  $4 \dots 5 \text{ см}^3$  в минуту, что соответствует  $20 \dots 25$  каплям за 10 с.

8. Отмечать температуру после отгона каждых  $10 \text{ см}^3$  топлива. Для облегчения замеров необходимо, чтобы перегоняемое топливо с нижнего конца трубки холодильника стекало по стенке приемного цилиндра. Для этого после падения первой капли мерный цилиндр сдвинуть так, чтобы конец трубки холодильника коснулся внутренней стенки цилиндра. Для проверки скорости перегонки по отсчету капель цилиндр на короткое время отставляют от конца трубки холодильника с тем, чтобы капли топлива падали по центру цилиндра. По мере повышения температуры усиливать подогрев колбы, чтобы скорость перегонки была постоянной.

9. После отгона  $90 \text{ см}^3$  топлива нагрев колбы усилить.

10. Не уменьшая нагрев, следить за термометром, при снижении температуры на  $5 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$  от максимального значения нагрев колбы прекратить и дать стечь конденсату в течение 5 мин.

11. Максимальную температуру, достигнутую при разгонке, отметить как температуру конца разгонки.

12. После прекращения разгонки охладить прибор в течение 5 мин.

13. Горячий остаток из колбы слить в мерный цилиндр емкостью 10 см<sup>3</sup>, охладить его до комнатной температуры и определить оставшееся количество. Затем вычислить потери, которые составляют разность между 100 % бензина, залитого в колбу, и суммой процентов собранного конденсата и остатка.

14. Результаты разгонки занести в таблицу 1. Записать вывод.

Таблица 1

Фракционный состав нефтепродукта

Показатель	Экспериментальные данные	Норма по ГОСТ 2084-77
Плотность топлива, г/см <sup>3</sup>		0,7
Температура начала кипения, С		Не ниже 35
Температура перегонки топлива		
10 %		Не выше 60
50%		Не выше 105
90%		Не выше 170
Остаток в колбе, % (об.)		2
Потери, % (об.)		2
Остаток и потери, % (об.)		4

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение испаряемости нефтепродукта.
2. Что характеризует температура начала перегонки и температура перегонки 10 % бензина?
3. Что характеризует температура перегонки 50 % бензина?
4. Что характеризует температура перегонки 90 % бензина и конца кипения?
5. Для чего определяют фракционный состав автомобильных бензинов?



## Лабораторная работа № 7

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### Краткие сведения о процессе

Для индивидуальных жидких веществ давление насыщенного пара, т. е. пара, находящегося в равновесии с жидкостью - физическая константа, зависящая только от молекулярных свойств данной жидкости и от температуры. Для жидкостей неоднородного состава, таких, как бензины давление насыщенных паров при данной температуре, является сложной функцией состава бензина и зависит от объема пространства, в котором находится паровая фаза. Это объясняется тем, что при разных объемах будет испаряться, т. е. переходить в паровую фазу, разное количество компонентов с наибольшим давлением пара и, следовательно, состав жидкой фазы будет также различным. Таким образом, для каждого соотношения жидкой и паровой фаз равновесие паров будет устанавливаться с жидкостью разного состава, что повлияет и на давление насыщенного пара. Для получения сравнимых результатов при определении давления паров это необходимо учитывать и поддерживать соотношение паровой и жидкой фаз постоянным, т. е. проводить определения в стандартной аппаратуре.

Давление насыщенных паров авиационных и автомобильных топлив, а также реактивного топлива Т-2 является техническим показателем этих топлив. Определение давления насыщенных паров моторных топлив проводится в герметичной стандартной металлической «бомбе Рейда» путем замера давления по манометру при 38°C и соотношении жидкой и паровой фаз 1 : 4.

Бомба Рейда состоит из двух частей (см. рис.9) - топливной 2 и воздушной 3 камер, которые соединяются на резьбе. Отношение объема воздушной камеры к объему топливной камеры может колебаться от 3,8 до 4,2. Герметичность аппарата в собранном виде проверяют заполнением его воздухом под давлением 0,7 МПа и погружением в воду. Если аппарат не герметичен, можно применить свинцовые прокладки. В бане при определении необходимо поддерживать постоянную температуру 38°C. Это достигается с помощью нагревательного устройства 6 с терморегулятором.

**Цель работы.** Определение давления насыщенных паров автомобильных и реактивных топлив и легких углеводородов по выбору преподавателя. Сопоставить полученные данные с ГОСТ, сделать вывод.

## Аппаратура, материалы

Манометр  
 Бомба Рейда  
 Термостат жидкостной

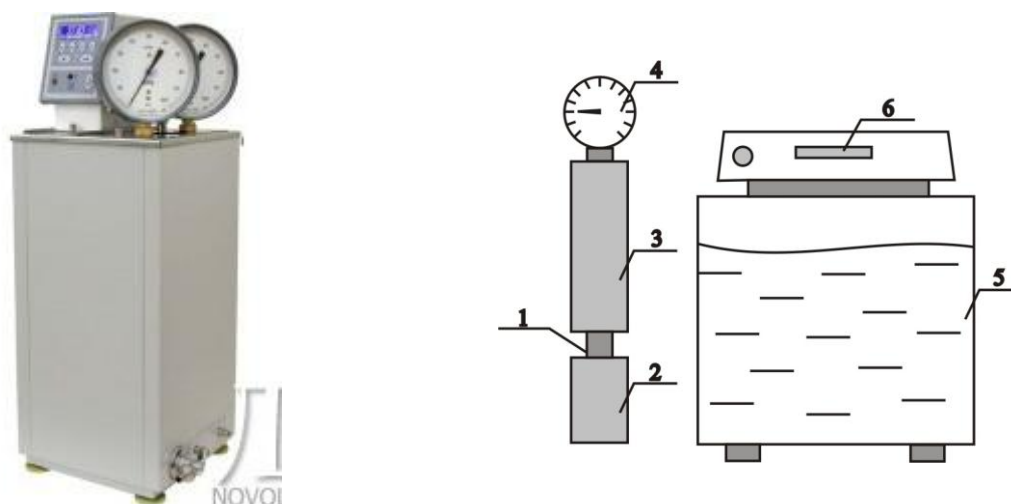


Рис.9. Прибор для определения давления насыщенных паров  
 1 - бомба Рейда, 2 - топливная камера, 3 - воздушная камера, 4 - манометр, 5 - водяная баня, 6 - датчик регулировки температуры.

## Порядок выполнения работы

Ополоснуть топливную камеру 2 – 3 раза испытуемым топливом и заполнить так, чтобы топливо переливалось через верх камеры. Быстро присоединить воздушную камеру с манометром к топливной камере.

Собранный бомбу сильно встряхнуть несколько раз и полностью погрузить в заранее нагретую до 38°C водяную баню так, чтобы воздушная камера находилась полностью в воде. Проверить, нет ли утечки топлива из воздушной и топливной камер (если бомба оказалась негерметичной, то испытание повторяют с новой пробой топлива). После погружения бомбы в баню через 5 мин отмечают давление по манометру.

Вынимают бомбу из бани, опрокидывают её и сильно встряхивают, (это делают очень быстро, чтобы бомба не охлаждалась) и снова погружают бомбу в баню. Эту операцию повторяют через каждые 2 мин, наблюдая за давлением.

Когда последовательные отсчеты по манометру становятся постоянными, что происходит примерно через 20 мин, отмечают давление как «неисправленное давление насыщенных паров». Во время испытания замеряют также по барометру атмосферное давление (или принимают атмосферное давление).

В отсчитанное по манометру давление насыщенных паров необходимо ввести поправку на изменение давления воздуха и паров воды в воздушной камере, вызванное различием между начальной температурой воздуха и температурой водяной бани. Поправка  $\Delta p$  (в Па) вычисляется по формуле:

$$\Delta p = \frac{(p_{am} - p_t)(t - 38)}{238.2 + t} - (p_{38} - p_t)$$

где  $p_{am}$  – атмосферное давление, Па;  $p_t$  – давление насыщенных паров воды при температуре  $t$  (табл. 2), Па;  $t$  – начальная температура, измеренная в воздушной камере, °С;  $p_{38}$  – давление насыщенных паров воды при 38°С, равное 6626 Па.

Таблица 2

Зависимость давления водяных паров от температуры

Температура, °С	Давление пара		Температура, °С	Давление пара	
	Па	мм.рт.ст.		Па	мм.рт.ст.
15	1706,5	12,8	31	4493,0	33,7
16	1813,2	13,6	32	4759,7	35,7
17	1933,2	14,5	33	4972,9	37,3
18	2066,5	15,5	34	5319,6	39,9
19	2199,8	16,5	35	5626,2	42,2
20	2333,1	17,5	36	5946,2	44,6
21	2493,1	18,7	37	6279,5	47,1
22	2639,8	19,8	38	6626,1	49,7
23	2813,1	21,1	39	6986,1	52,4
24	2986,4	22,4	40	7372,7	55,3
25	3173,1	23,8	41	7772,7	58,3
26	3359,7	25,2	42	8199,3	61,5
27	3559,7	26,7	43	8649,3	64,8
28	3786,3	28,4	44	9105,9	68,3
29	3999,7	30,0	45	9585,9	71,9
30	4239,6	31,8			

Поправка  $\Delta p$  вычитается из «неисправленного давления насыщенных паров», если начальная температура воздуха ниже 38°С, и прибавляется,

если эта температура выше 38°C. Результаты работы оформить в виде табл. 3.

Таблица 3

Нефте-продукт	Время опыта, мин	Неисправленное давление, Па	Поправка $\Delta p$ , Па	Конечное давление нефтепродукта, Па	Давление нефтепродукта в соответствии с ГОСТ
1					
2					
....					

### Контрольные вопросы

1. Влияние состава нефтепродуктов на давление насыщенных паров.
2. Эксплуатационные показатели, предъявляемые к автомобильным топливам.
3. Дайте определение октановому числу бензинов. Эталонные топлива. Марки автомобильных бензинов.
4. Распределение углеводородов в бензиновых и керосиновых фракциях.
5. Пределы нормирования давления насыщенных паров бензинов и реактивных топлив.

### Лабораторная работа № 8

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В НЕФТЕПРОДУКТАХ

### Краткие сведения о процессе

Механическими примесями считаются все посторонние частицы, находящиеся в нефтепродуктах в осадках или во взвешенном состоянии. Размеры частиц, их количество и состав могут быть различными. Различают частицы органического и неорганического происхождения. Наибольшую опасность представляют абразивные загрязнения, имеющие кристаллическое строение, обуславливающее их высокую твердость, такие как кварциты, глиноземы (пыль, песок).

Наличие механических примесей в нефтепродуктах снижает надежность и долговечность работы агрегатов и систем автомобилей и тракторов. Так, их присутствие в топливах вызывает забивание фильтров, жиклеров карбюраторов, сопловых отверстий распылителей форсунок, повышенный износ прецизионных деталей топливных систем, способствует увеличению нагарообразования. Механические примеси в маслах вызывают повышенный износ трущихся поверхностей, резко сокращая срок их службы. Они могут попадать в нефтепродукты, главным образом, при транспортировке, хранении и применении.

Определения содержания механических примесей в нефтепродуктах осуществляется качественными и количественными методами. При качественном определении устанавливается присутствие или отсутствие механических примесей, при количественном - их процентное содержание в исследуемом нефтепродукте.

Качественное определение присутствия механических примесей в нефтепродуктах выполняется следующим образом. Бензин или дизельное топливо в количестве 25 мл пропускается через фильтровальную бумагу. Чистое топливо оставляет едва заметное желтое маслянистое пятно. При наличии механических примесей пятно будет темным со следами примесей. Капли масла наносятся на стекло, сверху накладывается второе стекло, и стекла, слегка прижимая, трут друг о друга. При наличии механических примесей слышен характерный скрип.

**Цель.** Определить массовую долю механических примесей в нефти (нефтепродукте). Сопоставить полученные данные с ГОСТ, сделать вывод.

Сущность метода заключается в следующем: навеску испытуемой обезвоженной нефти (нефтепродукта) растворяют в бензине. Раствор фильтруют через сухой бумажный фильтр, который сушат и взвешивают. По привесу фильтра находят количество механических примесей.

### **Аппаратура, материалы, реактивы**

Бумажный фильтр.  
Бюкс.  
Химические стаканы.  
Водяная баня.  
Обратный холодильник.  
Воронка.  
Коническая колба.

Бензин Б-70.  
Бензол.  
Толуол.

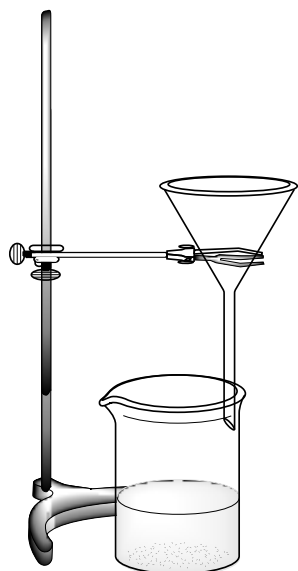


Рис.10. Схема установки для простого фильтрования

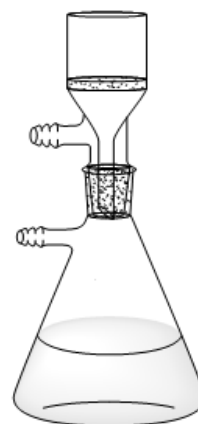


Рис.11. Схема установки для вакуумного фильтрования

### Методика проведения работы

Беззольный бумажный фильтр помещают в бюкс и сушат в сушильном шкафу при 105-110°C сначала 1ч, а потом несколько раз по 30 мин до постоянной массы. Сухой фильтр устанавливают в воронку и смачивают его бензином.

Если нефтепродукт содержит воду, его предварительно обезвоживают методом азеотропной перегонки.

Навеску испытуемой нефти и бензина для ее растворения берут в соответствии с ГОСТом. Кратность бензина Б-70 по отношению к навеске нефти 2-4. Испытуемую нефть отвешивают в стакан и, чтобы уменьшить ее вязкость, растворяют в горячем бензине Б-70. Бензин подогревают на водяной бане в колбе с обратным холодильником. Если нефтепродукты плохо растворяются в бензине, то его заменяют бензолом или толуолом

Горячий раствор фильтруют через подготовленный бумажный фильтр. Осадок на фильтре промывают горячим бензином до тех пор, пока фильтрат будет стекать прозрачным и бесцветным. Для ускорения фильтрования применяют воронку Бюхнера с водоструйным насосом, фильтрование надо проводить в вытяжном шкафу.

Фильтр с промытым осадком переносят в бюкс, в котором сушился чистый фильтр, и сушат с открытой крышкой при 105 - 110°C до постоянной массы. Измерения производят с точностью до 0,0002 г. Бюкс охлаждают перед взвешиванием в эксикаторе с закрытой крышкой не менее 30 мин.

Массовую долю механических примесей  $X$  (%) вычисляют по формуле:

$$X=(G_1-G_2)/G \cdot 1000,$$

где  $G_1$  - масса бюкса с фильтром и механическими примесями, г;

$G_2$  - масса бюкса с фильтром, г;

$G$  - навеска испытуемой нефти.

Производится не менее двух определений для каждого образца нефти (нефтепродукта). Рассчитывается средний результат.

#### Контрольные вопросы

1. Что относится к механическим примесям нефти и нефтепродуктов?
2. Что является основными причинами и источниками загрязнений бензинов механическими примесями?
3. Сущность метода определения механических примесей.
4. Какие проблемы при эксплуатации ДВС вызывает наличие механических примесей в топливе и моторном масле?
5. Каков нормативный предельно-допустимый уровень содержания механических примесей в нефтепродуктах для ДВС?.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основной:

1. Ахметов, С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. [Текст]: Учебник для вузов. Тюмень: - 2013 – 625 с.
2. Ахметов, С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А. А. Кауфман; под ред. С. А. Ахметова. - СПб.: Недра. - 2009.
3. Евдокимов Б.П. Топливо и смазочные материалы [Текст]: Учебное пособие. — Сыктывкар: СЛИ, 2013. — 65 с.
4. Капустин, В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками [Текст]: Учебное пособие / М.: Колос, 2008. – 232 с.
5. Курасов, В.С. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей [Текст]: Учебное пособие / В.С. Курасов, В.В. Вербицкий— Краснодар: КубГАУ, 2013. – 112 с.
6. Левашова, А.И. Введение в химмотологию [Текст]: Учебное пособие / А. И. Левашова, Е. Н. Ивашкина, С. Г. Маслов - Томск, ТПУ, 2012. - 120 с.
7. Магарил, Е.Р. Моторные топлива [Текст]: Учебное пособие / Е. Р. Магарил, Р. З. Магарил. - М.: КДУ. – 2008. – 159 с.
8. Остриков, В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]: Учебное пособие / В. В.Остриков, С. А. Нагорнов, О. А. Клейменов и др. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. - 304 с.
9. Попов, Ю.В. Основные эксплуатационные свойства моторных топлив. [Текст]: Учебно-методическое пособие / Ю.В. Попов, С.М. Леденев, Е.В. Медников - Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 84 с.

### Дополнительный:

1. Агаев, С.Г. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив [Текст]: Монография. / С. Г. Агаев [и др.]; ТюмГНГУ. - Тюмень: ТюмГНГУ - 2009. – 145 с.
2. Глазунов, А.М. Анализ нефтепродуктов (первая часть) [Текст]: Методические указания к лабораторным занятиям / А.М. Глазунов, В. В. Дрогалев, Ю. П. Гуров - Тюмень: ТюмГНГУ - 2012. – 32 с.
3. Сафонов, Л.С. Качество автомобильных топлив. Эксплуатационные свойства. Требования к качеству. Методы испытаний [Текст]: Справочник





и учебное пособие для студентов / Л.С. Сафонов, А.И.Ушаков, И.В. Чечкеев - СПб.: НПИКЦ, 2006. - 389 с.

4. Туманян, Б.П. Практические работы по технологии нефти [Текст]: Малаый лабораторный практикум. – М.: Техника, 2006. – 160 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1. Определение динамической вязкости нефтепродуктов. .....	4
Лабораторная работа № 2. Определение кинематической вязкости нефтепродуктов.....	7
Лабораторная работа № 3. Определение температуры застывания .....	10
Лабораторная работа № 4. Определение температуры плавления .....	15
Лабораторная работа № 5. исследование нефтепродуктов и продуктов нефтехимии методом газовой хроматографии.....	18
Лабораторная работа № 6. Определение фракционного состава бензина .....	21
Лабораторная работа № 7. Определение давления насыщенных паров нефтепродуктов .....	25
Лабораторная работа № 8. Определение механических примесей в нефтепродуктах .....	28
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	32

Учебное издание

**АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ Ч. II**

Методические указания к лабораторным занятиям

Составитель  
АЛЕКСАНДРОВА Ирина Владимировна