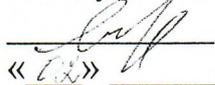


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой



С. В. Монтик

2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета



С. Р. Онысько

2024 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»
(название дисциплины)

для специальности

6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов

Составитель: Монтик Сергей Владимирович, доцент, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета
университета 27.12.2024 г., протокол № А.

рег. в УМК 24/25-19

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Правильный выбор и рациональное использование эксплуатационных материалов во многом определяют надежность и долговечность техники, затраты на ее обслуживание и ремонт. Рациональное использование топливо-смазочных материалов на автомобильном транспорте позволяет снизить себестоимость автомобильных перевозок вместе с сокращением потребления запасов невозобновляемых запасов сырья. В связи с этим освоение дисциплины «Эксплуатационные материалы», в которой изучаются эксплуатационные свойства топлив, масел, смазок и специальных технических жидкостей, теория и практика их рационального применения на автомобильном транспорте, является актуальным и необходимым условием подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в области технической эксплуатации автомобилей.

Цель и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Эксплуатационные материалы» является формирование прочных, глубоких знаний по основным эксплуатационным свойствам, показателям качества, маркам топливо-смазочных материалов и специальных жидкостей, конструкционно-ремонтных материалов.

Основными задачами изучения дисциплины «Эксплуатационные материалы» являются:

- изучение основ технологии переработки нефти и газов на автомобильные топливо-смазочные материалы; получения и использования синтетических топлив и масел, использования на автотранспорте сжиженного и сжатого природных газов и др.;
- изучение основных физико-химических показателей и эксплуатационных характеристик жидких и газообразных топлив, моторных и трансмиссионных масел, консистентных смазок;
- знакомство с методами, приборами и оборудованием для определения показателей характеристик топливо-смазочных материалов;
- изучение влияния показателей и характеристик топливо-смазочных материалов на мощностные, экономические параметры, надежность и долговечность автомобилей;
- изучение вопросов правильного и рационального использования, хранения топливо-смазочных материалов в различных климатических условиях, контроля их качества;
- изучение характеристик применяемых на автомобилях технических жидкостей, пластмасс, резины, лаков и красок, других конструкционно-ремонтных материалов;
- изучение вопросов охраны труда и защиты окружающей среды при использовании эксплуатационных материалов.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы научно-методического обеспечения образования и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов дневной и заочной форм получения образования по изучению дисциплины «Эксплуатационные материалы».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 8 ноября 2022 г. № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Эксплуатационные материалы» для специальности 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов.

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности ОСВО 6-05-0715-07-2023 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов и учебной программе дисциплины компонента учреждения высшего образования «Эксплуатационные материалы». Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Эксплуатационные материалы»:

Теоретический раздел содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел содержит материалы для проведения лабораторных учебных занятий в виде методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Раздел контроля знаний содержит материалы для текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине - зачета (тестовые задания для компьютерного тестирования), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям

образовательного стандарта высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Эксплуатационные материалы».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК конспект лекций, презентаций, персонального компьютера и мультимедийного проектора; при подготовке к зачету, лабораторным занятиям студенты могут использовать конспект лекций;

- лабораторные занятия проводятся в специализированной лаборатории с использованием современного оборудования для определения характеристик эксплуатационных материалов: устройства термостатирующего «Термостат А2» (для определения вязкости дизельного топлива, моторных масел, индекса вязкости масла), анализатора фракционного состава нефтепродуктов АФС-02 (для определения фракционного состава бензина и дизельного топлива), рефрактометра и др. необходимых приборов;

- зачет проводится в виде компьютерного тестирования, тестовые задания для компьютерного тестирования приедены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«Брестский государственный технический университет»

Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

Конспект лекций по дисциплине

«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

для студентов специальности

**6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов**

Брест 2024

УДК 629.119

Конспект лекций по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальности 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов предназначен для подготовки к зачету и к лабораторным работам по данному предмету.

Составитель: С.В. Монтик, зав. кафедрой МЭА, доцент, к.т.н.

Содержание

Введение.....	3
Раздел 1 Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов	4
Тема 1. Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов. Физические свойства нефти, ее элементный и групповой состав	4
Тема 2. Методы переработки нефти	6
Раздел 2. Автомобильные топлива.....	12
Тема 1. Автомобильные бензины	12
Тема 2. Автомобильные дизельные топлива.....	23
Тема 3. Газообразные топлива.....	31
Раздел 3. Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др. механизмов	37
Тема 1. Назначение смазочных материалов. Основные виды трения и изнашивания	37
Тема 2. Моторные масла.....	39
Тема 3. Трансмиссионные масла	57
Тема 4. Масла для гидравлических систем.	66
Тема 5. Пластичные смазки	70
Литература	76

Введение

Проблемы использования топлива и смазочных материалов настолько важны, что возникла новая прикладная отрасль науки, получившая название «**Химмотология**» (от слов "химия", "мотор" и "логия" (наука)).

Химмотология – это направление науки и техники, занимающееся изучением эксплуатационных свойств и качеств топлив, масел, смазок и специальных жидкостей, теорией и практикой их рационального применения в технике.

Важнейшими задачами на современном этапе развития химмотологии являются следующие: обоснование оптимальных требований к качеству ТСМ; усовершенствование технических характеристик двигателей и машин, повышающих надежность, долговечность и экономичность их работы при условии использования ТСМ, удовлетворяющих установленным оптимальным требованиям; создание новых сортов ТСМ и разработка основ их унификации; выявление оптимальных условий, обеспечивающих снижение потерь и сохранение качества ТСМ при хранении, транспортировании, заправке и применении.

В рамках курса «Эксплуатационные материалы» рассматриваются основные положения и выводы *химмотологии*.

Раздел 1 Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов

Тема 1. Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов. Физические свойства нефти, ее элементный и групповой состав

Природная нефть представляет собой раствор углеводородов различного состава и строения. На вид - это маслянистая жидкость, обычно темноокрашенная.

Физико-химические свойства нефти зависят от ее месторождения. **Плотность** большинства нефтей находится в диапазоне 770-840 кг/м³, плотность более тяжелых нефтей достигает 1040 кг/м³. **Теплота сгорания** нефти 43000-45500 кДж/кг.

Элементный состав нефти.

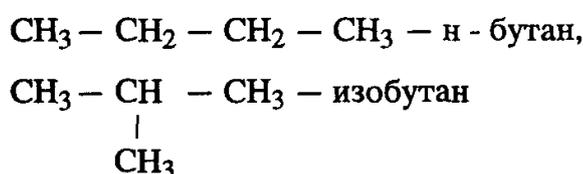
Основную часть нефти и нефтепродуктов составляют углерод (83-87% (масс.)), водород (11-14% (масс.)), сера (3-4% (масс.)), остальное - азот, кислород. В нефти обнаружено в незначительных количествах большинство известных химических элементов.

Групповой состав нефти.

Нефть, будучи сложной по химическому составу и структуре жидкостью, состоит в основном из углеводородов, подразделяемых на следующие *группы (ряды)*: **парафиновые (алканы)**, **нафтеновые (цикланы)**, **ароматические (арены)**. Помимо углеводородов в состав нефти входят сернистые, кислородные и азотистые соединения. В нефтепродуктах могут содержаться, иногда в значительных количествах, **непредельные углеводороды**, образующиеся в процессе переработки нефти и нефтепродуктов. Свойства нефтепродуктов зависят от типа и строения содержащихся в них углеводородов.

1. Парафиновые углеводороды (алканы) имеют общую эмпирическую формулу C_nH_{2n+2} .

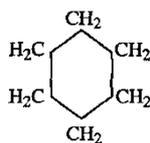
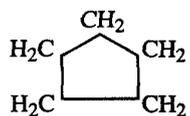
Цепочка алканов может быть прямой (такие алканы называют **нормальными – n**) и разветвленной (**изомерные алканы**).



Алканы имеют *наиболее высокую теплоту сгорания*, не вызывают вредного влияния на резиновые изделия, обладают высокой стабильностью. При получении автомобильных бензинов желательное присутствие изопарафинов (n-парафины снижают детонационную стойкость бензинов). Содержание n-парафинов в более тяжелых дизельных топливах предпочтительно (однако в зимних сортах содержание их ограничивают, так как они влияют на низкотемпературные свойства).

2. Нафтеновые углеводороды (цикланы) представляют собой циклические насыщенные углеводороды. Общая эмпирическая формула их C_nH_{2n} .

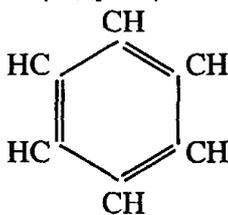
Примерами нафтеновых углеводородов являются



циклопентан C_5H_{10} циклогексан C_6H_{12} .

Нафтеновые углеводороды обладают меньшей теплотой сгорания по сравнению с парафиновыми углеводородами, но более высокой детонационной стойкостью, являются желательными компонентами в топливах для бензиновых двигателей и зимних сортов дизельных топлив. Наличие нафтеновых углеводородов в смазочных материалах определяет увеличение их вязкости и улучшение маслянистости.

3. Ароматические углеводороды (арены). Их молекулы содержат бензольные кольца с тремя одинарными связями, чередующимися с двойными, например бензол.



бензол

Арены обладают *самыми высокими октановыми числами* из всех групп углеводородов, однако они имеют самую низкую теплоту сгорания, высокую нагарообразующую способность и являются наиболее агрессивными по отношению к резиновым изделиям. В дизельном топливе вследствие термической стабильности аренов их присутствие является нежелательным.

4. Непредельные углеводороды (олефины) не содержатся в нефти, а образуются в процессе ее переработки. Непредельные соединения являются важнейшим сырьем при получении топлива методом нефтехимического и основного органического синтеза.

Примером олефинов являются *этилен* C_2H_4 , *бутен* C_4H_8 .

Для непредельных углеводородов характерны реакции присоединения, конденсации и полимеризации. В условиях эксплуатации низкая химическая стойкость олефинов, содержащихся в нефтепродуктах, играет отрицательную роль, понижая их стабильность, способствуют осмолению. Непредельные углеводороды нежелательны во всех нефтепродуктах, их удаляют путем очистки.

5. Сернистые соединения.

Сернистые соединения делят на **активные и неактивные**. К **активным** относят соединения, способные корродировать металлы при нормальных условиях - элементарная сера **S**, сероводород H_2S и меркаптаны **RSH** (**R** - углеводородный радикал, например C_2H_5SH - этилмеркаптан). В соответствии со стандартами присутствие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается.

Неактивные сернистые соединения состоят из *сульфидов (до 76-80%)*, *дисульфидов* и *полисульфидов*. При нормальных условиях металлы, контактирующие с неактивными сернистыми соединениями, не корродируют, но при полном сгорании топлива в двигателе соединения серы образуют сернистый (SO_2) и серный (SO_3) ангидриды, способные вызывать коррозию и дающие в соединении с водой еще более активные коррозионные агенты - сернистую и серную кислоты.

В малосернистых нефтях содержание сернистых соединений колеблется от 0,1 до 0,5%, а в сернистых до 4% и более. После перегонки сернистых нефтей в бензиновых фракциях содержится 0,1% серы, в керосиновых доходит до 1,0%, а в соляровых - до 0,2-0,5%.

6. Кислородные соединения.

Кислородсодержащие соединения в нефтях редко составляют больше 10% (масс). Эти компоненты нефти представлены кислотами, фенолами, кетонами, эфирами и др.

Органические кислоты - простейшие кислородные соединения (**R-COON**, где R - углеводородный радикал, а COOH - карбоксильная группа) присутствуют в любой нефти, во всех топливах и смазочных материалах. Больше всего в нефтях и нефтепродуктах нафтеновых кислот ($C_nH_{2n-1}COOH$), представляющих собой высококипящие (выше 200 °C) маслянистые жидкости, сильно корродирующие некоторые цветные металлы (свинец, цинк и др.), образуя соли этих металлов, поэтому их количество в топливах и маслах ограничено стандартами.

7. Смолисто-асфальтовые вещества (смолы, асфальтены и др.) не относятся к определенному классу органических соединений. По внешнему виду смолы желто-коричневого цвета. Смолисто-асфальтовые вещества содержатся в нефти и в продуктах ее переработки, особенно их много в мазуте.

Смолы оказывают вредное воздействие на двигатели внутреннего сгорания: отлагаясь на деталях двигателя, способствуя нагарообразованию в камере сгорания; поршневые кольца становятся неподвижными из-за смол отлагающихся в поршневых канавках и др. Поэтому нефтепродукты подвергают очистке от смолисто-асфальтовых соединений.

Тема 2. Методы переработки нефти

Более 90 % нефти используют для получения автотракторных эксплуатационных материалов (топлив и смазочных материалов). При этом применяют физические и химические способы переработки.

Физические способы переработки заключаются в разделении сырья на составные части по температурам кипения без изменения первоначального химического состава. К ним относится **прямая (атмосферная и вакуумная) перегонка** нефти.

Химические способы основаны на изменении первоначального химического состава перерабатываемого сырья, в результате чего образуются продукты с заранее заданными свойствами. К ним относятся **термический и каталитический крекинг, гидрокрекинг**, а также **каталитический риформинг**.

На нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах все способы переработки сырья взаимосвязаны. При этом комплексно используются электроэнергия, теплота, вода. Принципиальная схема переработки нефти изображена на рисунке 1.1.

Добытую из недр земли нефть предварительно обезвоживают и обессоливают, а также стабилизируют, т. е. удаляют из нее растворенные газы.

2.1. Прямая перегонка нефти

Она представляет собой разделение содержащихся в нефти углеводородных фракций, имеющих разную температуру кипения, путем постепенного или однократного нагревания на нефтеперегонных установках.

Дистиллятом называют фракцию, отогнанную в определенных температурных интервалах, которая при охлаждении превращается в жидкость. *Продуктами прямой перегонки* нефти являются *дистилляты*, выкипающие в следующих интервалах температур, °С: бензиновый 35-200, лигроиновый 120-240, реактивное топливо 60-315, керосиновый 140-300, дизельное топливо 150-360, газойлевый 230-360, соляровый 300-400. Из газойле-соляровых фракций получают дизельное топливо. В результате прямой перегонки нефти получается до 50 % мазута, используемого в виде топлива (топочные мазуты) и сырья для установок крекинга или же перегоняемого на масляные фракции в вакуумной колонне. Подробнее о *вакуумной перегонке мазута* – см. п. 2.3.

Получаемые путем прямой перегонки дистилляты служат в основном лишь сырьем для товарных нефтепродуктов. Прямая перегонка нефти дает примерно 10...15% бензина, 15...20% реактивного топлива или керосина, 15...20% дизельного топлива и около 50% мазута.

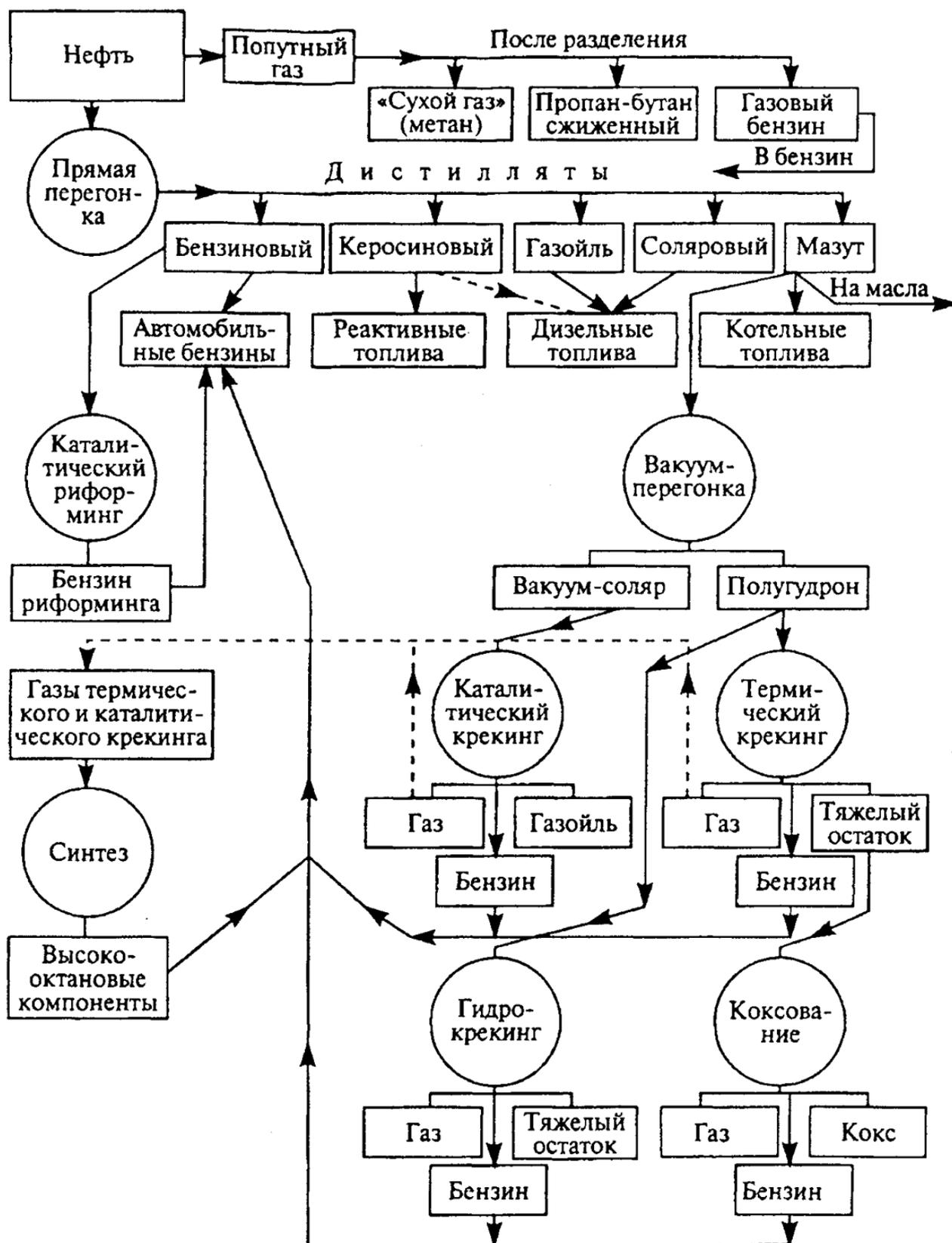


Рисунок 1.1 - Принципиальная схема переработки нефти

2.2 Химические способы переработки нефти.

Использование химических способов переработки нефти, позволяющей значительно *увеличить выход топливных фракций* (так, выход бензина может возрасти с 15 - 25% до

60%) обусловлено возрастающей потребностью в производстве топлив и ограниченностью их содержания в исходном сырье.

Крекинг – процесс переработки нефти и ее фракций, основанный на разложении (расщеплении) молекул сложных углеводородов в условиях высоких температур и давлений. Различают следующие виды крекинга.

Термический крекинг - вид деструктивной переработки нефтяного сырья, при котором расщепление и изменение структуры углеводородов происходят под действием температуры и давления. Условия проведения: температура 470-540 °С, давление от 2 до 7 МПа. Сырьем для получения автомобильного бензина при термическом крекинге является *мазут, керосино-газойлевые фракции* и т.д.

Бензин, получаемый посредством термического крекинга, имеет недостаточно высокое октановое число (66...74) и большое содержание непредельных углеводородов (30...40 %), т.е. он обладает плохой химической стабильностью, и его используют в основном только в качестве компонента при получении товарных бензинов.

Каталитический крекинг – это процесс получения бензина, основанный на расщеплении углеводородов и изменении их структуры под действием высокой температуры и катализатора.

В качестве сырья при каталитическом крекинге используют газойлевую и соляровую фракции, получаемые при прямой перегонке нефти, а иногда *соляровый дистиллят* вакуумной перегонки мазута, которые нагревают до температуры 450...525°С под давлением 0,15 МПа в присутствии алюмосиликатного катализатора.

Продукция каталитического крекинга - бензиновый дистиллят (применяется как компонент товарных бензинов), богатый изоалканами, цикланами и ароматическими углеводородами и имеющий хорошую химическую стабильность, так как в нем практически отсутствуют непредельные углеводороды. Октановое число фракции составляет 78-85 (по моторному методу). Каталитический крекинг позволяет увеличить выход бензина с одновременным повышением его качества.

Гидрокрекинг - процесс переработки нефтепродуктов (газойлей, нефтяных остатков и др.), сочетающий крекирование и гидрирование сырья. Процесс проводится под давлением водорода 15-20 МПа при температуре 370-450 °С в присутствии алюмо-кобальтомолибденового или алюмоникельмолибденового катализатора. Октановые числа бензиновых фракций, получаемых при гидрокрекинге - 85-88 (по исследовательскому методу). Гидрокрекинг повышает выход светлых нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, реактивного топлива).

Каталитический риформинг проводят в среде водородсодержащего газа (70-90% (об.) водорода остальное - низшие углеводороды) при температуре 480-540 °С, давлении 2-4 МПа и в присутствии молибденового (**гидроформинг**), или платинового (**платформинг**) катализатора. При этом происходит образование ароматических углеводородов из алканов и нафтенев. В качестве сырья для этого процесса переработки нефтепродуктов обычно используют бензиновые фракции первичной перегонки нефти, выкипающие в пределах 85-180 °С.

Бензин каталитического риформинга используют как высокооктановый компонент автомобильных бензинов (октановое число 85 по моторному методу и 95 по исследовательскому) или для выделения аренов, составляющих в этих бензинах 50-60% (масс).

Утилизация тяжелых остатков крекинга может быть проведена **коксованием**.

Синтезирование побочных газообразных продуктов крекинга и коксования направлено на получение высокооктановых компонентов: *изооктана* (октановое число 100), *алкилата* (алкилбензин), *алкилбензола* и других нефтепродуктов, которые используются в качестве добавок при получении технических сортов бензина. Синтезирование осуществляют в присутствии катализаторов.

2.4 Производство масел

Моторные минеральные масла состоят из основы (*базовые масла*) и *присадок*, на долю которых приходится в среднем 3-12% (иногда до 20%).

Базовые масла получают путем **вакуумной перегонки мазута** (см. рис. 1.2). Мазут сначала направляется в трубчатую печь, где подогревается до температуры 430°C, а затем подается в ректификационную вакуумную колонну, работающую под разрежением (абсолютное давление в колонне составляет 6...13кПа). Продукты вакуумной перегонки мазута - это *вакуум-соляр* (*соляровый дистиллят*) (*сырье для каталитического крекинга*), *дистилляты легких и средних индустриальных масел*, *тяжелые дистилляты моторных масел*. Неотгоняемый остаток - это *гудрон* и *полугудрон*. *Полугудроном* называют остаток, получаемый в результате неглубокого отбора масляных фракций. Полугудрон после глубокой очистки используют для производства высоковязких, так называемых *остаточных масел*, а гудрон – для дорожных покрытий. Выход дистиллятных масел составляет около 50%.

Смазочные масла, которые готовятся непосредственно из дистиллятов, называются **дистиллятными маслами**. **Трансмиссионные масла** готовят из **остаточных масел** (*полугудрона*). В некоторых случаях дистиллятные и остаточные масла смешивают в определенных пропорциях для получения базового масла с необходимым уровнем вязкости. Такие масла называют **смешанными**.

Как дистиллятные, так и остаточные масла в дальнейшем очищают от сернистых соединений, органических кислот, смолисто-асфальтовых веществ и других нежелательных примесей.

Один из наиболее эффективных путей повышения качества смазочных масел - добавление различных **присадок**.

Трансмиссионные масла получают путем смешения остаточных масел (полугудрона) с маловязкими маслами с введением в них присадок. **Второй способ получения трансмиссионных масел** - смешение экстракта после селективной очистки масляных дистиллятов с маловязкими маслами и введением в них присадок.

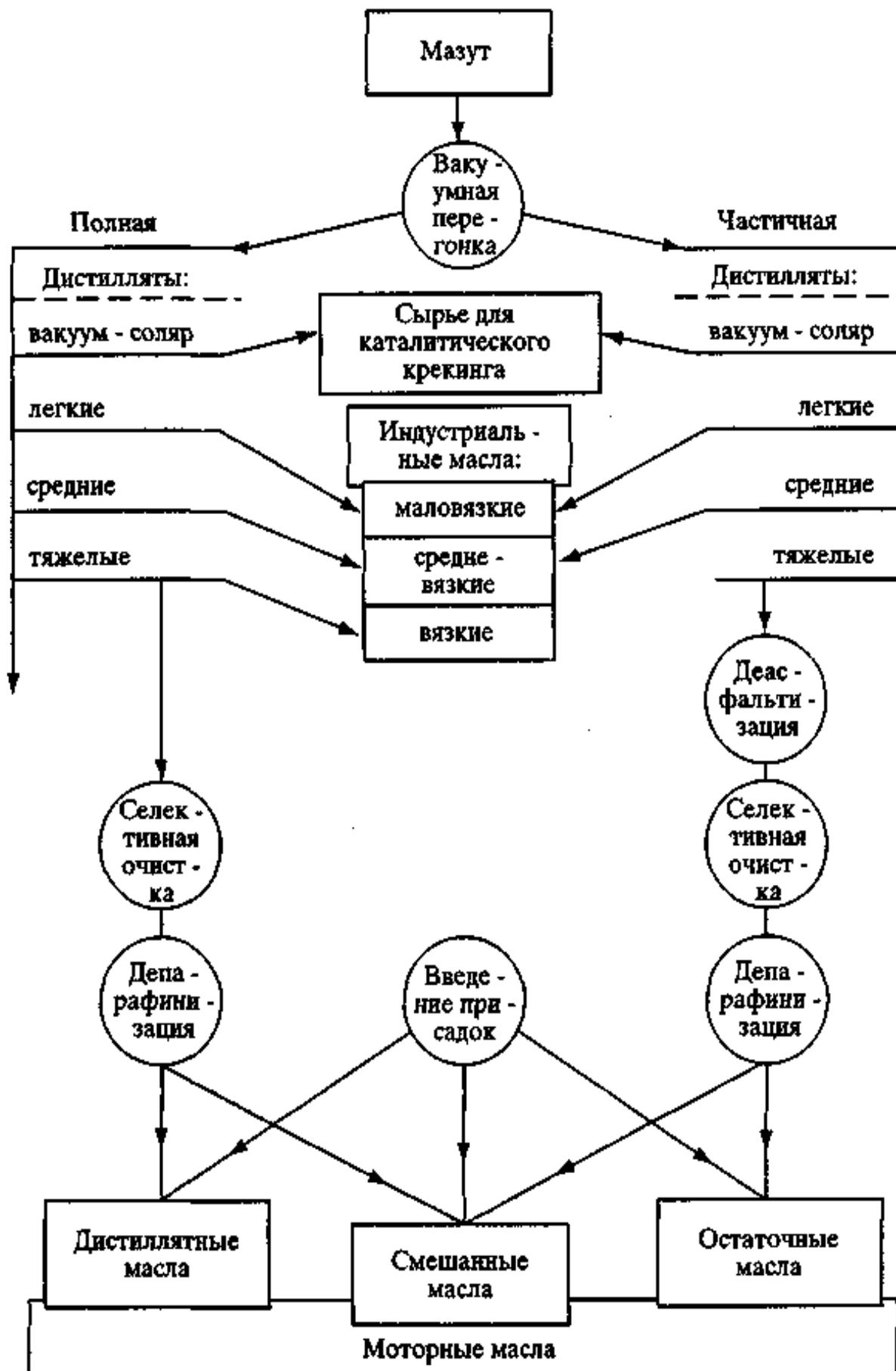


Рисунок 1.2 – Схема получения масел из мазута

2.3 Методы очистки автомобильных топлив и масел

Для выработки топлива с необходимыми эксплуатационными свойствами от нежелательных компонентов очищают дистилляты, полученные путем прямой перегонки нефти. Существуют как химические, так и физические методы очистки.

Химическая очистка - очистка нефтепродуктов серной кислотой, щелочью, солями и поглотительными растворами, вступающими в химические реакции с вредными соединениями. Продукты реакции, образовавшиеся при обработке, удаляют из дистиллятов промывкой водой и водными растворами щелочи с последующим отстаиванием.

Метод гидроочистки широко применяют для удаления серы. Процесс протекает в атмосфере водорода при температуре от 300 до 430 °С, давлении до 5-7 МПа, в присутствии катализатора и водорода идет. При этом происходит **гидратирование** (насыщение) непредельных углеводородов, одновременно почти полностью удаляются соединения серы (на 90-92%).

Кислотно-контактная очистка используется для очистки масляных дистиллятов от смолистых веществ. Она заключается в обработке масляных дистиллятов серной кислотой с последующей промывкой раствором щелочи с целью удаления остатков серной кислоты.

Физическая очистка - это очистка нефтепродуктов специальными адсорбентами (поглотителями) и растворителями, адсорбирующими вредные соединения или растворяющими их. В качестве **адсорбентов** используют твердые вещества с тонкой пористой структурой (*активированный уголь, силика-гель, различные глины*). Смолистые, сернистые и азотистые вещества собираются на пористой поверхности адсорбента и их удаляют вместе с ним.

Адсорбционная очистка производится посредством фильтрования паров топлива через определенный слой адсорбента. Расход последнего составляет 1 ... 2% от массы топлива.

Наиболее совершенным и получившим широкое распространение способом очистки масел является **селективная очистка**. При таком способе очистки продукты перегонки мазута обрабатывают селективными (избирательными) растворителями, воздействующими на вещества, наличие которых нежелательно. После отстоя в резервуаре растворитель с нежелательными примесями масла (**экстракт**) собирается в нижнем слое, а в верхнем слое - **очищенное масло (рафинат)**.

Низкотемпературные свойства топлив (прежде всего дизельных) и масел улучшают **депарафинизацией** - частичном удалении парафина. В качестве растворителей используют ацетон и жидкий пропан, дихлорэтан и другие жидкости, имеющие низкую температуру кипения. Смесь охлаждают и после застывания парафина фильтруют. Парафин остается на фильтре, а растворители снова используют для очистки после их отгонки.

Раздел 2. Автомобильные топлива

Тема 1. Автомобильные бензины

Бензин представляет собой смесь углеводородов, выкипающих при температуре от 40 до 210 °С.

Эксплуатационные требования к бензину:

- нормальное и полное сгорание полученной смеси в двигателях (без возникновения детонации);
- образование топливоздушной смеси требуемого состава;
- бесперебойную подачу бензина в систему питания двигателя;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов деталей двигателя;
- возможно меньшее образование отложений во впускном трубопроводе, камерах сгорания и других частях двигателя;
- сохранение качества при хранении, перекачках и транспортировке;
- образовывать минимальное количество продуктов сгорания, загрязняющих окружающую среду.

1. Свойства и показатели бензинов, влияющие на смесеобразование

Показателями бензинов, влияющими на смесеобразование, являются **плотность, вязкость, поверхностное натяжение и испаряемость**.

Плотность бензинов (от 690 до 810 кг/м³ при температуре 20°С) наряду с поверхностным натяжением оказывает влияние на качество распыления топлива. Чем меньше плотность бензина, тем более мелкую структуру будет иметь распыленное топливо, что обеспечит лучшее перемешивание его с воздухом. Плотность различных марок бензина примерно одинакова и определяется с помощью **ареометра** (или **нефтеденсиметра**).

Вязкость (внутреннее трение) – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному перемещению ее слоев под действием внешних сил. Различают **динамическую** и **кинематическую** вязкости. **Динамическая вязкость** η_t измеряется в $Па \cdot с$. В стандартах на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость, которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности.

$$\nu_t = \frac{\eta_t}{\rho_t}$$

Кинематическая вязкость измеряется в м²/с. При температуре 20 °С вязкость бензина составляет от 0,5–0,7 мм²/с. (старые ед. измерения – Стокс; 1 сСт(сантистокс) = 1 мм²/с). Кинематическая вязкость определяется в капиллярном вискозиметре или в ротационном вискозиметре.

С понижением температуры вязкость нефтяных топлив и их плотность повышаются (вязкость повышается примерно в 10 раз быстрее, чем плотность).

Поверхностное натяжение (Н/м) определяется работой, необходимой для образования 1 м² поверхности жидкости (т.е. для перемещения молекул жидкости из ее объема в поверхностный слой площадью в 1 м²). Поверхностное натяжение всех автомобильных бензинов одинаково и при 20°С составляет 20...24 мН/м, что в 3,5 раза меньше, чем у воды. Чем меньше вязкость и поверхностное натяжение, тем меньших размеров получаются капли при распыливании топлива

Испаряемость топлива.

Испаряемость – это способность вещества к переходу из жидкого состояния в газообразное. От испаряемости зависит скорость образования топливно-воздушной смеси. Испаряемость бензина оценивается *фракционным составом*.

Фракционный состав бензинов – это содержание в них тех или иных фракций, выраженное в объемных или массовых соотношениях. Фракционный состав топлив определяют на специальном приборе по ГОСТ 2177-99. Отмечают температуру начала перегонки $t_{нп}$, конца перегонки $t_{кп}$, температуры t_{10} , t_{50} , t_{90} , при которых перегоняется 10, 50 и 90% объемных бензина соответственно. На рис. 2.1 представлен график перегонки бензина, отражающие его фракционный состав, т.е. количество q перегоняемого топлива (в процентах объемных) в зависимости от температуры перегонки t .

Характерные температурные точки разгонки топлива приводят в стандартах и паспортах качества, по этим точкам оценивают эксплуатационные качества бензина.

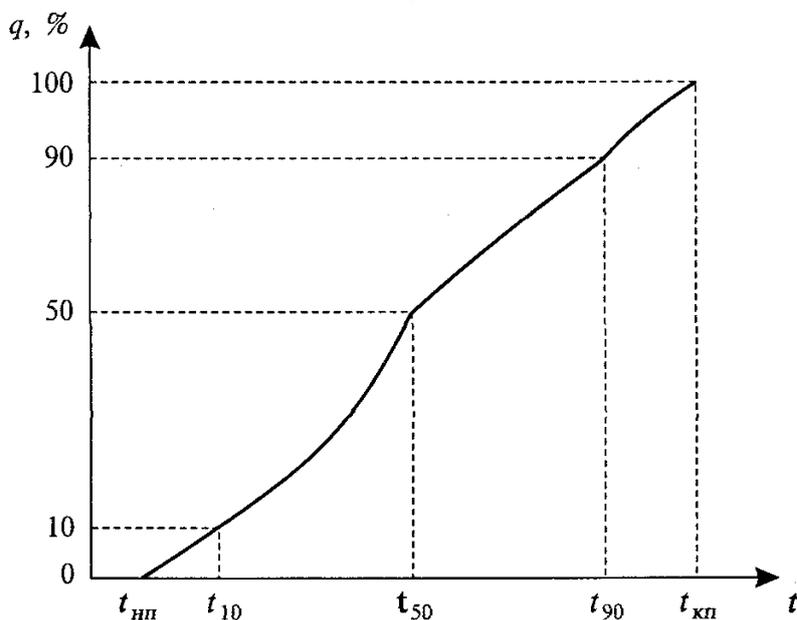


Рисунок 2.1 - График перегонки бензина

В бензинах различают три основные фракции: *пусковую, рабочую, концевую (тяжелая)*.

Пусковая фракция представляет собой первые 10% перегонки бензина. Чем ниже температура выкипания первых 10% топлива, тем легче будет осуществлен пуск холодного двигателя. Однако при содержании особо низких фракций возникает опасность преждевременного испарения бензина и образование паровых пробок. По температуре t_{10} можно определить минимальную температуру окружающей среды, при которой возможен пуск двигателя:

$$t_{ос} = 0,5 t_{10\%} - 50,5.$$

Испаряемость рабочей фракции (по кривой разгонки от 10 до 90%), которая по стандарту нормируется точкой t_{50} , определяет качество горючей смеси при разных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева, приемистость.

При снижении t_{50} сокращается время прогрева, увеличивается приемистость автомобиля и срок службы двигателя. Повышение t_{50} приводит к снижению ресурса двигателя, особенно при низких температурах окружающей среды.

Показатели t_{90} и $t_{кп}$ определяют содержание в бензинах **тяжелых трудноиспаряемых фракций**. Чем выше t_{90} и $t_{кп}$, тем вероятнее неполное испарение бензина и неполное его сгорание в цилиндрах, а это увеличивает расход бензина. Кроме того, несгоревшие ча-

стицы оседают на стенках цилиндра и смывают с них масло. Чем меньше интервал температуры от 90% t_{90} до конца кипения $t_{кп}$, тем выше качество топлива, лучше экономичность и ниже темп изнашивания деталей двигателя.

Давление насыщенных паров бензина характеризует испаряемость пусковой и рабочей фракций бензина, определяет его пусковые свойства и нормируется стандартами: для летних бензинов – до 67,0 кПа, зимних – 66,7–93,3 кПа. Чем выше этот показатель, тем быстрее и полнее испаряется бензин и тем легче запуск двигателя. Причиной ограничения верхнего уровня давления насыщенных паров бензина является возможность образования паровых пробок (особенно в летний период эксплуатации), а нижнего – ухудшение его пусковых свойств.

В зависимости от сезонных и климатических условий применения стандарт СТБ 1656-2016 (см. ниже) устанавливает 10 классов бензинов по испаряемости.

2. Свойства и показатели бензинов, влияющие на подачу топлива

К показателям бензинов, влияющим на подачу топлива кроме **давления насыщенных паров** относятся показатели **содержания воды и механических примесей**.

Механическими примесями являются твердые вещества, образующие осадок или находящиеся во взвешенном состоянии. Это может быть пыль, технологическая грязь, продукты коррозии, разрушения шлангов, прокладок, фильтров, окисления и разложения углеводородов. Бензины и дизельные топлива не должны содержать механические примеси. Наличие механических примесей определяется визуально путем осмотра пробы на свету в стеклянной емкости. В топливе не должно быть частиц, видимых невооруженным глазом.

Наличие воды в топливе вызывает коррозию деталей и осмоление непредельных углеводородов, содержащихся в бензине. Наличие в топливе воды определяется также визуально.

3. Свойства и показатели бензинов, влияющие на процесс сгорания. Детонационная стойкость бензинов

Различают **нормальное, детонационное и калильное сгорание рабочей смеси**.

Сгорание смеси считается **нормальным**, если воспламенение топлива происходит от свечи зажигания, при этом оно полностью сгорает со средней скоростью распространения фронта пламени 15–35 м/с (вплоть до 60 м/с). Такое сгорание обеспечивает полное тепловыделение и плавное увеличение давления в цилиндрах.

Детонационным сгоранием называется такое сгорание рабочей смеси, при котором кроме воспламенения топлива от искры происходит самовоспламенение отдельной его части. При этом фронт пламени распространяется со скоростью 1500–2500 м/с. Детонационное сгорание, характеризующееся неравномерным протеканием процесса, скачкообразным изменением скорости движения пламени и возникновением ударной волны. При этом реакции окисления проходят не полностью и в отработавших газах обнаруживаются продукты неполного сгорания топлива. Внешне детонация проявляется в возникновении звонких металлических стуков при работе двигателя на больших нагрузках.

Детонация приводит к потере мощности двигателя из-за неполноты сгорания и увеличения теплоотдачи стенкам цилиндра. При этом резко повышается температура головок

цилиндра и охлаждающей жидкости, а в отработавших газах появляется дымление. Длительная работа с детонацией приводит к перегреву двигателя, вследствие чего может возникнуть преждевременное самовоспламенение рабочей смеси, а также механические повреждения отдельных деталей двигателя.

Переход от нормального сгорания к детонационному обусловлен химическим составом топлива и объясняется **перекисной теорией**, согласно которой при детонации образуются первичные продукты окисления топлива - **органические перекиси**. Перекиси, образующиеся в процессе предварительного окисления, накапливаясь в несгоревшей части рабочей смеси, распадаются со взрывом и выделением большого количества тепла. Тем самым активизируется вся смесь. Такой момент будет сопровождаться взрывным сгоранием, т. е. детонацией (рис. 2.2).

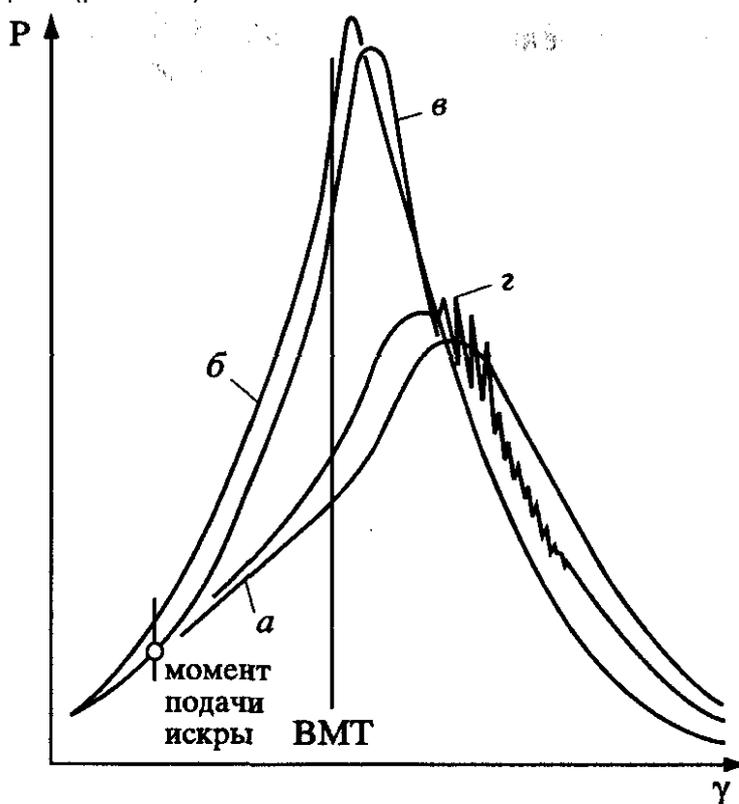


Рисунок 2.2 – Индикаторная диаграмма основных видов сгорания в карбюраторном двигателе: а - нормальное сгорание; б, в - калильное зажигание; г – детонационное сгорание; р – давление; γ - угол поворота коленчатого вала.

Фактором, влияющих на возникновение и интенсивность детонации, является **детонационная стойкость** топлив. **Детонационная стойкость бензинов** зависит от его углеводородного состава. Ароматические углеводороды обладают наибольшей детонационной стойкостью, меньшей детонационной стойкостью обладают изопарафиновые и олефиновые и самой низкой - парафиновые углеводороды.

Калильное сгорание – это воспламенение рабочей смеси от перегретых деталей и нагара в камере сгорания, когда при выключении зажигания сгорание смеси не прекращается, а она воспламеняется на такте очередного сжатия. При этом процесс сгорания и расширения смеси может наступить до завершения такта сжатия с последствиями, аналогичными для детонационного сгорания.

Оценка детонационной стойкости бензина

Детонационная стойкость оценивается октановым числом.

Октановое число – условный показатель детонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию изооктана C_8H_{18} , октановое число которого принято за 100, в его смеси с н-гептаном C_7H_{16} , октановое число которого равно 0, эквивалентной по детонационной стойкости испытываемому бензину. Смеси изооктана и н-гептана различных соотношений будут иметь детонационную стойкость от 0 до 100. Например, октановое число бензина равно 80. Это значит, что данный бензин по детонационной стойкости эквивалентен смеси изооктана и н-гептана, в которой изооктана 80 %.

Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами – моторным (на установке ИТ9-2) и исследовательским (на установке ИТ9-6). Установка УИТ-65 позволяет определять октановые числа по обоим методам.

Эти методы (**исследовательский и моторный**) отличаются режимом работы одноцилиндровой установки, на которой определяется детонационная стойкость бензинов. Режим установки, при котором определяется октановое число, по **моторному методу** более напряженный (*близкий к работе грузовых автомобилей*), чем **исследовательский метод** (*близкий к работе легковых автомобилей*). При моторном методе (проводится в соответствии с ГОСТ 32340 или СТБ ISO 5163) сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонными образцами при температуре горючей смеси $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и частоте вращения 900 мин^{-1} . Исследовательским методом (проводится в соответствии с ГОСТ 32339 или СТБ ISO 5164) детонационную стойкость определяют при температуре горючей смеси $25\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (смесь не подогревается) и частоте вращения 600 мин^{-1} . В этом случае в марке бензина присутствует буква «И». Например, АИ-92 – автомобильный бензин с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 92.

Октановое число бензина, установленное по моторному методу, ниже октанового числа, определенного исследовательским методом, на 7-8 единиц.

Установлена примерная зависимость между требуемым октановым числом бензина, степенью сжатия и диаметром цилиндра двигателя:

$$ОЧ = 125,4 - 413 / \varepsilon + 0,183D$$

где ОЧ – октановое число; ε – степень сжатия; D – диаметр цилиндра, мм. Для увеличения степени сжатия на единицу необходимо повысить октановое число на 4–8 единиц.

4. Свойства и показатели бензинов, влияющие на образование отложений в двигателе

Способность жидкого топлива сохранять свой состав и свойства в процессе хранения и транспортировки называется **стабильностью**. Различают физическую и химическую стабильность.

Физическая стабильность топлива — это его способность сохранять фракционный состав (изменения вызываются потерей наиболее низкокипящих фракций в результате их испарения) и однородность. *Физическую стабильность бензина оценивают по давлению насыщенных паров и наличию легких фракций.* Недостаточная физическая стабильность в ряде случаев предопределяется относительно высокой испаряемостью бензина.

Химическая стабильность топлива — это его способность сохранять без изменений свой химический состав.

Химическая стабильность бензинов зависит от состава и строения входящих в них углеводов. Наиболее склонны к окислению *непредельные углеводороды*. Окисление топлива с ростом его температуры усиливается. Химическая стабильность бензинов с увеличением концентрации в топливе воды и механических примесей уменьшается.

Содержание в топливе кислот и других продуктов с кислотной реакцией характеризуется показателем, называемым **кислотностью топлива**, с увеличением которого возрастает его коррозионная агрессивность и повышается износ двигателя. Его значение определяют количеством щелочи КОН в мг, которое необходимо для нейтрализации 100 см³ топлива.

Наличие в топливе сернистых соединений (особенно дисульфидов и меркаптанов) ухудшает его стабильность и способствует смолообразованию.

В результате окисления бензинов образуются растворимые органические кислоты, смолистые вещества. **Содержанием фактических смол** - продуктов реакций окисления, полимеризации и конденсации определяют степень осмоления бензинов.

Содержание фактических смол, нормируемое стандартами, определяют испарением горячим воздухом определенного количества топлива при повышенной температуре (для бензина 150 °С, дизельного топлива 250 °С) по остатку, полученному после испарения.

Способность бензина сохранять свой состав неизменным при соблюдении условий перевозки, хранения и использования оценивают **индукционным периодом**. Этот показатель определяют по времени в минутах от начала окисления бензина до активного поглощения им кислорода в лабораторной установке (герметичном сосуде) при искусственном окислении бензина (температура 100±1 °С в атмосфере сухого и чистого кислорода при давлении 0,7 МПа).

Одним из способов повышения химической стабильности бензина - **введение специальных многофункциональных антиокислительных присадок** - соединений фенольного, аминного и аминфенольного типов, способных обрывать цепные реакции окисления, тормозить окислительные процессы в бензинах, увеличивая тем самым индукционный период окисления. Такие присадки придают топливам, кроме того, противоизносные (смазывающие) и защитные (противокоррозионные) свойства.

5. Коррозионные свойства топлив

Наибольшую опасность с точки зрения коррозионного воздействия представляют: **вода, водорастворимые неорганические кислоты и щелочи, сернистые соединения**, а также **органические кислоты**.

Водорастворимые неорганические кислоты и щелочи являются электролитами. Их капельки осаждаются на поверхности металла и вызывают электрохимическую коррозию. Неорганические кислоты и щелочи могут попасть в топливо при его очистке.

Органические кислоты (нафтеновые кислоты в частности), содержащиеся в нефти, при переработке попадают в бензины и дизельное топливо.

Нафтеновые кислоты – слабые электролиты, которые обладают невысокой коррозионной активностью, что позволяет не удалять их из нефтепродуктов. Кроме того, они оказывают благоприятное смазывающее воздействие. Содержание органических кислот в топливе определяется **кислотностью**.

В топливах различают **активные и неактивные сернистые соединения** (более подробно - см. раздел 1).

Наличие активных сернистых соединений определяют качественным методом – **испытанием на медную пластинку**. Если цвет пластинки после ее нахождения в бензине при температуре 50 °С в течение 3 ч стал черным, черно-коричневым или серо-стальным, значит топливо не выдержало испытания. Массовая доля меркаптановой серы должна быть не более 0,0010 %, а массовая доля серы - не более 0,050 %.

6. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1656-2016 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированные бензины. Технические условия»

Стандарт СТБ 1656-2016 распространяется на неэтилированные бензины (далее - бензины), предназначенные для использования в качестве моторного топлива на транспортных средствах с бензиновыми двигателями, предназначенными для работы на неэтилированном бензине.

Стандарт устанавливает требования:

- к бензинам с низким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 2,7 % и объемной долей этанола до 5 %);

- к бензинам с высоким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 3,7 % и объемной долей этанола до 10 %).

Пояснения: **оксигенаты (кислородсодержащие добавки в бензин)** – общее название низших спиртов и простых эфиров, применяемых в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив. Бензины с добавками оксигенатов характеризуются улучшенными моющими свойствами, а при сгорании образуют меньше оксида углерода и углеводородов. Чаще всего применяют метанол, этанол, метил-трет-бутиловый эфир) и метил-трет-амиловый эфир. Общим для всех оксигенатов является меньшая теплота сгорания в сравнении с углеводородами, также возрастают выбросы альдегидов и увеличивается образование оксидов азота.

В зависимости от октанового числа, определяемого исследовательским методом, и экологического класса, определяемого содержанием серы, настоящий стандарт устанавливает следующие **марки бензинов** с низким содержанием оксигенатов, состоящие из букв, обозначающих автомобильный бензин (АИ), цифрового обозначения октанового числа, определяемого по исследовательскому методу (92, 95, 98), символа, обозначающего экологический класс (К4, К5):

АИ-92-К4;

АИ-95-К4;

АИ-92-К5-Евро;

АИ-95-К5-Евро;

АИ-98-К5-Евро.

Условное обозначение бензина с низким содержанием оксигенатов включает его наименование, марку и обозначение настоящего стандарта. Пример - Бензин с низким содержанием оксигенатов записывается следующим образом: «**Бензин неэтилированный АИ-95-К5-Евро, СТБ 1656-2016**».

Условное обозначение бензина с высоким содержанием оксигенатов включает его наименование и символьное обозначение (состоящее из букв АИ, значения октанового числа, информации о высоком содержании оксигенатов в виде обозначения Е10). Пример

- Бензин с высоким содержанием оксигенатов, с октановым числом не менее 95 записывается следующим образом: **«Бензин неэтилированный АИ-95-Е10, СТБ 1656-2016»**.

По физико-химическим и эксплуатационным показателям бензины с низким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 2,7 %) должны соответствовать требованиям, установленным в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Требования к бензинам с массовой долей кислорода до 2,7 %

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1 Октановое число, определяемое по исследовательскому методу (RON), не менее: АИ-92-К4, АИ-92-К5-Евро АИ-95-К4, АИ-95-К5-Евро АИ-98-К5-Евро	92,0 95,0 98,0	ГОСТ 32339, СТБ ISO 5164
2 Октановое число, определяемое по моторному методу (MON), не менее: АИ-92-К4, АИ-92-К5-Евро АИ-95-К4, АИ-95-К5-Евро АИ-98-К5-Евро	83,0 85,0 88,0	ГОСТ 32340, СТБ ISO 5163
3 Концентрация свинца, мг/дм ³ , не более	5,0	ГОСТ EN 237, СТБ EN 237
4 Плотность при 15 °С, кг/м ³	720,0 - 775,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 3675, СТБ ИСО 12185
5 Массовая доля серы, мг/кг, не более: - экологический класс К5 - экологический класс К4	10,0 50,0	ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846, СТБ ИСО 20846, СТБ 2141
6 Стойкость к окислению, мин, не менее	360	ГОСТ ISO 7536, СТБ ИСО 7536
7 Концентрация смол (промытых растворителем), мг/100 см ³ , не более	5	СТБ ИСО 6246
8 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), класс	Класс 1	ГОСТ ISO 2160, СТБ ИСО 2160
9 Внешний вид	Прозрачный и чистый	Визуальный контроль
10 Объемная доля углеводородов %, не более: - олефиновых - ароматических	18,0 35,0	ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854, ГОСТ 31872, СТБ 1539
11 Объемная доля бензола %, не более	1,00	ГОСТ EN 12177, СТБ EN 12177, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
12 Массовая доля кислорода, %, не более	2,7	ГОСТ EN 1601, СТБ EN 1601, ГОСТ EN 13132, СТБ EN 13132, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
13 Объемная доля оксигенатов, %, не более: метанола этанола изопропилового спирта изобутилового спирта третбутилового спирта эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле других оксигенатов	1,0 5,0 10,0 10,0 7,0 15,0 10,0	ГОСТ EN 1601, СТБ EN 1601, ГОСТ EN 13132, СТБ EN 13132, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
14 Концентрация железа, мг/дм ³ , не более	Отсутствие	ГОСТ 32514
15 Концентрация марганца, мг/дм ³ , не более	Отсутствие	ГОСТ 33158

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
16 Объемная доля монометиланилина, %, не более	Отсутствие	ГОСТ 32515

Присадки к бензину, не оказывающие побочных вредных воздействий, рекомендуется использовать в количестве, обеспечивающем надежную эксплуатацию транспортных средств и не увеличивающем токсичность выбросов. Допускается использование других технических приемов с аналогичным эффектом.

Не допускается применение в бензине, предназначенном для поставок на единую таможенную территорию Евразийского экономического союза, металлосодержащих присадок (содержащих марганец, свинец и железо).

Не допускается применение в бензине, предназначенном для поставок на территорию Республики Беларусь, ароматических аминов (монометиланилинов).

С целью защиты каталитических нейтрализаторов отработавших газов транспортного средства не допускается применение фосфорсодержащих соединений в бензинах.

В бензинах с низким и высоким содержанием оксигенатов, предназначенных для поставок на экспорт за пределы единой таможенной территории Евразийского экономического союза (далее - за пределы ЕАЭС), допускается использование металлосодержащей присадки трикарбонил-метил- циклопентадиенил-марганца (ММТ).

Требования, определяемые климатическими условиями

Для обеспечения надежной эксплуатации транспортных средств в различных сезонных и климатических условиях установлены **10 классов бензинов по испаряемости**, которые приведены в таблице 6.2 и показаны на рисунке 6.1.

На территории Республики Беларусь рекомендуется применять бензины:

класса В - в летний период (с 1 апреля по 30 сентября);

класса D1 - в переходный период (с 1 по 31 октября);

класса D - в зимний период (с 1 ноября по 31 марта).

Таблица 6.1 - Классы испаряемости для бензина с массовой долей кислорода до 2,7 %

Наименование показателя	Единица измерения	Предельные значения						Метод испытания
		класса А	класса В	классов С и С1	классов D и D1	классов E и E1	классов F и F1	
Давление насыщенных паров (VP)	кПа мин.	45,0	45,0	50,0	60,0	65,0	70,0	ГОСТ EN 13016-1 СТБ EN 13016-1
	кПа макс.	60,0	70,0	80,0	90,0	95,0	100,0	
Объемная доля испарившегося бензина при 70 °С (E70)	% мин.	20,0	20,0	22,0	22,0	22,0	22,0	ГОСТ ISO 3405
	% макс.	48,0	48,0	50,0	50,0	50,0	50,0	
Объемная доля испарившегося бензина при 100 °С (E100)	% мин.	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	ГОСТ ISO 3405
	% макс.	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	

Наименование показателя	Единица измерения	Предельные значения						Метод испытания
		класса А	класса В	классов С и С1	классов D и D1	классов E и E1	классов F и F1	
Объемная доля испарившегося бензина при 150 °С (E150)	% мин.	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	ГОСТ ISO 3405
Температура конца кипения (FBP)	°С макс.	210	210	210	210	210	210	ГОСТ ISO 3405
Остаток в колбе	% (об.) макс.	2	2	2	2	2	2	ГОСТ ISO 3405
Индекс испаряемости (VLI) (10 VP + 7 E70)	индекс, макс.	—	—	C	D	E	F	
Индекс испаряемости (VLI) (10 VP + 7 E70)	индекс, макс.	—	—	C1	D1	E1	F1	

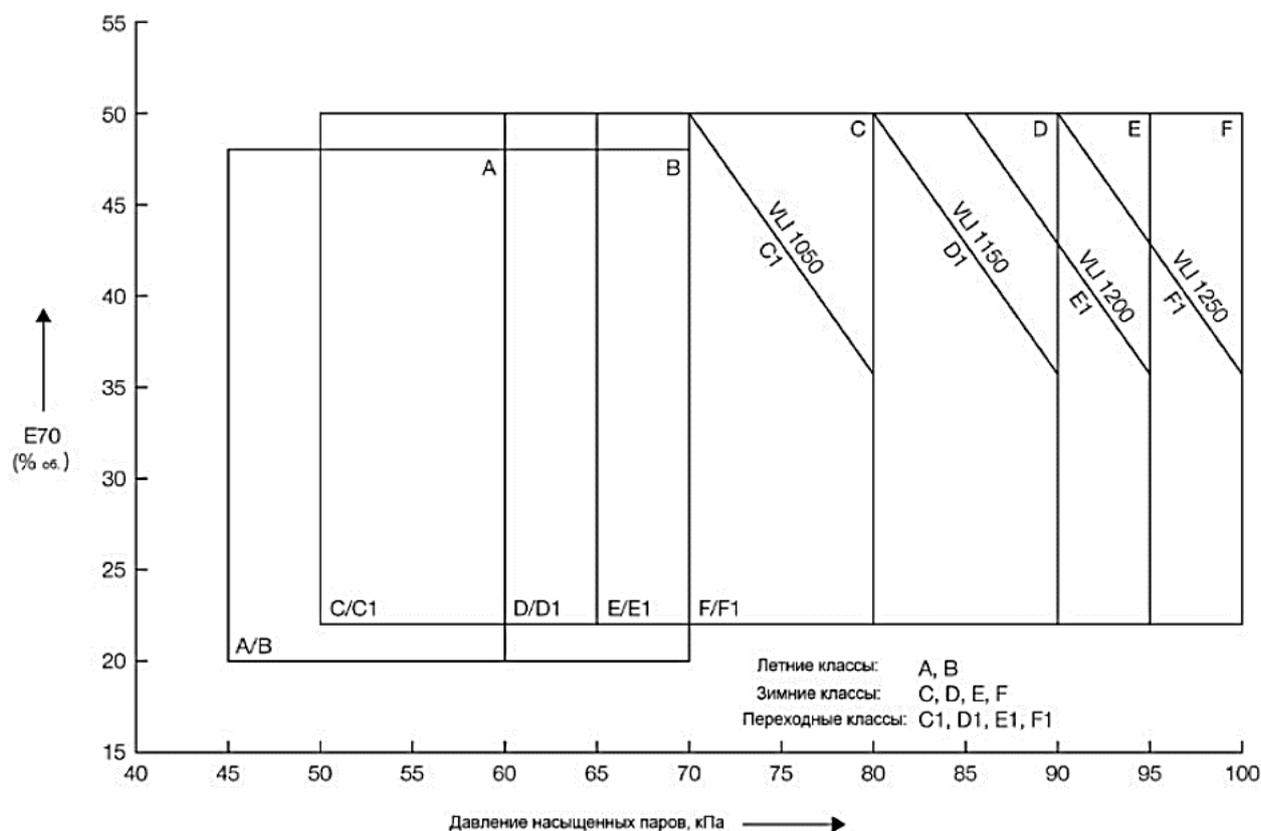


Рисунок 6.1 - Соотношение между давлением насыщенных паров (VP), объемной долей испарившегося бензина при 70 °С (E70) и индексом испаряемости (VLI) для десяти различных классов испаряемости бензина с массовой долей кислорода до 2,7 %

Тема 2. Автомобильные дизельные топлива

1. Эксплуатационные требования к качеству дизельного топлива

Дизельные топлива (ДТ) предназначены для дизелей и являются нефтяными фракциями, выкипающими при температуре от 200 до 350 °С.

Для обеспечения в быстроходных дизельных двигателях полного и качественного сгорания топлива к нему предъявляются следующие важнейшие **эксплуатационные требования**, которые обеспечивают:

- бесперебойную подачу топлива как из бака к топливной аппаратуре, так и в цилиндры двигателя;
- надежное смесеобразование, т.е. обладание оптимальными вязкостью, плотностью, фракционным составом, поверхностным натяжением и давлением насыщенных паров;
- хорошую воспламеняемость, что обеспечивает мягкую работу двигателя, полное сгорание без образования сажи и особо токсичных и канцерогенных продуктов в отработавших газах;
- минимальное образование нагара и отложений в зоне распылителей форсунок и в камере сгорания;
- минимальную коррозионную активность;
- возможно большую физическую стабильность при длительном хранении и транспортировке;
- невысокую токсичность.

2. Свойства и показатели ДТ, влияющие на подачу и смесеобразование

На подачу топлива в двигатель существенно влияют **низкотемпературные, вязкостно-температурные свойства дизельных топлив, а также его физическая и химическая стабильность, наличие механических примесей и воды.**

На смесеобразование оказывает влияние **вязкость, плотность, поверхностное натяжение, испаряемость (фракционный состав) и давление насыщенных паров топлив.**

Вязкость.

Если вязкость топлива слишком высокая, то оно будет с трудом проходить через фильтры, форсунки и т.д. Низкая вязкость ДТ ухудшает смазывание плунжерной пары насоса высокого давления и уменьшает цикловую подачу топлива. Кроме того, от вязкости зависит качество распыления.

Для определения вязкости дизельных топлив используют вискозиметры (например ВПЖ-4). Кинематическая вязкость ДТ при 40 °С находится в пределах 2,5–4,0 мм²/с.

Низкотемпературные свойства

Низкотемпературные свойства характеризуются *температурой помутнения, предельной температурой фильтруемости и температурой застывания.*

Температура помутнения – это *наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность.* При этом топливо не теряет своей текучести. При данной температуре в топливе изменяется фазовый состав: наряду с жидкой фазой появляется твердая фаза. Топливо мутнеет из-за выделения микроскопических кристаллов льда (если в топливе имеется вода) и кристаллов n-парафиновых углеводородов. Однако размеры кристаллов таковы, что они проходят через фильтры. Бесперебойная подача топлива

обеспечивается при температуре помутнения топлива на 5-10°С ниже температуры воздуха.

Температура застывания – это наивысшая температура, при которой топливо теряет свою текучесть.

Предельная температура фильтруемости – это температура, при которой топливо при охлаждении в соответствующих условиях способно еще проходить через фильтр с установленной скоростью. Предельная температура фильтруемости ниже температуры помутнения, но выше температуры застывания.

Низкотемпературные свойства можно улучшить, удалив из топлива часть парафиновых углеводородов, т.е. *депарафинизацией*. Однако следует помнить, что при депарафинизации удаляются высокоцетановые компоненты и снижается цетановое число дизельного топлива.

Второй путь - добавление в дизельные топлива **депрессорных присадок**, которые существенно снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости топлив и практически не влияют на температуру помутнения. В качестве депрессорных присадок используются присадки полимерного типа.

Добавление депрессорных присадок в дизельное топливо приводит к снижению температуры застывания дизельного топлива с -10 до -35 °С, а предельная (соответствующая температуре применения топлива) температура фильтруемости с -5 до -20 °С.

Наличие воды и механических примесей

Топливная аппаратура современных дизельных автомобилей предъявляет высокие требования к чистоте применяемых топлив. В них не должно содержаться механических примесей и воды. При транспортировке, хранении и заправке велика вероятность попадания в топливо механических примесей. Это может быть атмосферная пыль и влага, продукты коррозии, микроорганизмы.

Механические примеси в дизельном топливе повышают смолообразование, вызывают засорение системы топливоподачи, увеличивают количество отложений и нагара на форсунках, в камере сгорания, ухудшают надежность и долговечность систем топливоподачи, увеличивают расход топлива и дымность отработавших газов.

Наличие *воды* в топливе приводит к нарушениям в работе двигателя, невозможности его пуска, повышенной коррозии, увеличению нагарообразования. В ДТ вводят **антикристаллизационные присадки**.

Испаряемость.

Чем выше испаряемость топлива, тем качественнее проходит смешивание его с воздухом, а значит и его сгорание. До конца может сгореть только полностью испарившееся топливо.

Испаряемость ДТ оценивается его **фракционным составом**, т. е. температурами t_{10} , t_{50} , t_{96} , $t_{нр}$, $t_{кр}$ (температурами, при которых перегоняется 10, 50 и 96% объемных ДТ, температуры начала и конца разгонки). Стандарт устанавливает лишь температуры t_{50} , t_{96} , при этом температура выкипания 50% определяет наличие в топливе **пусковых фракций**, а 96% (конец кипения) – наличие **тяжелых фракций**.

На пуск двигателя **фракционный состав** оказывает большее влияние, чем цетановое число. Чем ниже t_{50} , тем легче запустить двигатель, особенно при низких температурах

окружающего воздуха. Однако облегчение фракционного состава ведет к увеличению периода задержки самовоспламенения.

Топлива тяжелого фракционного состава с высокой t_{96} не успевают полностью испариться и сгореть, что приводит к перерасходу топлива, увеличению дымности, снижению мощности, повышенному лако- и нагарообразованию. Часть топлива в жидком виде стекает по стенкам цилиндра в масляный картер, смывая смазочный материал и повышая износ деталей двигателя. Экономичность и долговечность двигателя ухудшаются.

Плотность и поверхностное натяжение.

С повышением плотности увеличивается дальность факела, снижается экономичность и растет дымность отработавших газов.

Плотность нормируется при 15 °С и составляет 820,0-845,0 кг/м³.

Степень распыливания топлива полностью зависит от **поверхностного натяжения**: размер капель прямо пропорционален величине поверхностного натяжения. С утяжелением фракционного состава топлив, с повышением их плотности поверхностное натяжение возрастает. Для дизельных топлив поверхностное натяжение составляет 0,027-0,030 Н/м. Хорошо очищенные малосернистые топлива имеют минимальное поверхностное натяжение, что обеспечивает хорошее распыливание и смесеобразование.

3. Свойства и показатели ДТ, влияющие на самовоспламенение и процесс сгорания

Цетановое число - это показатель воспламеняемости дизельного топлива; численно равный объемному проценту **цетана** $C_{16}H_{34}$ в его смеси с **альфа-метилнафталином** $C_{10}H_7CH_3$, которая по самовоспламеняемости аналогична испытываемому топливу. Для определения цетановых чисел составляют эталонные смеси. В их состав входят цетан и альфа-метилнафталин. Склонность цетана к самовоспламенению оценивают в 100 единиц, альфа-метилнафталина - в 0 единиц. Если смесь, например, состоит из 30% цетана и 70% альфа-метилнафталина, то принято считать, что ее цетановое число равно 30.

Цетановое число ДТ определяют *методом совпадения вспышек* на установках **ИТ 9-3, ИТ 9-3М**.

Температура самовоспламенения и период задержки воспламенения зависят от содержания и строения углеводородов, входящих в состав топлива. Цетановые числа парафиновых углеводородов (алканов) самые высокие, причем наибольшие цетановые числа имеют соединения нормального строения.

Для безотказной работы современных двигателей требуется топливо с цетановым числом летом – не менее **45**, зимой – **50**. При цетановом числе ниже 45 дизели работают жестко (происходит нарастание давления до 0,6...0,9 МПа при повороте коленчатого вала на 1°, особенно зимой, а выше 45 – мягко. Однако использовать топлива с цетановым числом выше 60 нерентабельно, так как жесткость работы при этом изменяется незначительно, а удельный расход топлива возрастает. Последнее объясняется тем, что при повышении ЦЧ свыше 55 период задержки воспламенения (время с момента начала подачи топлива в цилиндр двигателя до начала горения) настолько мал, что топливо воспламеняется вблизи форсунки, и воздух, находящийся дальше от места впрыска почти не участвует в процессе сгорания. В результате топливо сгорает не полностью, снижается экономичность двигателя.

Повышение цетанового числа ДТ достигается двумя способами: изменением химического состава и введением специальных присадок.

При первом способе одновременно увеличивают концентрацию в топливе нормальных парафинов и уменьшают содержание ароматических углеводородов. Однако нормальные парафины имеют высокую температуру кристаллизации, поэтому рост их концентрации приводит к ухудшению низкотемпературных свойств ДТ.

Введение в ДТ специальных **кислородсодержащих присадок** способствует легкому выделению активного кислорода. К таким присадкам относятся **органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты** (например **изопропилнитрат, циклогексилнитрат**).

Существует эмпирическая зависимость цетанового числа топлива от его октанового числа:

$$ЦЧ = 60 - ОЧ / 2,$$

где ЦЧ — цетановое число; ОЧ — октановое число. Чем выше октановое число, тем ниже его цетановое число и наоборот.

В международной практике для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют **цетановый индекс**, который можно определить по номограммам в зависимости от плотности и t_{50} .

4. Коррозионные свойства ДТ

Коррозионная агрессивность дизельных топлив ограничивается стандартами на дизельные топлива по следующим показателям – содержание общей серы, содержание меркаптановой серы, водорастворимых кислот и щелочей, испытание на медной пластинке

Минеральные кислоты и щелочи обнаруживают по реакции водной вытяжки. Присутствие водорастворимых кислот и щелочей в дизельных топливах не допускается.

Наличие в топливах сернистых соединений нежелательно. Активные сернистые соединения (сероводород, элементарная сера, меркаптановая сера, сероводород) определяются *испытанием на медную пластинку*.

Присутствие в ДТ таких *активных сернистых соединений*, как меркаптанов, резко увеличивает износ плунжерных пар топливных насосов высокого давления и игл распылителей форсунок. Содержание серы для экологического класса К5 должно быть не более 10,0 мг/кг.

5. Свойства ДТ, влияющие на образование отложений

Нагарообразование в двигателе зависит от следующих параметров дизельного топлива: содержание фактических смол и серы, фракционного состава, количества непредельных и ароматических углеводородов, зольности и коксуетности.

С повышением содержания фактических смол в дизельном топливе склонность к нагарообразованию возрастает.

Способность ДТ к осмолению зависит от наличия в нем непредельных углеводородов.

Содержание серы в топливе также влияет на образование отложений. Чем выше ее содержание в топливе, тем больше нагара и лака образуется при его сгорании. Сернистые соединения, накапливаясь в нагаре, повышают его плотность.

Склонность к нагарообразованию возрастает при увеличении содержания в дизельном

топливе ароматических углеводородов. Массовая доля полициклических ароматических углеводородов должна быть не более 8,0%.

Нагарообразование и отложения на деталях двигателя зависят от коксуемости топлива и содержания в нем золы.

Коксуемость определяется процентным соотношением количества образовавшегося твердого остатка (кокса) после коксования (разложения без доступа воздуха при температуре 800...900 °С) навески топлива в специальном приборе. Коксуемость 10%-ного остатка должна быть не более 0,30%.

Зольность топлива характеризует содержание в нем несгораемых примесей. Содержание золы повышает нагарообразование. Попадая в масло, зола вызывает ускоренный износ деталей.

6 Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1658-2015 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия»

Стандарт СТБ 1658-2015 распространяется на дизельное топливо для использования в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением топливо-воздушной смеси от сжатия.

В зависимости от климатических условий применения, определяемых предельной температурой фильтруемости (cold filter plugging point - CFPP), дизельное топливо подразделяется на:

- летнее (Л) - CFPP выше минус 15 °С;
- межсезонное (Е) - CFPP не выше минус 15 °С;
- зимнее (З) - CFPP не выше минус 20 °С;
- арктическое (А) - CFPP не выше минус 38 °С.

В зависимости от климатических условий применения стандарт устанавливает **шесть сортов и пять классов** дизельного топлива.

В зависимости от климатических условий применения, стандарт устанавливает следующие шесть сортов и пять классов для дизельного топлива:

- сорта А, В, С, D - для летнего (Л) дизельного топлива;
- сорта Е, F - для межсезонного (Е) дизельного топлива;
- классы 0, 1, 2 - для зимнего (З) дизельного топлива;
- классы 3, 4 - для арктического (А) дизельного топлива.

Условное обозначение дизельного топлива, не содержащего метиловых эфиров жирных кислот (fatty acid methyl esters - FAME), включает наименование топлива, его марку, содержащую указание климатических условий применения и экологического класса, а также сорт или класс.

Пример - Дизельное топливо, не содержащее FAME, записывается следующим образом:

- летнее: «Топливо дизельное ДТ-Л-К5, сорт В СТБ 1658»;**
- межсезонное: «Топливо дизельное ДТ-Е-К5, сорт F СТБ 1658»;**
- зимнее: «Топливо дизельное ДТ-З-К5, класс 1 СТБ 1658»;**
- арктическое: «Топливо дизельное ДТ-А-К5, класс 3 СТБ 1658».**

Условное обозначение дизельного топлива, содержащего FAME, дополнительно включает значение номинального содержания FAME в виде сокращенного обозначения БХ (где Х- значение номинальной объемной доли FAME в процентах).

Пример - Летнее дизельное топливо, содержащее FAME, записывается следующим образом: «Топливо дизельное ДТ-Л-К5-Б5, сорт В СТБ 1658».

По физико-химическим и эксплуатационным показателям дизельное топливо должно соответствовать требованиям, установленным в таблицах 6.1-6.3.

Таблица 6.1 - Требования к дизельному топливу

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1 Цетановое число, не менее	51,0	ГОСТ ISO 5165, ГОСТ EN 15195, ГОСТ EN 16144, ГОСТ 32508
2 Цетановый индекс, не менее	46,0	СТБ ИСО 4264, [3]
3 Плотность при 15 °С, кг/м ³	820,0-845,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 12185
4 Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, %, не более	8,0	ГОСТ EN 12916
5 Содержание серы, мг/кг, не более: - экологический класс К5	10,0	ГОСТ ISO 20846, ГОСТ ISO 20884
6 Содержание марганца, мг/дм ³ , не более	2,0	
7 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	55	ГОСТ ISO 2719
8 Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,30	ГОСТ ISO 10370
9 Массовая доля золы, %, не более	0,010	ГОСТ ISO 6245
10 Массовая доля воды, %, не более	0,020	СТБ ИСО 12937
11 Содержание механических примесей, мг/кг, не более	24	ГОСТ EN 12662
12 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), класс	Класс 1	ГОСТ ISO 2160
13 Объемная доля метиловых эфиров жирных кислот (FAME), %, не более	7,0	ГОСТ EN 14078
14 Стойкость к окислению: - г/м ³ , не более - ч, не менее	25 20	СТБ ИСО 12205, ГОСТ EN 15751
15 Смазывающая способность: диаметр пятна износа (WSD) при 60 °С, мкм, не более	460	ГОСТ ISO 12156-1
16 Вязкость при 40 °С, мм ² /с	2,00-4,50	СТБ ИСО 3104, ГОСТ 31391
17 Фракционный состав: - при 250 °С перегоняется, об. %, менее - при 350 °С перегоняется, об. %, не менее - 95 об. % перегоняется при температуре, °С, не выше	65 85 360	ГОСТ ISO 3405, ГОСТ ISO 3924

Таблица 6.2 - Требования, определяемые климатическими условиями применения. Умеренный климат

Наименование показателя	Значение для сорта						Метод испытания
	Сорт А	Сорт В	Сорт С	Сорт D	Сорт E	Сорт F	
Предельная температура фильтруемости (CFPP), °С, не выше	5	0	-5	-10	-15	-20	ГОСТ EN 116, ГОСТ EN 16329

Таблица 6.3 - Требования, определяемые климатическими условиями применения.

Арктический и холодный зимний климат

Наименование показателя	Предельные значения					Метод испытания ¹⁾
	Класс 0	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	
1 Предельная температура фильтруемости (CFPP), °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44	ГОСТ EN 116, ГОСТ EN 16329 ²⁾
2 Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34	СТБ EN 23015
3 Плотность при 15 °С, кг/м ³	800,0-845,0	800,0-845,0	800,0-840,0	800,0-840,0	800,0-840,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 12185
4 Вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,500-4,000	1,500-4,000	1,500-4,000	1,400-4,000	1,200-4,000	СТБ ИСО 3104, ГОСТ 31391
5 Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0	ГОСТ ISO 5165, ГОСТ EN 15195, ГОСТ EN 16144, ГОСТ 32508
6 Цетановый индекс, не менее	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0	СТБ ИСО 4264
7 Фракционный состав: - при 180 °С перегоняется, об. %, не более - при 360 °С перегоняется, об. %, не менее	10 95	10 95	10 95	10 95	10 95	ГОСТ ISO 3405, ГОСТ ISO 3924

7 Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1657-2016 «Топлива жидкие. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей и отопления. Технические условия»

Стандарт распространяется на метилловые эфиры жирных кислот (Fatty acid methyl esters (FAME)), предназначенные для использования в качестве чистого дизельного биотоплива (с содержанием FAME 100 %) или компонента смесевого дизельного топлива по СТБ 1658 (с объемной долей FAME до 7 %), а также в качестве чистого котельного биотоплива (с содержанием FAME 100 %) или компонента смесевого котельного топлива. Дизельное и котельное биотоплива предназначены для использования в дизельных двигателях или отопительных установках, изготовленных или усовершенствованных для работы на данном топливе. Общие требования к метилловым эфирам жирных кислот (FAME) и методы их испытаний приведены в таблице 7.1.

В зависимости от климатических условий применения, определяемых предельной температурой фильтруемости на холодном фильтре (cold filter plugging point - CFPP), настоящий стандарт устанавливает шесть сортов и пять классов FAME, предназначенных для применения в качестве чистого дизельного или котельного биотоплива, а также в качестве компонента смесевого котельного топлива.

В зависимости от климатических условий применения, в отношении FAME, предназначенных для применения в качестве компонента смесевого дизельного топлива по СТБ 1658, настоящий стандарт устанавливает шесть сортов, определяемых CFPP и темпера-

турой помутнения (таблица 7.2), и шесть сортов, определяемых содержанием насыщенных моноглицеридов (таблица 7.3).

Сорт FAME, предназначенных для применения в качестве компонента смесового дизельного топлива по СТБ 1658, определяемый CFPP, температурой помутнения и содержанием насыщенных моноглицеридов, допускается не устанавливать, если это не предусмотрено контрактом (договором) на поставку FAME.

Условное обозначение FAME, предназначенных для применения в качестве чистого дизельного или котельного биотоплива, а также в качестве компонента смесового котельного топлива, включает наименование биотоплива, его сорт или класс, а также обозначение настоящего стандарта.

Пример - FAME, предназначенные для применения в качестве чистого дизельного или котельного биотоплива или в качестве компонента смесового котельного топлива, при заказе и (или) в других документах записываются следующим образом:

«Метилловые эфиры жирных кислот (FAME), сорт C, СТБ 1657-2016»;

«Метилловые эфиры жирных кислот (FAME), класс 2, СТБ 1657-2016».

Условное обозначение FAME, предназначенных для применения в качестве компонента смесового дизельного топлива по СТБ 1658, включает наименование биотоплива, обозначение его сорта (в случае его определения изготовителем), состоящее из комбинации символов, обозначающих сорт FAME, определяемый CFPP и температурой помутнения (таблица 7.2), и сорт FAME, определяемый содержанием моноглицеридов (таблица 7.3), а также обозначение настоящего стандарта.

Пример - FAME, предназначенные для применения в качестве компонента смесового дизельного топлива по СТБ 1658, при заказе и (или) в других документах записываются следующим образом:

«Метилловые эфиры жирных кислот (FAME), сорт f4, СТБ 1657-2016»;

«Метилловые эфиры жирных кислот (FAME), СТБ 1657-2016».

Таблица 7.1 - Общие требования к метиловым эфирам жирных кислот (FAME) и методы их испытаний

	Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1	Массовая доля метиловых эфиров, %, не менее	96,5	СТБ EN 14103
2	Плотность при 15 °С, кг/м ³	860-900	ГОСТ ISO 3675 или СТБ ИСО 3675 ³⁾ , СТБ ИСО 12185
3	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	3,50-5,00	СТБ ИСО 3104
4	Температура вспышки, °С, не ниже	101	ГОСТ ISO 2719 ГОСТ ISO 3679,
5	Цетановое число, не менее	51,0	ГОСТ ISO 5165
6	Коррозия медной пластинки (3 ч. при 50 °С), класс	Класс 1	ГОСТ ISO 2160 или СТБ ИСО 2160
7	Стойкость к окислению при 110 °С, ч, не менее	8,0	ГОСТЕМ 14112, ГОСТ EN 15751
8	Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,50	СТБ EN 14104
9	Йодное число, г 1 ₂ /100 г, не более	120	ГОСТ EN 14111 ГОСТ EN 16300

Наименование показателя		Значение	Метод испытания
10	Массовая доля метилового эфира линоленовой кислоты, %, не более	12,0	СТБ EN 14103
11	Массовая доля метиловых эфиров полиненасыщенных (≥ 4 двойным связям) жирных кислот, %, не более	1,00	СТБ EN 15779
12	Массовая доля метанола, %, не более	0,20	ГОСТ EN 14110
13	Массовая доля моноглицеридов, %, не более	0,70	СТБ EN 14105
14	Массовая доля диглицеридов, %, не более	0,20	СТБ EN 14105
15	Массовая доля триглицеридов, %, не более	0,20	СТБ EN 14105
16	Массовая доля свободного глицерина, %, не более	0,02	СТБ EN 14105 СТБ EN 14106
17	Массовая доля общего глицерина, %, не более	0,25	СТБ EN 14105
18	Содержание воды, мг/кг, не более	500	СТБ ИСО 12937
19	Содержание механических примесей, мг/кг, не более	24	ГОСТ EN 12662
20	Содержание серы, мг/кг, не более	10,0	ГОСТ ISO 20846 ГОСТ ISO 20884, [3]
21	Массовая доля сульфатной золы, %, не более	0,02	ГОСТ ISO 3987
22	Содержание металлов I группы (Na + K), мг/кг, не более	5,0	СТБ EN 14108 СТБ EN 14109, СТБ EN 14538
23	Содержание металлов II группы (Ca + Mg), мг/кг, не более	5,0	СТБ EN 14538
24	Содержание фосфора, мг/кг, не более	4,0	СТБ EN 14107 ГОСТ EN 16294

Таблица 7.2 - Требования к FAME, определяющие их эксплуатационные характеристики в условиях низких температур

Наименование показателя	Значение для сорта						Метод испытания
	Сорт a	Сорт b	Сорт c	Сорт d	Сорт e	Сорт f	
Температура помутнения, °С, не выше	16	13	9	5	0	-3	СТБ EN 23015
Предельная температура фильтруемости (CFPP), °С, не выше	13	10	5	0	-5	-10	ГОСТ EN 116 ГОСТ EN 16329

Таблица 7.3 - Требования к FAME, определяемые содержанием моноглицеридов

Наименование показателя	Предельные значения						Метод испытания
	Сорт 1	Сорт 2	Сорт 3	Сорт 4	Сорт 5	Сорт 6	
Массовая доля моноглицерида, %, не более	0,15	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	СТБ EN 14105

Тема 3. Газообразные топлива

1. Виды газообразных топлив. Требованиями, предъявляемыми к качеству топлив для газобаллонных автомобилей.

К естественным газам относятся легкие углеводороды, улавливаемые при добыче

нефти, и природные газы газовых месторождений. *Искусственные газы* получают при переработке твердых и жидких топлив.

В зависимости от физического состояния горючие газы делятся на *сжатые и сжиженные*. Если **критическая температура газа** (*температура, при которой газ не может быть сжижен при любом давлении*) ниже обычных температур эксплуатации автомобиля, его применяют, как правило, в сжатом виде (**сжатый газ**), а если выше — в **сжиженном виде** под давлением 1,5-2,0 МПа (**сжиженный газ**).

Наиболее широко применяются и имеют перспективы расширения использования следующие газообразные углеводородные топлива:

- **компримированный (сжатый) природный газ (КПГ)** (метан);
- **газ сжиженный нефтяной (ГСН)** (пропан-бутановая смесь).

К качеству топлив для газобаллонных автомобилей предъявляют такие **основные эксплуатационные требования**:

- хорошая смешиваемость с воздухом для образования однородной горючей смеси;
- высокая калорийность горючей смеси;
- отсутствие детонации при сгорании в цилиндрах двигателя;
- минимальное содержание смолистых веществ и механических примесей, способствующих образованию нагара на деталях двигателя;
- минимальное содержание веществ, вызывающих коррозию поверхностей деталей, окисление и разжижение масла в картере двигателя;
- минимальное образование токсичных и канцерогенных веществ в продуктах сгорания;
- сохранение стабильного состава и свойств по времени и объему;
- сохранение избыточного давления насыщенных паров 0,1-1,6 МПа в интервале температур от -30 до +45 °С (для ГНС);
- хорошая испаряемость без образования жидкого осадка при понижении давления в газовой системе питания двигателя (для ГСН).

2. Газ сжиженный нефтяной (ГСН)

Основные компоненты **газа сжиженный нефтяной** как современного топлива для двигателей — это **пропан** C_3H_8 , **бутан** C_4H_{10} и их смеси. Ввиду того, что пропан и бутан имеют при атмосферном давлении соответственно *температуры кипения* -42,1 °С и -0,5 °С и *критические температуры* +96,8 °С и +126 °С, это позволяет хранить их в *сжиженном состоянии* в диапазоне эксплуатационных температур от -40 до +45 °С при относительно низком давлении (до 1,6 МПа).

Сжиженный газ характеризуется большим коэффициентом объемного расширения. Повышение температуры на 1 °С увеличивает давление в газовом баллоне на 0,6-0,7 МПа, что может привести к его разрушению. Чтобы этого не случилось, в баллоне предусматривают *паровую подушку* (фазу). Степень заполнения (полезная емкость) автомобильных газовых баллонов должна быть в пределах 80-85%. Арматура автомобильных газовых баллонов имеет специальное устройство, автоматически прекращающее заправку баллона при достижении предельного уровня топлива.

Плотность паровой фазы газа оказывает влияние на массовый заряд газозвушной смеси, поступающей и цилиндры двигателя, а следовательно, и на мощность и топливную экономичность. *В зимнее время года, когда плотность газозвушной смеси достигает максимальных значений, двигатель имеет наилучшие эксплуатационные показатели.*

Компоненты газового топлива имеют пределы воспламенения, значительно смещенные в сторону бедных смесей, что дает дополнительные возможности повышения топливной экономичности.

Топливо из сжиженных газов обладает плохими пусковыми свойствами. Пуск холодного двигателя возможен на *зимней марке топлива ПА* при температуре окружающего воздуха от -5 до -7 °С.

При более низких температурах в условиях безгаражного хранения выполняется пуск двигателя на *резервном бензине*.

Все компоненты газообразных сжиженных топлив первоначально не имеют цвета и запаха, поэтому для обнаружения утечек и обеспечения безопасности при использовании этих видов топлива на автомобилях их **одорируют**, т.е. придают особый запах. В качестве такого **одоранта** используют этилмеркаптан

Сжиженные газы пожаро- и взрывоопасны, но меньше, чем пары бензина. По степени воздействия на организм человека они относятся к 4 классу. Основные компоненты сжиженного топлива — пропан, бутан и этан — тяжелее воздуха. Таким образом, они, скапливаясь на полу помещений, представляют большую опасность.

Сжиженные газы хранят в баллонах емкостью 250 л, рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа.

Промышленность выпускает **газобаллонные автомобили двух типов**:

- **со специальными двигателями**, работающими на газе, но в которых предусмотрена резервная система питания для кратковременной работы на бензине;
- **с универсальными двигателями**, допускающими работу как на сжиженном газе, так и на бензине.

Эксплуатационные свойства автомобилей с газовыми двигателями в сравнении с бензиновыми оцениваются следующим образом:

- ухудшаются динамические качества автомобиля;
- снижается мощность и топливная экономичность газовых двигателей;
- при правильной регулировке и нормальном оптимальном режиме работы системы подачи газового топлива значительно снижается токсичность отработавших газов: по окиси углерода СО — в 3-4 раза, по окислам азота — в 1,2-2 раза, по углеводородам — в 1,2-1,4 раза и более;
- увеличивается продолжительность работы масла между заменами, из-за улучшения процессов испарения и смесеобразования жидкого топлива, исключения смывания смазки с зеркала цилиндров двигателя, уменьшения разжижения и загрязнения масла различными примесями;
- повышается надежность и ресурс двигателей до ремонта за счет снижения износов деталей цилиндро-поршневой группы, улучшения условий работы свечей зажигания и уменьшения нагарообразования;
- автомобили, работающие на сжиженном газе, имеют такой же запас хода, как и автомобили, работающие на бензине;
- увеличивается трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей.

Государственный стандарт Республики Беларусь **СТБ 2262-2012 «Газы углеводород-**

ные сжиженные топливные. Технические условия» распространяется на углеводородные сжиженные топливные газы (далее - сжиженные газы), применяемые в качестве топлива для коммунально-бытового потребления, моторного топлива для автомобильного транспорта, а также в промышленных целях. Марки сниженных газов приведены в таблице 2.1. По физико-химическим и эксплуатационным показателям сжиженные газы должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 2.2.

Таблица 2.1 - Марки сжиженных газов

Марка	Наименование основных компонентов
ПТ	Пропан технический
ПА	Пропан автомобильный
ПБА	Пропан-бутан автомобильный
СПБТ	Смесь пропана и бутана технических
БТ	Бутан технический

Таблица 2.2 - Физико-химические эксплуатационные показания сжиженных газов

Наименование показателя	Норма для марки				
	ПТ	ПА	ПБА	СПБТ	БТ
1 Октановое число по моторному методу (MON), не менее	-	89		-	-
2 Массовая доля компонентов, %: - сумма метана, этана и этилена	Не нормируется				
- сумма пропана и пропилена, не менее, в том числе пропана	75 -	- 85±10	- 50±10	Не нормируется	
- сумма бутанов и бутиленов: - не более - не менее	Не нормируется			- 60 -	- - 60
- сумма непредельных углеводородов, не более	-	6	6	-	-
3 Объемная доля жидкого остатка при 20 °С, %, не более	0,7	0,7	1,6	1,6	1,8
4 Избыточное давление насыщенных паров, МПа, при температуре: - плюс 45 °С, не более	1,6				
- минус 20 °С, не менее	0,16	-	0,07	-	-
- минус 30 °С, не менее	-	0,07	-	-	-
5 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %, не более, в том числе сероводорода, не более	0,013	0,01	0,01 0,003	0,013	0,013
6 Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствие				
7 Интенсивность запаха, баллы, не менее	3				

По данному стандарту для умеренного микроклиматического района в качестве топлива для автомобильного транспорта рекомендуется применять в летний период сниженный газ марки ПБА, а в зимний период - ПА. Допускается к применению газ марки ПБА в качестве топлива автомобильного транспорта при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20 °С.

3 Компримированные (сжатый) природный газ (КПГ)

Состав природных газов следующий: **метан** CH_4 (82-98%) с небольшими примесями (до 6%) **этана** C_2H_6 , до 1,5% **пропана** C_3H_8 и до 1% **бутана** C_4H_{10} .

Природный (горючий) газ – это газообразная смесь, добытая из всех видов месторождений (залежей) углеводородного сырья, состоящая преимущественно из метана и содержащая более тяжелые углеводороды, азот, диоксид углерода, водяные пары, серо-содержащие соединения, инертные газы, а также следовые количества других компонентов.

Компримированный природный газ (КПГ) – это природный газ, прошедший специальную подготовку для использования в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

КПГ получают на **автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС)** из природного газа, транспортируемого по магистральным или распределительным газопроводам, путем осушки и компримирования, а также на **КриоАЗС** из регазифицированного сжиженного природного газа.

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция – это совокупность машин, оборудования, зданий, сооружений и систем инженерно-технического обеспечения, объединенная в единый технологический цикл процессов производства, накопления и выдачи компримированного природного газа. АГНКС включает следующие основные технологические блоки: блок подключения (блок входных кранов), блок предварительной очистки газа, блок компримирования, блок подготовки КПГ, блок аккумуляции, блок редуцирования, газозаправочные колонки.

Основной компонент - **метан** CH_4 характеризуется наивысшей критической температурой (-82°C). Поэтому при нормальных температурах даже при высоком давлении метан не может быть сжижен.

Из всех углеводородных газов **метан** обладает высокой теплотворностью, широкими пределами воспламеняемости, низким содержанием токсичных веществ (CO и CN) в продуктах сгорания. Метан имеет высокую детонационную стойкость, что обеспечивает «мягкую» работу двигателя при использовании природного газа и позволяет форсировать двигатель по степени сжатия.

Сжатый газ воспламеняется при температуре $635-645^\circ\text{C}$ в камере сгорания двигателя (в 3 раза выше температуры воспламенения бензина), что *затрудняет запуск двигателя*, особенно при пониженных температурах окружающего воздуха. При снижении давления метана в газовом редукторе высокого давления температура резко снижается, поэтому даже в летний период времени влага, содержащаяся в газе, может образовывать кристаллы льда и препятствовать подаче газа в двигатель.

Таким образом, *важными мероприятиями* для надежной работы двигателей на сжатом газе являются: *очистка (осушение) газа от воды при заправке на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях; своевременная замена фильтров в системе питания двигателя; эффективный подогрев газа перед снижением давления в редукторе, особенно в зимний период.*

Для метана доминирующим является давление заправки. Для сжатого газа применяют газобаллонные установки (баллоны, арматура, редуктор, газопроводы и др.), рассчитанные на работу при высоком давлении $19,6\text{ МПа}$ (20 кгс/см^2). По мере расходования газа

из баллона рабочее давление в нем непрерывно уменьшается до предельного значения.

По токсичности сжатый газ характеризуется вредным воздействием на центральную нервную систему, вызывает раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей. Метан намного легче воздуха и поэтому при утечках он улетучивается, скапливаясь в верхних частях помещения.

По опасности воспламенения сжатые газы значительно безопаснее бензина. Определенные концентрации газа с воздухом взрывоопасны: верхний предел воспламенения смеси газа с воздухом по объему должен быть 15 %, а нижний — 4 %.

В качестве **преимуществ использования сжатого природного газа** как автомобильного топлива при сравнении с бензином следует отметить следующие:

- увеличивается продолжительность работы масла между заменами из-за отсутствия его разжижения и уменьшения загрязнения и, как следствие этого, расход масла снижается;
- увеличивается ресурс двигателя вследствие отсутствия нагара на деталях цилиндро-поршневой группы;
- увеличивается срок службы свечей зажигания;
- увеличивается межремонтный ресурс двигателей;
- снижается до 90 % выброс с отработавшими газами вредных веществ, особенно окиси углерода CO.

Наряду с преимуществами использования сжатого природного газа как автомобильного топлива следует отметить следующие его **недостатки**:

- увеличивается трудоемкость обслуживания и ремонта, а также цена автомобиля из-за наличия дополнительной газобаллонной аппаратуры;
- снижается мощность двигателя и, как следствие этого, ухудшаются тягово-динамические и эксплуатационные характеристики автомобилей;
- снижается грузоподъемность автомобилей в связи с применением тяжелых стальных баллонов высокого давления.
- затрудненный пуск двигателя на газовом топливе при низких температурах из-за образования ледяных пробок в топливной системе

Работа дизеля на газообразном топливе возможна только за счет организации газодизельного процесса, т.к. температура конца сжатия не достаточна для воспламенения этого топлива.

Государственный стандарт Республики Беларусь **ГОСТ 27577-2022 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия»** распространяется на компримированный природный газ, применяемый в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания и устанавливает требования к физико-химическим показателям компримированного природного газа (см. таблица 3.1).

Таблица 3.1 — Физико-химические показатели компримированного природного газа

Наименование показателя	Норма	
	Минимум	Максимум
1 Молярная доля компонентов (компонентный состав), %	Не нормируют, определение обязательно	
2 Молярная доля кислорода, %	—	
3 Молярная доля негорючих компонентов (суммарная), %	—	7,0

Наименование показателя	Норма	
	Минимум	Максимум
4 Массовая концентрация сероводорода, г/м ³	—	0,020
5 Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м ³	—	0,036
6 Объемная теплота сгорания низшая, МДж/м ³ (ккал/м ³)	31,80 (7600)	—
7 Относительная плотность к воздуху	0,55	0,70
8 Метановое число (расчетное)	70	—
9 Массовая концентрация механических примесей, г/м ³	—	0,001
10 Массовая концентрация паров воды, г/м ³	—	0,009

Метановое число – это показатель, характеризующий детонационную стойкость газового моторного топлива, численно равный объемному процентному содержанию метана в смеси с водородом, при котором эта смесь эквивалентна по детонационной стойкости исследуемому топливу в стандартных условиях испытаний

Форма условного обозначения: «Газ горючий природный сжатый по ГОСТ 27577— 2022».

Раздел 3. Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др. механизмов

Тема 1. Назначение смазочных материалов. Основные виды трения и изнашивания

Под трением понимают сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним. **Основное назначение смазочных материалов** - уменьшение потерь на трение и снижение интенсивности изнашивания поверхностей деталей.

Кроме этих основных **функций смазочные материалы** в зависимости от условий их применения выполняют и другие: *отводят тепло от нагреваемых деталей, предохраняют их от коррозии, очищают детали от накапливающихся механических примесей, часто герметизируют узлы трения (цилиндр двигателя – поршень) и др.*

По характеру взаимоперемещения трущихся деталей различают два вида трения: **трение покоя** – трение двух тел при предварительном смещении и **трение движения** – трение двух тел, находящихся в относительном движении. Трение движения в свою очередь подразделяется по характеру движения (**трение скольжения и трение качения**) и по наличию смазочного материала (**трение без смазки (сухое), граничное трение, полужидкостное и жидкостное трение**).

Трение без смазки – это трение двух твердых тел при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала.

Граничное трение возникает в том случае, когда поверхности трения разделены слоем смазки настолько малой толщины (менее 0,1 мкм), что свойства этого слоя отличаются от объемных свойств, а сила трения зависит только от природы и состояния трущихся поверхностей.

При **жидкостном трении** смазочный слой полностью отделяет взаимоперемещающиеся рабочие поверхности одну от другой и имеет толщину, при которой проявляются нормальные объемные свойства масла.

Под полужидкостным трением понимают такое состояние, когда масла в зазоре между трущимися парами недостаточно для полного обеспечения жидкостного трения или когда наряду с жидкостной смазкой имеет место и граничная смазка. При этом виде трения масляный слой между трущимися поверхностями частично разрушен, в результате чего в отдельных местах соприкосновения трущихся поверхностей и возникает граничное (сухое) трение.

Коэффициент граничного трения находится в пределах **0,08–0,15**. Режим граничного трения очень неустойчив, это предел работоспособности узла трения. Если граничный слой разрушается (нагрузка превысит силы сцепления), то в месте контакта возникает сухое трение и, как следствие, задиры, заклинивания и другие неполадки аварийного характера.

Установлено, что толщина и прочность граничных слоев зависит от химического состава масла и входящих в него присадок, особенностей химической структуры и состояния поверхности трения. Различают пленки химического происхождения (**хемосорбция**) и физического (**адсорбция**). Создание смазочных пленок силами адсорбции обусловливается наличием в смазочных материалах **поверхностно-активных веществ** (ПАВ), несущих электрический заряд. Они обладают способностью адсорбироваться на поверхностях раздела жидкость - твердое тело. К ПАВ относятся соединения, содержащие карбоксильные группы (COOH^+), например, органические кислоты, спирты, различные эфиры, смолы, сернистые соединения. В некоторые масла для улучшения их смазывающей способности вводят противоизносные и противозадирные присадки.

Способность смазочных материалов, содержащих ПАВ, образовывать на смазываемых поверхностях достаточно прочные слои ориентированных молекул, обычно называют **маслянистостью** или **смазывающей способностью** масел.

Большая скорость образования хемосорбированных пленок обеспечивает их быстрое восстановление в местах разрушения граничного слоя. Устойчивые химические пленки фосфатов, хлоридов или сульфидов создаются на поверхности металла благодаря присутствию в смазочных материалах соответствующих химических элементов.

Коэффициент жидкостного трения находится в пределах **0,003–0,03**, а сила трения в этом случае, определяемая лишь внутренним трением слоев в смазочном материале, в 50–100 раз меньше, чем при трении без смазки. Устойчивость смазочного слоя, необходимого для жидкостного трения, зависит от следующих факторов: конструкции узла трения, скорости взаимного перемещения трущихся поверхностей, удельного давления на них, вязкости смазочного материала, площади трущихся поверхностей, величины зазора между ними, температурного состояния узла трения и др.

Для любых пар трущихся поверхностей **вязкость масла должна быть наименьшей**, но в то же время **обеспечивающей жидкостное трение**. В реальных условиях эксплуатации может возникнуть граничное трение, а при пуске двигателя, высоких рабочих температуре и нагрузке - **полужидкостное трение**. В этом случае **масло, обладающее высокой смазывающей способностью**, максимально уменьшает трение и износ, а также предотвращает заедание трущихся деталей.

Износ трущихся поверхностей – это изменение размеров деталей в результате отделения материала с поверхностей трения и вследствие остаточной деформации поверх-

ностного слоя. Различают следующие виды изнашивания (по характеру разрушения деталей): *механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое*.

Механическое изнашивание, возникающее в результате механических воздействий, разделяют на абразивное, гидроабразивное, газообразное, эрозионное, усталостное, кавитационное.

Абразивное изнашивание наиболее распространено. Оно является результатом воздействия на поверхности трения относительно более твердых частиц, например таких, как продукты износа, нагар, пыль и т.п. Даже незначительное количество абразивных частиц, попавших в двигатель, может привести к очень быстрому износу трущихся деталей.

Гидроабразивное изнашивание так же, как и **газоабразивное**, - результат действия твердых частиц, увлекаемых соответственно жидкостью или газом.

Усталостное изнашивание является следствием повторного деформирования микроробъемов материала, из-за которого возникают трещины и происходит отделение частиц.

Эрозионное изнашивание наблюдается при воздействии на поверхность трения жидкости или газа.

Кавитационное изнашивание возникает в условиях кавитации.

Когда механическое изнашивание дополняется воздействием молекулярных или атомных сил, такой вид износа называют **молекулярно-механическим**. В этом случае происходит местное соединение (сваривание) двух твердых тел, перенос металла с одной поверхности на другую с глубинным вырыванием металла. Отсюда заедание деталей и задиры.

Коррозионно-механическое изнашивание определяют как воздействие на трущиеся поверхности таких агрессивных веществ, как химически активные газы, кислотные примеси смазочных материалов и других с последующим механическим истиранием поврежденных участков поверхности.

Тема 2. Моторные масла

1. Состав и классификация моторных масел. Основные функции моторных масел. Эксплуатационные требования, предъявляемые к ним

Моторными маслами называют масла, применяемые в двигателях внутреннего сгорания, для их смазывания. В зависимости от назначения моторные масла подразделяют на масла для бензиновых, дизельных двигателей и универсальные, применяемые как в бензиновых так и в дизельных двигателях. По климатическим условиям масла подразделяют на *летние, зимние и всесезонные*.

Современные моторные масла - это базовые масла с добавлением присадок, улучшающих свойства основы масел или придающие маслу совершенно новые свойства.

Базовые моторные масла подразделяют на *минеральные* (полученные из нефти), *синтетические* (получаемые в результате синтеза органических веществ) и *полусинтетические* (смесь минерального и синтетических компонентов).

Основная функция, которую выполняют моторные масла, - это снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую очередь,

- деталей цилиндропоршневой группы;
- эффективный отвод тепла от трущихся деталей, удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагаров, лаков, зольных отложений, шламов) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;
- высокую стабильность при окислении, механическом воздействии и обводнении, т.е. сохранение первоначальных свойств как в многообразных условиях применения, так и при длительном хранении;
- нейтрализацию кислот, образующихся при сгорании топлива и окисление масла;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежности двигателя.

Эксплуатационные требования к моторным маслам:

- оптимальные вязкостные свойства, предопределяющие надежную и экономичную работу агрегатов на всех эксплуатационных режимах;
- хорошая смазывающую способность для предотвращения интенсивного изнашивания трущихся деталей;
- достаточная химическая стойкость, обеспечивающая минимальное изменение свойств смазочного материала в процессе применения;
- высокая моющая, диспергирующе-стабилизирующая способность, обеспечивающая чистоту деталей двигателя;
- высокая термическая и термоокислительная стабильностью, что позволяет повысить предельную температуру нагрева масла в картере, увеличить срок замены;
- высокие противозадирные свойства;
- устойчивость к процессам испарения, вспенивания и образования эмульсий, а также к выпадению присадок;
- надежная защита трущихся поверхностей и других металлических деталей от коррозионного воздействия, как во время работы, так и при хранении автомобилей;
- совместимость с материалами уплотнения;
- малая летучесть, низкий расход на угар.

2. Эксплуатационные свойства моторных масел.

2.1 Смазывающие свойства.

Это свойства масел, влияющие на процессы трения и изнашивания трущихся поверхностей деталей в двигателях. Основные из них: **антифрикционные** – влияют на потери энергии при трении поверхностей; **противоизносные** – уменьшают износ трущихся поверхностей деталей при умеренных нагрузках; **противозадирные** – предохраняют трущиеся поверхности от задира в условиях высоких нагрузок.

Главный показатель смазывающих свойств масла – *вязкость*.

Вязкостно-температурные свойства.

Вязкость — свойство масла, связанное с внутренним трением между его слоями. Она

уменьшается с ростом температуры масла и наоборот. Вязкостно-температурные свойства определяют выбор моторного масла для конкретного типа двигателя и условий его эксплуатации. При предельно высоких рабочих температурах в двигателе вязкость масла должна быть достаточной, чтобы обеспечить надежную смазку и работу узлов трения, низкий износ деталей, эффективное уплотнение сопряжений, малый прорыв картерных газов и расход масла на угар. При отрицательных температурах масло должно иметь относительно низкую вязкость, обеспечивающую эффективный пуск двигателя, своевременную подачу масла к парам трения и т. д.

Зимние масла обладают небольшой вязкостью для обеспечения холодного пуска двигателя при низких температурах. Они не обеспечивают надежного смазывания двигателя в летних условиях эксплуатации.

Летние масла, благодаря большой вязкости, надежно смазывают двигатель при высоких температурах, но не обеспечивают холодный пуск при температуре окружающего воздуха ниже 0°C.

Всесезонные масла при низких температурах обладают вязкостными свойствами зимних, а при высоких — летних масел. Для достижения таких вязкостно-температурных характеристик в маловязкие масла вводят **вязкостные присадки**. В качестве базовых масел используют маловязкие масла, у которых вязкость при 100°C менее 5 мм²/с, а в качестве **вязкостных** присадок такие полимерные соединения, как **полиизобутилен, полиметакрилаты, полиалкилстиролы** и др. (3-4%). Такие масла обычно называют **загущенными**. Они отличаются необходимым уровнем вязкости при положительных температурах (50–100°), пологой кривой изменения вязкости и, следовательно, высоким индексом вязкости (115–140 ед.) (см. ниже). Принцип действия вязкостных присадок объясняется изменением объема макромолекул полимера: с понижением температуры он уменьшается (молекулы "свертываются" в клубки) и вязкость снижается, а при положительных температурах наоборот - клубки макромолекул "разворачиваются" в длинные разветвленные цепи, присоединяя молекулы базового масла, объем их становится больше, и вязкость масла возрастает

Вязкостно-температурные свойства масел оценивают по **индексу вязкости (ИВ)** – условному показателю, характеризующему степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и являющемуся результатом сопоставления вязкости данного масла (кривая 3) с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100 (имеет очень пологую вязкостно-температурную кривую 1), а второго - за 0 (обладает крутой вязкостно-температурной кривой 2) (см. рис. 2.1). Чем меньше изменение вязкости масла в заданном интервале температур (более пологая кривая), тем лучше его вязкостно-температурные свойства и тем больше индекс вязкости этого масла.

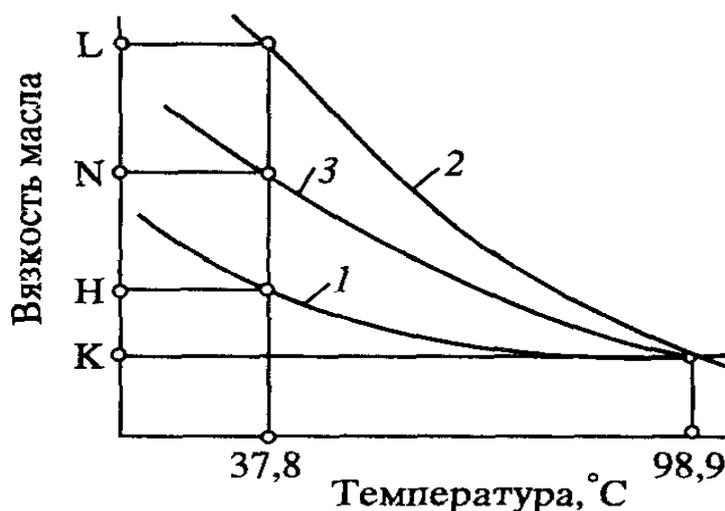


Рисунок 2.1 - Схема оценки вязкостно-температурных свойств масла по индексу вязкости: 1- эталонное масло с хорошими вязкостно-температурными свойствами (ИВ=100); 2 - эталонное масло с плохими эталонными свойствами (ИВ=0); 3 – испытываемое масло

Практически индекс вязкости определяют по номограмме, составленной на основе значений вязкости масла при 50 и 100°C (см. рис. 2.2), или по специально составленным таблицам, приведенным в стандартах. Для современных товарных минеральных масел без вязкостных присадок ИВ составляет 85–100.

Рисунок 2.3 поясняет принципиальное отличие всесезонного масла от сезонных. *Летнее* масло класса SAE 40 имеет достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание при высокой температуре (уровень Б), но оно слишком вязкое при низкой температуре (выше уровня А, при котором еще возможен пуск двигателя от стартера).

Зимнее масло SAE 10W при низкой температуре обеспечит холодный пуск (вязкость ниже уровня А), но не обеспечит смазывание летом, когда температура масла принизится к 90-100 °C или превысит эти значения (ниже уровня Б). Индекс вязкости сезонных минеральных масел, выработанных из нефтей благоприятного состава, составляет 90-105 единиц.

Всесезонное масло SAE 10W-40, полученное загущением зимнего SAE 10W до вязкости при 100°C, типичной для летних масел класса SAE 40, имеет индекс вязкости порядка 155-160 единиц. Оно обеспечит холодный пуск двигателя зимой и надежное смазывание летом. Зависимость его вязкости от температуры лежит в области между уровнями А и Б.

Температура, при которой масло теряет свою текучесть, называется **температурой застывания масла**. Для моторных масел температура застывания, как правило, составляет: -15 °C - для летних, -25...-30 °C - для зимних, -35...-45 °C - для загущенных. Нижний температурный предел применения масла примерно на 12...18 °C выше температуры застывания.

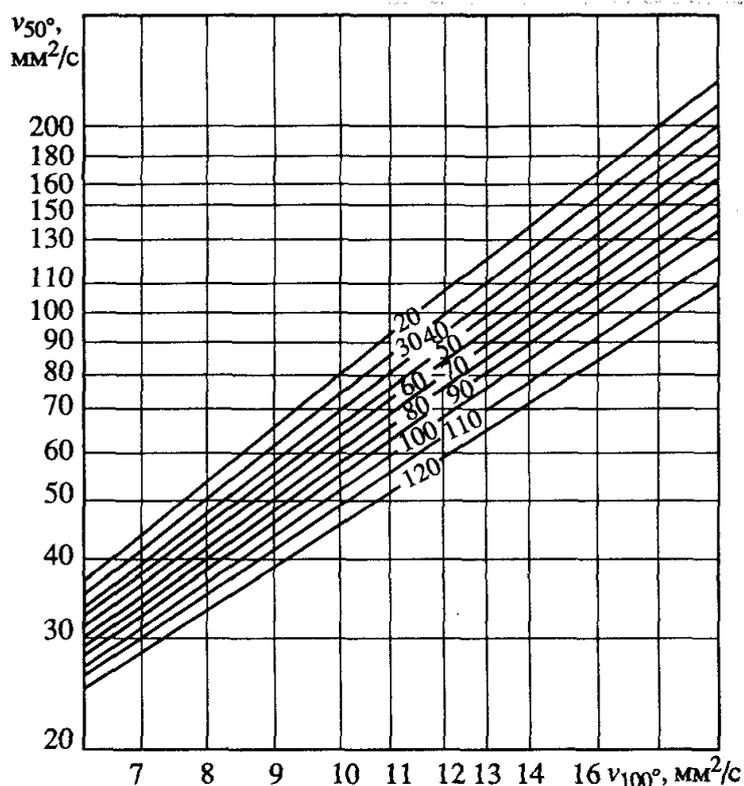


Рисунок 2.2- Номограмма для определения индекса вязкости масел

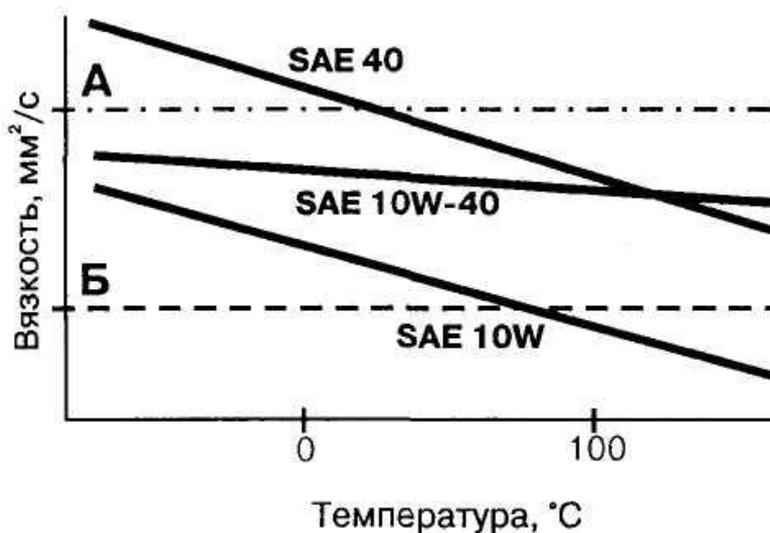


Рисунок 2.3 – Изменение вязкости летних, зимних и всесезонных моторных масел в зависимости от температуры

Противоизносные свойства

Противоизносные свойства масла зависят от его химического состава и вязкостно-температурной характеристики, а также от качества присадок. Наличие в масле абразивных загрязнений существенно влияет на износ трущихся поверхностей.

Трибологические характеристики масел – индекс задира, критическая нагрузка, диаметр пятна износа, нагрузка сваривания - определяют по ГОСТ 9490—75 на четырехшариковой машине трения (рис. 2.4). На шарик 1, закрепленный в шпинделе, который вращается с большой скоростью, действует вертикальная нагрузка. Износ закрепленных

неподвижно шариков 2 (диаметр пятна износа) и другие трибологические характеристики оценивают с помощью специальных приборов.

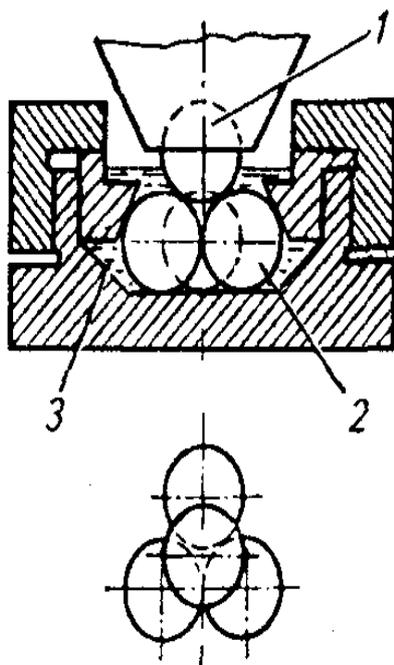


Рисунок 2.4 – Четырехшариковая машина трения (1 - верхний шарик, 2 – нижний шарик, 3 - масло)

Оценка противоизносных свойств бесконтактным методом производится по определению содержания железа и других металлов спектральным или физико-химическими методами.

2.3 Противоокислительные свойства.

В процессе работы двигателя моторное масло претерпевает глубокие изменения, которые приводят к накоплению в масле **смолистых веществ, асфальтенов, органических кислот, оксикислот (спиртокислоты)** и т. п.

Продукты окисления масла способствуют **лако- и нагарообразованию** на деталях поршневой группы, что может приводить к закоксовыванию поршневых колец, а также **осадков (шлама)** – мазеобразных сгустков, откладывающихся на стенках поддона картера, крышке клапанной коробки, фильтрах, в шейках коленчатого вала, маслопроводах и других деталях двигателя. Напряженный тепловой режим работы двигателя наиболее опасен образованием нагаров и лаков на деталях цилиндропоршневой группы, а пониженный тепловой режим – шламообразованием в двигателе.

Поэтому эти осадки (шлам) нередко называют низкотемпературными отложениями. При температуре 18-20 °С все первоначальные свойства масла сохраняются в течение пяти лет.

Моторное масло должно обладать высокой **термоокислительной стабильностью**, т. е. под действием высокой температуры не образовывать лаковых отложений на поверхностях поршневой группы двигателя. **Термоокислительная стабильность моторного масла** – это время (в минутах), в течение которого испытываемое масло при температуре 250 °С превращается в лаковый остаток, состоящий из 50 % рабочей фракции и 50 % лака. Чтобы замедлить реакции окисления и уменьшить образование отложений в двигателе, в масла вводят **антиокислительные присадки**.

В стандартах на моторные масла их **стойкость к окислению** оценивают по **индукционному периоду** осадкообразования в течении 50 часов по ГОСТ 11063-77.

2.2 Моюще-диспергирующие свойства.

Они характеризуют **способность масла уменьшать образование углеродистых отложений и осадков на деталях двигателя (моющие) и поддерживать продукты загрязнения во взвешенном состоянии (диспергирующие)**. Чем выше моюще-диспергирующие свойства моторных масел, тем больше продуктов загрязнения и окисления масла без выпадения в осадок удерживается в работающем масле, тем меньше при работе двигателя внутреннего сгорания на поршнях образуются лаковые отложения, на других деталях – мазеобразные осадки серого или черного цвета.

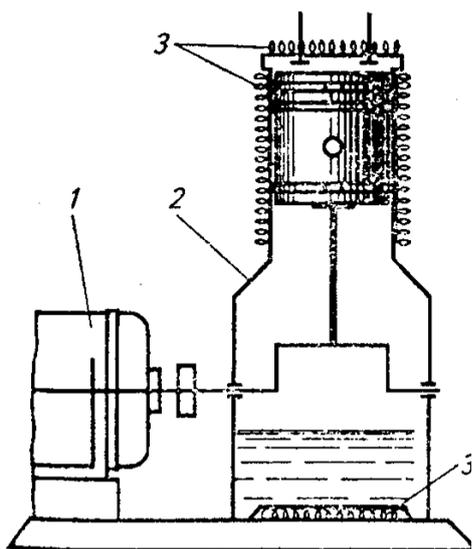


Рисунок 2.5 – Установка ПЗВ

Моющие свойства моторных масел определяют по интенсивности лакообразования на поверхности поршня на установке ПЗВ (рис. 2.5). Установка состоит из одноцилиндрового четырехтактного двигателя 2, электродвигателя 1 и пульта управления. Алюминиевый поршень снабжен двумя компрессионными и двумя малосъемными кольцами. Необходимый температурный режим поддерживается электронагревательными элементами 3. Условия испытания следующие: в картер двигателя заливают 250 мл испытуемого масла; частота вращения коленчатого вала двигателя 2500 мин⁻¹; температура головки цилиндра 300°С, масла в картере 125°С и воздуха на выпуске 220°С. Продолжительность испытания 2 ч.

После испытания прибор разбирают и по количеству лака на боковой поверхности поршня оценивают моющие свойства масла по семибалльной цветной шкале. Если поршень чист, масло получает балл 0, а если очень загрязнен лаком — балл 6. Образование лаковых отложений на поршне двигателя, работающего на маслах с моющими присадками, уменьшается в 3-6 раз (с 3,0-4,5 до 0,5-1,5 балла).

Применяют два типа **моющих присадок** – **зольные** и **беззольные**. К первому типу присадок относятся в частности *бариевые* и *кальциевые соли сульфокислот (сульфонаты)*. Масла, содержащие зольные присадки, при сгорании образуют золу, которая прилипает к поверхностям деталей. *Беззольные* присадки не содержат в своем составе металла, поэтому масла, их включающие, при сгорании не дают золы.

2.3 Антикоррозионные свойства.

Коррозионные свойства масел зависят от наличия в них органических кислот, перекисей, других продуктов окисления, сернистых соединений, неорганических кислот, щелочей и воды.

Антикоррозионные свойства моторных масел зависят главным образом от эффективности *антикоррозионных* и *антиокислительных* присадок, а также от *состава базовых компонентов*. **Антиокислительные присадки** замедляют процесс образования перекисей и кислот в масле. **Антикоррозионные присадки** уменьшают коррозионный износ деталей, выполненные из цветных металлов, образуя на их поверхности прочную защитную пленку, обладают щелочными свойствами; обеспечивают нейтрализацию кислых продуктов, образующихся в масле.

Нейтрализующая способность — это важнейшее химическое свойство моторных масел, характеризуемое **щелочным числом**. Оно показывает, какое количество кислот, образующихся при окислении масла или попадающее в него из продуктов сгорания топлива, может нейтрализовать единица массы масла. Щелочное число выражается в мг КОН на 1 г масла. Например, масло моторное для дизельных двигателей М-14-В₂ имеет

щелочное число не менее 4,8 мг КОН на 1 г. Масла по ГОСТ 11362-96. Одним из признаков, свидетельствующем о необходимости смены масла, может являться уменьшение щелочного числа масла.

Для предотвращения ржавления деталей двигателей из черных металлов моторные масла могут иметь в своем составе специальные присадки - **ингибиторы коррозии**.

Степень коррозионности масел оценивается путем определения величины потери массы свинцовых пластин за 10 или 25 часов испытания при температуре 140 °С (по ГОСТ 2052-75) при его соприкосновении с маслом (в граммах с площади 1 м²).

2.4 Показатели огнеопасности масел.

К ним относятся *температура вспышки и воспламенения*.

Температура вспышки – это минимальная температура, при которой пары масла, нагретого в специальном приборе, образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся от постороннего источника огня. Например, для масла М-14-В₂ температура вспышки - не ниже 210 °С.

Температура воспламенения – это такая температура нагретого масла, при которой оно самовоспламеняется.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют огнеопасность нефтепродукта. По температуре вспышки можно оценить свойства углеводородов, входящих в состав масла, определить наличие в нем примесей топлива. В присутствии топлива значительно снижается температура вспышки масел: при попадании в масло 1 % бензина – с 200 до 170 °С, а при наличии в масле 6 % бензина – почти в два раза.

3. Присадки к моторным маслам.

Присадки применяются для придания смазочному материалу новых эксплуатационных свойств или изменения существующих; они вводятся в базовые масла. Уровень эксплуатационных свойств масла, в течение которого оно остается работоспособным, зависит как от качества базового масла, так и от эффективности присадок и их приемистости к маслу. По своему эксплуатационному действию присадки подразделяют на следующие основные типы, представленные в табл. 2.1.

Многофункциональные присадки улучшают одновременно несколько свойств масел.

Таблица 2.1 – Основные типы присадок к моторным маслам

Тип	Функциональное назначение
Вязкостные (загущающие)	Уменьшают степень изменения вязкости с изменением температуры
Моющие	Уменьшают и предотвращают образование высокотемпературных отложений, обеспечивают чистоту деталей, нейтрализуют продукты окисления топлива и масла
Диспергирующие (дисперсанты)	Поддерживают загрязняющие примеси в масле в мелкодисперсном состоянии и предотвращают образование низкотемпературного шлама

Тип	Функциональное назначение
Антиокислительные и антикоррозионные	Снижают скорость окисления и образования нерастворимых, а также коррозионно-агрессивных продуктов в масле. Уменьшают рост вязкости и предотвращают коррозию деталей из цветных сплавов
Противоизносные и противозадирные	Предотвращают разрушение контактирующих поверхностей деталей при граничном трении, снижают износ за счет образования на поверхности трения защитных пленок
Депрессорные	Понижают температуру застывания масла за счет снижения интенсивности образования кристаллов парафина при низких температурах
Антифрикционные (модификаторы трения)	Уменьшают трение в сопряженных парах, снижают расход топлива двигателем
Противопенные	Предотвращают образование пены в двигателе
Ингибиторы коррозии	Предотвращают коррозию черных металлов и сплавов (сталь, чугун)

4 Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел

К достоинствам синтетических и полусинтетических моторных масел относятся:

- значительно более высокий индекс вязкости, чем у минеральных масел;
- лучшая вязкостно-температурная характеристика синтетических масел в зоне отрицательных температур, а также более низкая температура потери подвижности обеспечивают более легкий пуск двигателей при более низких температурах окружающего воздуха;
- меньшая склонность к образованию низкотемпературных отложений;
- высокие показатели вязкости при рабочих температурах 250-300 °С (в 3-5 раз выше равновязких им минеральных масел при температуре 100 °С) обеспечивают гарантированные условия гидродинамической смазки до более высоких температур и термическую стабильность;
- низкая испаряемость и малая склонность к образованию высокотемпературных отложений позволяют использовать эти масла в высокофорсированных теплонагруженных двигателях и при эксплуатации автомобилей в условиях жаркого климата;
- синтетические масла обеспечивают хорошее состояние двигателя, так как характеризуются лучшими противоокислительными, диспергирующими свойствами и механической стабильностью, равными или лучшими (в зависимости от синтетической основы) противоизносными и противозадирными характеристиками;
- большой срок службы синтетического масла до замены и меньший расход на угар сокращает его эксплуатационный расход на 30-40 %;
- применение синтетических моторных масел на 4-5 % снижает расход топлива благодаря созданию оптимальных условий трения.

Синтетические моторные масла в зависимости от основы бывают **диэфирными, полиалкенгликолевыми, полисилоксановыми, фторуглеродными и хлорфторуглеродными.**

Синтетические масла объединяют в себе свойства самых маловязких зимних и вязких летних классов (SAE 5W-50 и SAE 0W-40) и имеют обозначение **Fully Synthetic**, что переводится как «полностью синтетическое». Стоимость синтетических моторных масел в среднем в 2-3 раза выше минеральных. Тем не менее, применение их целесообразно не только с эксплуатационной точки зрения, но и с экономической, так как они обладают большим сроком службы в двигателях до замены и меньшим расходом на угар.

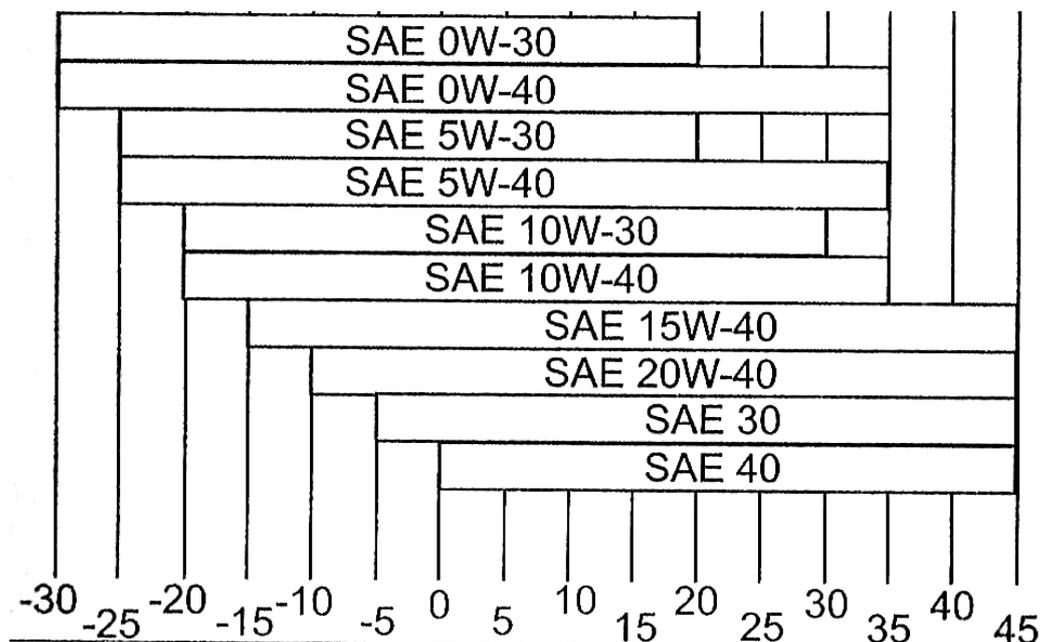


Рисунок 2.6 – Рекомендованные температурные диапазоны применения моторных масел

Полусинтетические (частично синтетические) моторные масла — это минеральные масла, улучшенные благодаря специальной технологии очистки и содержащие синтетические добавки или 30-40 % синтетической основы. Обозначаются они как **Semi-Synthetic**. Такие масла обладают лучшими эксплуатационными свойствами и, конечно, дороже минеральных, однако дешевле полностью синтетических.

Переход на хорошо очищенные минеральные, полусинтетические и синтетические масла облегчает пуск двигателя при низких (до -40 °С) температурах и экономит 2-5 % топлива за счет снижения потерь на трение в гидродинамическом режиме смазки.

В качестве температурных пределов применения некоторых всесезонных моторных масел можно ориентироваться на диаграмму, представленную на рис. 2.6.

5. Классификация и обозначение моторных масел

Государственный стандарт Республики Беларусь **ГОСТ 17479.1–2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение»** устанавливает классификацию и обозначение моторных масел для автомобилей, тракторов, тепловозов, сельскохозяйственной, дорожной, судовой и другой техники.

Обозначение моторных масел состоит из трех групп знаков:

- первая группа обозначается буквой М (моторное) и не зависит от состава и свойств масла;
- вторая группа обозначается цифрами, характеризующими класс моторного масла по

кинематической вязкости, которую определяют по ГОСТ 33.

третья группа обозначается прописными буквами и указывает на принадлежность масла к группе в зависимости от области его применения.

Классы моторных масел

В зависимости от температурных пределов работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные.

Основным эксплуатационным параметром для всех моторных масел является кинематическая вязкость, которую определяют при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

В зависимости от величины кинематической вязкости моторные масла подразделяют на классы:

- к зимним относят масла классов вязкости 3з, 4з, 5з, 6з, 6, 8;
- к летним относят масла классов вязкости 10, 12, 14, 16, 20, 24;
- к всесезонным относят масла, класс вязкости которых обозначают дробью — 3з/8; 4з/6; 4з/8 и т.д. Цифра в числителе указывает на принадлежность к одному из зимних классов, в знаменателе — к одному из летних классов. Буква «з» указывает на то, что масло содержит загущающую присадку.

В таблице 2.2 приведены классы вязкости моторных масел и значения кинематической вязкости при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

Таблица 2.2 — Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре	
	плюс 100 °С	минус 18 °С, не более
3з	Не менее 3,8	1250
4з	Не менее 4,1	2600
5з	Не менее 5,6	6000
6з	Не менее 5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	—
8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	—
10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	—
12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	—
14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	—
16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	—
20	Св. 16,3 до 21,9 включ.	—
24	Св. 21,9 до 26,1 включ.	—
3з/8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	1250
4з/6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	2600
5з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	6000
5з/12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	6000
5з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	6000
6з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	10400
6з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	10400
6з/16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	10400

В зависимости от области применения моторные масла делят на группы А, Б, В, Г, Д, Е (табл. 2.3).

Индекс «1» присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс «2» — маслам для дизелей.

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования (обозначаемые одинаковой буквой), не имеют индекса в обозначении.

Универсальные моторные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе — в бензиновых двигателях.

Примеры обозначения моторных масел:

М-8-В₁,

где М - моторное масло, 8 - класс вязкости, В₁ - масло для среднефорсированных бензиновых двигателей;

М-6₃/10-В,

где М - моторное масло, 6₃/10 - класс вязкости, В - универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей;

М-4₃/8-В₂Г₁,

где М - моторное масло, 4₃/8 - класс вязкости, В₂Г₁ - масло для использования как в среднефорсированных дизелях (В₂), так и в высокофорсированных бензиновых двигателях (Г₁).

Таблица 2.3 - Области применения моторных масел

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Малофорсированные дизели и бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
В	Среднефорсированные бензиновые двигатели и дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению. Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г ₁ .

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Высокофорсированные бензиновые и дизельные двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп Д ₁ и Д ₂ . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

Международная классификации моторных масел

Спецификация SAE

Спецификация **SAE (Society of Automotive Engineers - американская Ассоциация Автомобильных Инженеров)** основная классификация моторных масел, регламентирующая **вязкость масла**. Классы вязкости моторных масел по **SAE** приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Классы вязкости по SAE 3300:2013 для моторных масел

Класс вязкости по SAE	Вязкость, мПа·с, при низкой температуре, °С, не более	Предельная температура прокачиваемости, °С, не более	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Вязкость при высокой скорости сдвига при 150 °С, мПа·с
0W	6200 при минус 35	Минус 40	Не менее 3,8	—
5W	6600 при минус 30	Минус 35	Не менее 3,8	—
10W	7000 при минус 25	Минус 30	Не менее 4,1	—
15W	7000 при минус 20	Минус 25	Не менее 5,6	—
20W	9500 при минус 15	Минус 20	Не менее 5,6	—
25W	13000 при минус 10	Минус 15	Не менее 9,3	—
16	—	—	Св. 6,1 до 8,2 включ.	2,3
20	—	—	Св. 6,9 до 9,3 включ.	2,6
30	—	—	Св. 9,3 до 12,5 включ.	2,9
40	—	—	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,5 (классы 0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	—	—	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,7 (классы 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	—	—	Св. 16,3 до 21,9 включ.	3,7
60	—	—	Св. 21,9 до 26,1 включ.	3,7

Согласно классификации масел по вязкости SAE масла делят по вязкостным характеристикам на зимние масла SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (буква W означает «Winter» — зима) и летние масла SAE 16, 20, 30, 40, 50, 60.

Общим признаком для моторных масел всех классов служит кинематическая вязкость при 100 °С. Для зимних масел нормировано только минимальное значение кинематической вязкости, а для летних масел – пределы кинематической вязкости при 100 °С для каждого класса.

Всесезонным масло по низкотемпературной динамической вязкости соответствует одному из зимних классов, а по кинематической вязкости при 100 °С и динамической вязкости при 150 °С — одному из летних. В обозначении всесезонных масел сначала указывают один из зимних классов, а затем один из летних. Например, SAE 5W-40, SAE 10W-30.

Класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит проворачивание двигателя стартером, прокачивание масла насосом по смазочной системе двигателя при холодном пуске и надежное смазывание летом при длительной работе на максимальном скоростном и нагрузочном режиме.

В классификации SAE указывается параметр **HTHS (High-Temperature High-Shear)** расшифровывается как "вязкость при высоких температурах и высоких скоростях сдвига". Этот показатель отражает способность моторного масла сохранять прочность масляной пленки в условиях высоких температур и сильных нагрузок, которые характерны для работы двигателя в экстремальных режимах.

Основные аспекты HTHS:

Температура: испытание проводится при температуре 150°С, что имитирует условия работы в горячем двигателе.

Скорость сдвига: вязкость измеряется при высоких скоростях сдвига, что отражает воздействие на масло в зонах с высокой скоростью движения и трения, таких как зоны между поршнем и цилиндром или подшипниками коленчатого вала.

Значение HTHS

Высокая вязкость по HTHS указывает на прочную масляную пленку, которая хорошо защищает двигатель при нагрузках, но может влиять на расход топлива.

Низкая HTHS способствует снижению внутреннего трения, повышению топливной экономичности, но при этом масло менее стабильно при тяжелых нагрузках.

Для разных классов вязкости SAE обычно существуют минимальные значения HTHS, которые должны соблюдаться, чтобы масло соответствовало стандартам.

Классификация моторных масел по API

Классификация моторных масел по API (American Petroleum Institute) (Американский институт нефти) используется для определения их пригодности к применению в бензиновых и дизельных двигателях в зависимости от **их эксплуатационных характеристик**.

API разделяет масла на две основные категории:

1. **Категория S (Service)** – для бензиновых двигателей.
2. **Категория C (Commercial)** – для дизельных двигателей.

Каждая новая спецификация добавляется по мере появления новых требований к двигателям и повышения стандартов их работы, особенно в отношении экологии, долговечности и топливной экономичности.

Масла для бензиновых двигателей (категория S)

Каждая следующая буква алфавита в обозначении указывает на более новый стандарт. Самые актуальные категории масел для бензиновых двигателей:

- **API SJ** (введен в 1996 году): подходит для бензиновых двигателей, выпущенных до 2001 года. Повышенные требования к защите от образования отложений и износа.
- **API SL** (введен в 2001 году): добавлены требования к топливной экономичности и стойкости к окислению.
- **API SM** (введен в 2004 году): улучшена защита от износа, окисления и образования осадка. Совместим с двигателями, использующими топливо с низким содержанием серы.
- **API SN** (введен в 2010 году): повышена защита поршней от высокотемпературных отложений, улучшена защита турбонаддува и совместимость с системами контроля выбросов.
- **API SP** (введен в 2020 году): ориентирован на улучшение защиты от преждевременного воспламенения на малых оборотах (LSPI), используется в двигателях с прямым впрыском и турбонаддувом. Обеспечивает улучшенную защиту от окисления, износа и отложений.

Важно: Масла API SP могут заменять более ранние категории, такие как SN, SM и SL, если производитель допускает это для конкретного двигателя.

Масла для дизельных двигателей (категория C)

Для дизельных двигателей масла также делятся по возрастанию алфавитного порядка с улучшением эксплуатационных характеристик:

- **API CF** (введен в 1994 году): для двигателей с непрямым впрыском и для работы на топливе с высоким содержанием серы.
- **API CG-4** (введен в 1995 году): для четырехтактных дизельных двигателей, используемых в условиях повышенных нагрузок, с улучшенной защитой от высокотемпературных отложений.
- **API CH-4** (введен в 1998 году): соответствует требованиям к выбросам 1998 года, подходит для двигателей, работающих на топливе с низким содержанием серы.
- **API CI-4** (введен в 2002 году): предназначен для двигателей с системой рециркуляции выхлопных газов (EGR), поддерживает работу в условиях высоких температур и давлений.
- **API CJ-4** (введен в 2006 году): соответствует стандартам на выбросы 2007 года, снижает образование сажи и отложений, совместим с системами доочистки выхлопных газов, такими как сажевые фильтры.
- **API CK-4** (введен в 2016 году): разработан для современных низкоэмиссионных двигателей, уменьшает износ, устойчив к окислению и воздействию высоких температур. Совместим с биодизельным топливом.
- **API FA-4** (введен в 2016 году): улучшенный стандарт для уменьшения выбросов парниковых газов, используется в двигателях с высокой топливной экономичностью, имеет более низкую вязкость.

Эта классификация позволяет подобрать масло, которое оптимально подходит для определенного типа двигателя и условий эксплуатации, учитывая требования к долговечности, защите от износа и соблюдению стандартов экологичности.

Для масел, которые подходят как для бензиновых, так и для дизельных двигателей, в классификации API используются обозначения с двойным допуском, например, **API SN/CF** или **API SM/CF**. Это означает, что масло соответствует требованиям как для бензиновых (категория **S** — Service), так и для дизельных двигателей (категория **C** — Commercial).

Обозначения **API** для масел, подходящих для бензиновых и дизельных двигателей:

API SN/CF: Масло подходит для современных бензиновых двигателей (SN) и может использоваться в дизельных двигателях, соответствующих требованиям CF. Обеспечивает высокую защиту и стабильность при работе в высоких температурах, улучшенные антиокислительные свойства и защиту от отложений.

API SM/CF: Подходит для бензиновых двигателей уровня SM и дизельных двигателей уровня CF. Это масло обеспечивает повышенную защиту от износа и коррозии и имеет улучшенные антиоксидантные свойства.

API SL/CF: Подходит для бензиновых двигателей категории SL и дизельных двигателей категории CF. Может использоваться в более старых двигателях и предоставляет базовую защиту от коррозии и износа.

Классификация моторных масел по ACEA

Классификация моторных масел по **ACEA** (Association des constructeurs europeens d'automobiles) (**Ассоциация европейских производителей автомобилей**) предназначена для упрощения выбора подходящего масла в зависимости от типа двигателя, условий эксплуатации и экологических требований. Масла делятся на категории, каждая из которых имеет свои особенности, ориентированные на определенные типы двигателей — бензиновые, дизельные и коммерческие (грузовые).

Основные категории ACEA:

1. **A/B** — Масла для легковых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.
2. **C** — Масла для легковых автомобилей с системами доочистки выхлопных газов (катализаторами, сажевыми фильтрами).
3. **E** — Масла для тяжелых дизельных двигателей грузовых автомобилей и коммерческого транспорта.

Подкатегории и их описание:

A/B — Бензиновые и дизельные легковые двигатели:

- **A1/B1:** Низковязкие масла с малым коэффициентом трения для улучшенной топливной экономичности. Подходят для старых моделей двигателей, но не всегда совместимы с современными.
- **A3/B3:** Масла для тяжелых условий эксплуатации с высокой стабильностью и увеличенным интервалом замены. Применяются для высокопроизводительных бензиновых и дизельных двигателей.
- **A3/B4:** Для более современных и высоконагруженных бензиновых и дизельных двигателей, включая двигатели с прямым впрыском.

- **A5/B5:** Низковязкие масла, которые улучшают топливную экономичность, рассчитаны на высокопроизводительные двигатели, работающие в умеренных условиях с увеличенным интервалом замены.

С — Масла для двигателей с системами доочистки выхлопных газов:

Эти масла обладают низким содержанием золы, серы и фосфора, чтобы не повредить системы доочистки, такие как сажевые фильтры и катализаторы.

- **C1:** Низковязкие масла с очень низким содержанием серы и фосфора. Обеспечивают топливную экономичность и защищают системы доочистки.

- **C2:** Масла с низкой вязкостью и минимальным содержанием золы, сбалансированные по характеристикам экономичности топлива и защиты.

- **C3:** Масла с более высокой вязкостью, чем у C1 и C2, обеспечивают отличную защиту двигателя и его очистных систем, особенно в тяжелых условиях.

- **C4:** Масла с минимальным содержанием золы и серы, рассчитанные на двигатели с сажевыми фильтрами.

- **C5:** Масла с самой низкой вязкостью, обеспечивающие максимальную топливную экономичность и улучшенную защиту современных систем доочистки.

Е — Масла для тяжелых дизельных двигателей (коммерческий транспорт и грузовые автомобили):

Эти масла обеспечивают защиту для дизельных двигателей, работающих в условиях высоких нагрузок и длительных интервалов замены масла.

- **E4:** Масла для тяжелых условий эксплуатации с увеличенным интервалом замены. Подходят для высокопроизводительных двигателей, не оснащенных сажевыми фильтрами.

- **E6:** Масла с низким содержанием серы и фосфора, разработанные для двигателей с системами доочистки, включая сажевые фильтры.

- **E7:** Масла для дизельных двигателей без сажевых фильтров, обеспечивают отличную защиту от износа и образования отложений.

- **E9:** Масла с низким содержанием золы и улучшенной защитой от износа для двигателей с сажевыми фильтрами и высокой экологичностью.

Производители автомобилей указывают рекомендованное масло, исходя из конструкции двигателя и условий эксплуатации. Выбор масла по стандарту ACEA позволяет обеспечить максимальную защиту и продлить срок службы двигателя.

Допуски масел от автопроизводителей

Многие производители автомобилей разрабатывают собственные **допуски для моторных масел**, чтобы убедиться, что масла подходят для их конкретных двигателей и условий эксплуатации. Эти допуски включают специфические требования к составу, вязкости и добавкам масел, а также к их устойчивости к высоким температурам и нагрузкам. Эти требования могут отличаться от стандартов API, ACEA и SAE и являются обязательными для соблюдения гарантийных условий на автомобиль.

Примеры допусков масел от разных автопроизводителей:

1. Volkswagen (VW):

- **VW 502.00 / 505.00:** Подходит для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей. Используется для масел с увеличенным интервалом замены.

- **VW 504.00 / 507.00:** Современные допуски для бензиновых и дизельных двигателей, включая двигатели с сажевыми фильтрами (DPF). Эти масла имеют низкое содержание серы, фосфора и золы (Low SAPS).

- **VW 508.00 / 509.00:** Подходит для новых моделей, требует масел с ультранизкой вязкостью для улучшенной топливной экономичности.

2. Mercedes-Benz (MB):

- **MB 229.5:** Для двигателей с увеличенным интервалом замены масла. Подходит для бензиновых и дизельных двигателей.

- **MB 229.51:** Низкозольные масла для двигателей с сажевыми фильтрами и современными системами очистки выхлопных газов.

- **MB 229.52:** Усиленная версия 229.51 для повышения топливной экономичности и защиты систем очистки выхлопных газов.

Использование масла, соответствующего допускам производителя, обеспечивает:

- Правильную защиту от износа и отложений.
- Стабильную работу двигателя при различных температурах.
- Продление срока службы двигателя и соблюдение гарантийных обязательств.
- Соответствие нормам по выбросам и топливной экономичности.

6. Регенерация моторных масел

Регенерация (восстановление качества) отработанных масел и повторное их использование позволяют не только расширить топливно-энергетические ресурсы, но и предотвращают загрязнение окружающей среды.

В соответствии с ГОСТ 21046-2015 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия» все отработанные нефтепродукты делятся на **масла моторные отработанные (ММО)**, **масла индустриальные отработанные (МИО)** и **смеси нефтепродуктов отработанные (СНО)**.

Выход базового масла зависит как от глубины очистки, так и от технологии регенерации. При регенерации выход базовых масел составляет 70-85 % (по массе) на обезвоженное масло, содержащее около 5 % низкокипящих фракций (бензино-керосиновых и легких газойлевых). По групповому углеводородному составу и физико-химическим свойствам регенерированные масла близки соответствующим по марке свежим.

Для регенерации отработанных моторных масел применяют следующие технологические процессы:

- *физический*, предусматривающий отстаивание, фильтрацию, отгон топливных фракций, центрифугирование, промывку водой, вакуумную перегонку и др.;

- *физико-химический*, включающий коагуляцию загрязнений поверхностно-активными веществами или контактную очистку отбеливающими глинами и селективную очистку пропаном, фенолом, фурфуролом и др.;

- *химический*, включающий обработку сернокислотными или щелочными растворами или гидрогенизационное воздействие.

Тема 3. Трансмиссионные масла

1. Эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел, классификация, условия работы

Основное назначение **трансмиссионных масел** – смазка высоконагруженных зубчатых механизмов силовой передачи, подшипников и других деталей и узлов автомобилей. К трансмиссионным маслам предъявляются следующие *эксплуатационные требования* к трансмиссионным маслам.

Они должны обладать:

- пологой вязкостно-температурной кривой и сравнительно малой вязкостью в области отрицательных температур;
- высокими противоизносными, противозадирными и противо-питтинговыми свойствами;
- хорошей термической и термоокислительной стабильностью;
- стойкостью к образованию эмульсий с водой;
- высокой физической стабильностью в условиях длительного хранения;
- минимальным воздействием на резинотехнические уплотнительные материалы, лаки, краски и пластмассы.

Условия работы трансмиссионных масел

Зубчатые передачи работают с высокими удельными давлениями в местах контактов зубьев (600–1200 МПа, а в гипоидных до 4000 МПа), большими скоростями скольжения трущихся поверхностей (3–10 м/с, в гипоидных и червячных редукторах – до 20 м/с) и высокими, порядка 300–800 °С, температурами в точках контакта зубчатых колес. Температура масла в агрегатах трансмиссии достигает 120–150 °С. В этих условиях и наблюдается наиболее часто режим граничного трения.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла можно разделить на следующие группы:

- *универсальные*, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссий;
- *общего назначения* для цилиндрических, конических и червячных передач автомобилей;
- *для гипоидных передач* грузовых и легковых автомобилей; сочетание высокой скорости относительного скольжения профилей зубьев с высокими давлениями обуславливает крайне неблагоприятные условия трения, поэтому необходимы масла в высокоэффективными противозадирными присадками;
- *для гидромеханических передач*;
- *для гидрообъемных передач*.

В зависимости от климатических условий в перечисленные группы могут входить *летние, зимние, всесезонные, северные и арктические масла*, различающиеся вязкостно-температурными свойствами.

2. Эксплуатационные свойства трансмиссионных масел.

2.1. Смазывающая способность

Зубчатые передачи и другие сопряжения в трансмиссии автомобилей работают в ре-

жимах смешанного и граничного трения, поэтому важное значение приобретает **маслянистость (смазывающая способность)** трансмиссионного масла. Это свойство влияет на снижение износа и предотвращение задира.

Маслянистость трансмиссионных масел зависит во многом от состава полученного масла. Трансмиссионные масла содержат *естественные поверхностно-активные вещества*, влияющие на повышение смазывающих свойств и образующие на поверхности зубьев граничный слой адсорбированных молекул. Повышению смазочных свойств трансмиссионных масел способствует добавление *антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок*.

2.2. Вязкостно-температурные свойства.

Установлено, что вязкостно-температурные свойства трансмиссионных масел влияют на *способность бесперебойно смазывать трущиеся поверхности; возможность начала движения автомобилей при низких температурах внешней среды, когда масло приняло ее температуру; мощностные показатели агрегатов трансмиссии*.

Между вязкостью и потерями мощности в агрегатах трансмиссии автомобиля существует *прямая зависимость*. Чем меньше вязкость масла, тем меньше потери энергии на внутреннее трение, тем больше КПД трансмиссии. Поэтому *желательно иметь трансмиссионные масла с низкой вязкостью*.

При установившемся рабочем режиме вязкость должна быть достаточной для предотвращения износа при больших контактных нагрузках. *Нижний допустимый уровень вязкости масла должен быть не менее 5 мм²/с при достаточно надежном уплотнении картеров редукторов*.

Максимально допустимая вязкость (динамическая вязкость 300...600 Па·с) определяется величиной вязкости при минимальной рабочей температуре, допускающей свободное трогание автомобилей (без ущерба для зубчатых зацеплений и подшипников) без подогрева масла в агрегатах.

При применении трансмиссионных масел с хорошими низкотемпературными свойствами и минимально допустимой вязкостью при рабочей температуре снижается расход топлива особенно в период пуска и разогрева автомобиля.

Для получения масел с пологой вязкостно-температурной кривой в них добавляют *вязкостные присадки - полимеры* (полиизобутилен или полиметакрилат). *Загущающие низкомолекулярные полимеры* применяют и для приготовления универсальных всесезонных трансмиссионных масел. *Применение загущенных трансмиссионных масел - один из путей экономии топлива*, так как при работе на них по сравнению с незагущенными маслами потери мощности значительно ниже: снижаются гидравлические потери, возрастает к.п.д. трансмиссии автомобилей, что обеспечивает меньший расход топлива.

2.3. Противокоррозионные свойства.

В результате химического взаимодействия цветных металлов, из которых изготавливают ряд деталей агрегатов трансмиссии, с кислыми продуктами (образуются в процессе окисления масла) возникают коррозионные процессы. Коррозию медных деталей могут вызвать также входящие в состав трансмиссионных масел *противозадирные и противоизносные присадки*. Повышенные рабочие температуры масел усиливают этот процесс.

Специальные противокоррозионные присадки, вводимые в масло, могут ослабить коррозионные процессы и даже предупредить их. Механизм действия непосредственно противокоррозионных присадок основывается на их способности создавать на поверхности металла защитные пленки, которые исключают прямой контакт с ними агрессивных продуктов и одновременно пассивируют металл.

Поскольку антиокислительные и моющие присадки тормозят процессы окисления (снижается концентрация в масле агрессивных продуктов) или нейтрализуют уже образовавшиеся кислые вещества, их можно рассматривать и как противокоррозионные.

2.4. Защитные свойства.

Концентрация воды в трансмиссионных маслах во время эксплуатации автомобилей может достигать 8%. *Причин обводнения масла* несколько: во внутренние полости через зазоры в уплотнениях и сапуны поступает воздух, содержащий пары воды; неплотности в системах охлаждения редукторов. Наличие воды приводит к возникновению электрохимической коррозии. В процессе эксплуатации и хранения агрегатов трансмиссии с ней борются, вводя в смазочные масла *защитные присадки – ингибиторы коррозии*. Они создают на поверхности металла прочную адсорбционную или хемосорбционную пленку. Отличие защитных присадок от противокоррозионных состоит в их устойчивости к действию не только органических кислот, но и воды.

3. Классификация и маркировка трансмиссионные масла.

Государственный стандарт Республики Беларусь **ГОСТ 17479.2–2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение»** устанавливает классификацию и обозначение трансмиссионных масел для агрегатов трансмиссий автомобилей, тракторов, тепловозов, сельскохозяйственных, дорожных, строительных машин и судовой техники.

Настоящий стандарт не распространяется на масла, используемые в зубчатых передачах промышленного оборудования, а также на масла для гидромеханических и гидрообъемных передач.

Стандарт соответствует международному документу SAE J306:2005 Surface vehicle standard. Automative gear lubricant viscosity classification (Наземные транспортные средства. Классификация автомобильных трансмиссионных масел по вязкости).

Обозначение трансмиссионных масел состоит из групп знаков:

- первая группа знаков - буквы ТМ (трансмиссионное масло), она не зависит от состава и свойств масла;
- вторая группа знаков - цифры, характеризующие принадлежность масла к группе в зависимости от области его применения;
- третья группа знаков - цифры, характеризующие класс трансмиссионного масла в соответствии с величиной вязкости, которую определяют при высокой температуре по ГОСТ 33 и при низкой температуре по ГОСТ 1929.

Допускается в обозначении класса трансмиссионного масла в скобках указывать класс трансмиссионного масла в соответствии с классификацией SAE J306

В зависимости от области применения трансмиссионные масла подразделяют на пять групп, которые приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Группы трансмиссионных масел

Группа трансмиссионного масла по области применения	Состав трансмиссионного масла	Рекомендуемая область применения
1	Трансмиссионные масла без присадок	Цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме не выше 90 °С
2	Трансмиссионные масла с противоизносными присадками	Цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме 130 °С
3	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спиральноконические передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С
4	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150°С
5	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С

Допускается при обозначении масла в скобках указывать примерную группу трансмиссионного масла в соответствии с классификацией API

В зависимости от значения кинематической вязкости, измеренной при температуре 100 °С и температуре, при которой динамическая вязкость не превышает 150000 мПа с, трансмиссионные масла подразделяют на классы, указанные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Классы трансмиссионных масел

Класс трансмиссионного масла	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150000 мПа-с, °С, не выше
5з	Св. 4,1	-55
9з	Св. 7,0	-40
12з	Св.11,0	-26
18з	Св.13,5	-12
9	Св. 7,0 до 11,0 включ.	—
12	Св. 11,0 до 13,5 включ.	—
18	Св.13,5 до 24,0 включ.	—
34	Св. 24,0 до 41,0 включ.	—

В зависимости от сезона эксплуатации трансмиссионные масла подразделяют на зимние, летние и всесезонные, которые обозначают:

- для эксплуатации в зимнее время - числовым значением с буквой «з» (зимнее).

Например, «9з»;

- для эксплуатации в летнее время - только численным значением. Например, «18»;

- для всесезонной эксплуатации - дробью, при этом цифра в числителе указывает на низкотемпературные свойства масла, цифра в знаменателе - на высокотемпературные свойства масла.

Примеры обозначений

ТМ-3-18 (мунa GL-3 по API, SAE 90),

где ТМ - трансмиссионное масло;

3 - группа масла по области применения трансмиссионного масла в соответствии с таблицей 3.1;

18 - класс вязкости летнего трансмиссионного масла в соответствии с таблицей 3.2, которому при температуре 100 °С соответствует кинематическая вязкость в пределах от 13,5 до 24 мм²/с. В скобках указана примерная принадлежность трансмиссионного масла к группе по API и классу SAE.

ТМ-5-9з/18 (мунa GL-5 по API, SAE 75W-90),

где ТМ - трансмиссионное масло;

5 - группа масла по области применения трансмиссионного масла в соответствии с таблицей 3.1;

9з/18 - класс вязкости всесезонного трансмиссионного масла в соответствии с таблицей 3.2, в обозначении которого первая цифра обозначает низкотемпературные свойства масла (т.е. масло гарантированно работоспособно до температуры минус 40 °С, так как динамическая вязкость масла при этой температуре не превышает 150000 мПа·с), а вторая - высокотемпературные свойства масла (т.е. кинематическая вязкость масла при температуре 100 °С находится в пределах от 13,5 до 24 мм²/с). В скобках указана примерная принадлежность трансмиссионного масла к группе по API и классу SAE.

Классификация трансмиссионных масел по SAE и API

Классификация трансмиссионных масел по SAE J306:2005 приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3- Классификация трансмиссионных масел по SAE J306:2005

Класс вязкости по SAE J306	Температура для вязкости 150000 мПа·с, °С, не выше	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт), не ниже	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт), не выше
70 W	- 55	4,1	—
75W	-40	4,1	—
80W	-26	7,0	—
85W	-12	11,0	—
80	—	7,0	11,0
85	—	11,0	13,5
90	—	13,5	18,5
110	—	18,5	24,0
140	—	24,0	32,5

190	—	32,5	41,0
250	—	41,0	—

Примеры обозначения трансмиссионных масел в соответствии с классификацией SAE J306:2005:

SAE 75W- обозначение трансмиссионного масла для эксплуатации в зимнее время.

SAE 80 - обозначение трансмиссионного масла для эксплуатации в летнее время.

SAE 75W-90 - обозначение трансмиссионного масла для всесезонной эксплуатации, в котором первая цифра класса вязкости (75W) обозначает низкотемпературные свойства масла (то есть динамическая вязкость масла не превышает 150000 мПа·с при температуре минус 40 °С), а вторая (90) - высокотемпературные свойства масла (т. е. кинематическая вязкость масла при температуре 100 °С находится в пределах от 13,5 до 18,5 мм²/с).

Примерное соответствие обозначений групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–2015 классификациям по API и SAE J306:2005 приведено в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 - Примерное соответствие групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–2015 группам по API

Группа трансмиссионного масла по ГОСТ 17479.2–2015	Группа трансмиссионного масла по API
TM-1	GL-1
TM-2	GL-2
TM-3	GL-3
TM-4	GL-4
TM-5	GL-5

Таблица 3.5 - Примерное соответствие классов вязкости трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–2015 классам вязкости по SAE J306:2005

Класс вязкости трансмиссионного масла по ГОСТ 17479.2–2015	Класс вязкости трансмиссионного масла по SAE J306:2005
5з	70W
9з	75W
12з	80W
18з	85W
9	80
12	85
18	90-110
34	140-190

Система сертификации **MIL** (United States Military Standard - система стандартов Мини-

стерства обороны США) может применяться как для военных, так и для гражданских отраслей. Для трансмиссионных масел выделяется пять групп спецификаций: MIL-L-2105A (масла для коробок передач автомобилей, сопоставимо с требованиями по API GL-4); MIL-L-2105B (масла для гипоидных передач, сопоставимо с требованиями API GL-5); MIL-L-2105C (всесезонные трансмиссионные масла классов вязкости 75W, 80W/90 и 85W/140, превосходящие спецификацию MIL-L-2105B, сопоставимо с API GL-5); MIL-L-2105D (всесезонные трансмиссионные масла, превосходящие спецификацию MIL-L-2105C, сопоставимо с API GL-5) и MIL-L-2105E (всесезонные трансмиссионные масла, превосходящие спецификацию MIL-L-2105D, сопоставимо с API GL-5, содержит дополнительные требования API MT-1).

Система сертификации ZF (Zahnradfabrik Friedrichshafen - крупнейшая в Европе организация по производству силовых установок и трансмиссионных блоков для автомобилей) разрабатывает собственные спецификации для каждой группы компонентов трансмиссии: TE-ML 01 - TE-ML 14 (КПП, гидротрансформаторы и т. п.).

4. Масла для гидромеханических передач (ГМП) автомобилей

Основными функциями масел в ГМП являются: передача мощности от двигателя к ходовой части автомобиля; смазка узлов и деталей коробки передач; циркуляция в системе управления ГМП; передача энергии для включения фрикционных муфт ГМП; охлаждение деталей узлов и механизмов агрегата. Особенности конструкции ГМП *предъявляют к маслу жесткие, порой противоречивые требования*. Основные физико-химические и эксплуатационные свойства масел отечественного производства для гидромеханических передач приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Характеристики отечественных масел для гидромеханических передач

Наименование показателей	Марка масла	
	А (для гидромеханических передач)	Р (для гидрообъемных передач)
Вязкость кинематическая, мм ² /с при: 100 °С 50 °С	7,8 23 - 30	3,8 12 - 14
Температура вспышки, °С, не ниже	175	163
Температура застывания, °С, не выше	- 40	- 45
Эксплуатация при температуре, °С, не ниже	- 30	- 40
Класс вязкости по SAE	75W	-
Группа свойств по API	GL-2	GL-2

Таблица 3.2 - Рекомендации по применению марок масел для гидромеханических передач

Марка масла	Возможные заменители	Область применения
Масло марки «Р»	А	Гидроусилители руля и гидрообъемные передачи автомобилей при эксплуатации при температуре до -35 °С
МГТ	-	Гидромеханические коробки передач при эксплуатации при температуре от +50 до -50 °С
Масло марки «А»	Р	Гидротрансформаторы и автоматические коробки передач автомобилей при эксплуатации при температуре окружающей среды до -35 °С. Масло всесезонное

Обозначение масел для гидромеханических передач

Ввиду специфических требований к маслам для автоматических гидравлических передач эти масла иногда называют жидкостями **ATF (Automatic Transmission Fluids)**.

Крупнейшие производители гидромеханических коробок передач разработали спецификации для автоматических трансмиссионных жидкостей.

Основные стандарты и классификации ATF:

1. Dexron (GM):

- **Dexron II:** Старый стандарт, разработанный General Motors (GM) для автоматических трансмиссий. Улучшенная версия Dexron II-D и Dexron II-E включали улучшенные антиокислительные свойства и стабильность при высоких температурах.
- **Dexron III:** Более современный стандарт, обладающий улучшенными антиокислительными, антипенными и противоизносными свойствами. Подходит для большинства АКПП, выпущенных до 2005 года.
- **Dexron VI:** Текущий стандарт GM с пониженной вязкостью для более плавного переключения передач, улучшенной топливной экономичности и совместимостью с более высокими температурами. Dexron VI подходит для большинства современных автомобилей GM и некоторых других марок.

2. Mercon (Ford):

- **Mercon:** Оригинальный стандарт ATF, разработанный Ford. Использовался в более старых моделях Ford и Mazda.
- **Mercon V:** Улучшенная версия, подходящая для автомобилей с высокими требованиями к защите от износа и плавности переключения передач.
- **Mercon LV (Low Viscosity):** Стандарт с низкой вязкостью для современных трансмиссий, требующих повышенной топливной экономичности и плавного переключения.
- **Mercon ULV (Ultra Low Viscosity):** Разработан для новых автоматических трансмиссий Ford 10R80 с ультранизкой вязкостью, повышенной топливной экономичностью и защитой от износа.

3. Toyota T-IV и WS:

- **Toyota T-IV:** Спецификация для автоматических трансмиссий Toyota, которая обеспечивает стабильность и защиту в тяжелых условиях эксплуатации. Использовалась на более ранних моделях.

- **Toyota WS (World Standard):** Стандарт для более современных трансмиссий Toyota. Жидкость с низкой вязкостью, улучшающей топливную экономичность и устойчивость к высоким температурам.

4. ATF+ (Chrysler):

- **ATF+3 и ATF+4:** Спецификации от Chrysler для своих автоматических трансмиссий. ATF+4 — самая распространенная, она обладает улучшенной устойчивостью к окислению, более высокой текучестью при низких температурах и защитой от износа. ATF+4 подходит только для трансмиссий Chrysler и не является совместимой с Dexron или Mercon.

5. ZF LifeguardFluid (ZF Friedrichshafen):

- **ZF LifeguardFluid:** Различные виды жидкости (например, LifeguardFluid 5, 6, 8) разработаны для трансмиссий ZF, используемых в автомобилях BMW, Audi, Jaguar, Land Rover и других марках. Обеспечивает высокую стойкость к окислению, защиту от износа и совместимость с трансмиссиями ZF.

6. Honda ATF:

- **Honda ATF-Z1:** Спецификация Honda для автоматических трансмиссий, используемых в старых моделях.

- **Honda ATF DW-1:** Обновленный стандарт с улучшенной текучестью при низких температурах, защитой от износа и повышенной топливной экономичностью. DW-1 не заменяет ATF-Z1 и используется только в современных моделях.

7. JWS (JASO 1A):

- **JWS 3309, JWS 3324 и другие:** Стандарты для азиатских марок, таких как Toyota, Lexus, Mazda, Volvo, и некоторых моделей Ford и GM. Эти стандарты требуют устойчивости к высоким температурам и защиты от износа в трансмиссиях с повышенными требованиями к стабильности.

Дополнительные характеристики ATF:

Помимо совместимости с трансмиссией, ATF-жидкости также классифицируются по:

- **Вязкости:** Вязкость влияет на плавность переключения передач и защиту от износа. Современные стандарты (например, Dexron VI, Mercon LV) имеют более низкую вязкость для лучшей топливной экономичности.

- **Устойчивости к окислению:** Жидкости с высоким уровнем антиокислительных добавок дольше сохраняют свои свойства при высоких температурах, что важно для современных коробок передач с повышенными температурами работы.

- **Термостабильности и антипенным свойствам:** Они предотвращают образование воздушных пузырей, что особенно важно при высоких скоростях и повышенных нагрузках.

Выбор ATF-жидкости должен основываться на спецификациях, рекомендованных производителем автомобиля, так как неподходящая жидкость может вызвать проблемы с переключением передач и повредить трансмиссию.

Тема 4. Масла для гидравлических систем.

1. Условия работы.

Гидравлические масла, являясь рабочим телом в гидросистемах автомобильной техники (в гидравлических приводах систем управления, в подъемных устройствах автомобилей-самосвалов, дополнительном оборудовании), передают мощности и приводят в действие различные агрегаты и механизмы, а также предохраняют трущиеся детали от износа, отводят избыточное тепло и удаляют продукты износа и загрязнения.

Гидравлическим маслам характерны также условия работы, как большие перепады температур - от -30...-40 до +50...+80 °С; давление в системе 10–15 МПа; скорость скольжения до 20 м/с; контакт с черными и цветными металлами, уплотнениями и шлангами при высоких давлениях и температурах.

2. Эксплуатационные требования.

Гидравлические масла должны иметь:

- хорошие низкотемпературные свойства (их температура застывания должна быть ниже на 5-10 °С температуры окружающего воздуха в начальный период работы гидросистемы);

- хорошие вязкостно-температурные свойства (для быстрого срабатывания гидроузла вязкость не должна быть высокой, а с другой стороны - должна быть на достаточном уровне) для обеспечения плавности хода и предотвращения износа;

- хорошие смазывающие свойства и свойства, не допускающие коррозии металлов и сплавов, а также разрушения уплотнений;

- хорошие антипенные свойства (способность жидкости выделять воздух без образования пены);

- хорошую стабильность при эксплуатации и хранении, отсутствие воды и механических примесей.

Чаще всего для заполнения гидросистем в качестве жидкости используются маловязкие нефтяные масла или их смеси. Иногда добавляются вязкостные, противоизносные и антиокислительные присадки.

3. Классификация гидравлических масел.

Государственный стандарт Республики Беларусь **ГОСТ 17479.3-85 «Масла гидравлические. Классификация и обозначение»** устанавливает классификацию и обозначение гидравлических масел, применяемых в гидростатических системах летательных аппаратов, подвижной наземной, судовой техники и других механизмах, эксплуатируемых на открытом воздухе.

Обозначение гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами МГ (минеральное гидравлическое); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости; третья — обозначается буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

Пример обозначения гидравлических масел: **МГ-15-В**, где МГ - минеральное гидравлическое масло; 15 - класс вязкости; В - группа масла по эксплуатационным свойствам.

В зависимости от кинематической вязкости при температуре 40 °С гидравлические масла делят на классы, указанные в табл. 4.1, а по эксплуатационным свойствам – на

группы (см. табл.4.2). Соответствие обозначения гидравлических масел приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.1 – Класс вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40 °С, мм ² /с
5	4,14-5,06
7	6,12-7,48
10	9,00-11,00
15	13,50-16,50
22	19,80-24,20
32	28,80-35,20
46	41,40-50,60
68	61,20-74,80
100	90,00-110,00
150	135,00-165,00

Таблица 4.2 - Группы гидравлических масел по эксплуатационным свойствам

Группа масла		Состав масел	Рекомендуемая область применения
по ГОСТ 17479.3-85	по ИСО 6074-4-82		
А	НН	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Гидросистемы с шестеренными поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до 80 °С
Б	Н	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противозносными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 80 °С
В	НМ	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90 °С
Масла группы В с загущающей присадкой	НV		

Примечание. Допускается введение в гидравлические масла загущающих (вязкостных) и антипенных присадок.

Таблица 4.3 – Соответствие гидравлических масел по ГОСТ 17479.3-85 принятым в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
МГ-22-Л	ЛУ	ТУ 38.1011232
МГ-32-Л	ЭШ	ГОСТ 10363
МГ-32-Л	МОВС	ОСТ 38.01150
МГ-5-Б	МГЕ-4Л	ОСТ 38.01281
МГ-5-Б	ЛЗ-МГ-2	ТУ 38.101328
МГ-7-Б	РМ	ГОСТ 15819
МГ-10-Б	РМЦ	ГОСТ 15819
МГ-15-Б	ЛМГ-10	ГОСТ 6794
МГ-22-Б	ЛУП	ТУ 38.1011258
МГ-46-Б	МГ-30	ТУ 38.10150
МГ-15-В(с)	ВМГЗ	ТУ 38.101479
МГ-15-В	МГЕ-10Л	ТУ 38.101572
МГ-22-В	«Р»	ТУ 38.101179
МГ-46-В	МГЕ-46В(МГ-30У)	ТУ 38.001347
МГ-68-В	МГ-8Л(М-8Л)	ТУ 38.1011135

Стандарт на гидравлические масла **ISO 11158** (International Organization for Standardization - Международная организация по стандартизации) «Смазки, промышленные масла и соответствующие продукты (класс L). Группа Н (гидравлические системы). Технические условия на категории НН, НL, НМ, НR, НV и НG» подразделяет масла на 7 классов, имеющих различные присадки и свойства:

- 1) ISO-L-НН: не ингибированные минеральные;
- 2) ISO-L-НL: с антикоррозионными и антиокислительными свойствами;
- 3) ISO-L-НМ: с противоизносными присадками;
- 4) ISO-L-НR: масло НL с высоким индексом вязкости;
- 5) ISO-L-НV: масло НМ с высоким индексом вязкости;
- 6) ISO-L-НS: не огнестойкие синтетические гидрожидкости;
- 7) ISO-L-НG: с антискачковым эффектом для комбинации гидравлика - направляющие.

Классификация гидравлических масел по стандарту **DIN 51524** (Deutsches Institut für Normung - немецкий институт по стандартизации) описывает требования к гидравлическим маслам, используемым в различных системах гидроприводов и гидрооборудования. Этот стандарт классифицирует масла по типам, в зависимости от их состава, назначения и эксплуатационных характеристик. В DIN 51524 выделяются три основные категории гидравлических масел:

Классификация гидравлических масел по DIN 51524:

HLР — гидравлические масла с противоизносными и антикоррозионными добавками:

HLP — это наиболее распространенный тип гидравлического масла, в состав которого включены присадки для повышения устойчивости к износу, коррозии и окислению. Используется в гидравлических системах под высоким давлением и при значительных механических нагрузках. Это могут быть промышленные гидропрессы, экскаваторы, подъемные краны и другое тяжелое оборудование. Противоизносные свойства, которые защищают поверхности от износа при контакте металла с металлом. Антикоррозионные и антиокислительные свойства для долговечности в тяжелых условиях эксплуатации. Хорошие демульгирующие свойства (способность отделять воду), что особенно важно для оборудования, работающего в условиях высокой влажности.

HL — гидравлические масла с антикоррозионными и антиокислительными присадками:

HL — базовые гидравлические масла, содержащие антикоррозионные и антиокислительные добавки, но без выраженных противоизносных свойств, характерных для категории HLP. Рекомендуется для менее нагруженных гидравлических систем и в условиях, когда отсутствуют высокие давления и интенсивные механические нагрузки. Подходит для более простых гидросистем, насосов, где возможны стандартные режимы эксплуатации. Устойчивость к коррозии, что предотвращает ржавчину и окисление внутренних частей. Обеспечивает базовую защиту от окисления масла, продлевая срок службы. Менее выраженные противоизносные свойства, чем у категории HLP.

HVLP — гидравлические масла с улучшенной вязкостной стабильностью и противоизносными добавками:

HVLP — это гидравлические масла, схожие по составу с HLP, но с улучшенной вязкостно-температурной стабильностью, что позволяет им сохранять свои свойства при значительных изменениях температуры. Подходят для использования в условиях, где происходят большие колебания температуры, например, в условиях внешней среды или на открытых производствах. Подходит для тяжелого оборудования, работающего в условиях холодного и теплого климата. Высокий индекс вязкости, что помогает поддерживать стабильные характеристики в широком диапазоне температур. Противоизносные и антикоррозионные добавки для защиты при высоких нагрузках. Обладает хорошей стойкостью к окислению и стабилен в условиях высокой влажности.

Таблица 4.4 – Характеристика гидравлических масел по DIN 51524

Класс масла	Присадки	Устойчивость к температуре	Применение
HL	Антикоррозионные и антиокислительные	Средняя	Менее нагруженные системы
HLP	Противоизносные, антикоррозионные и антиокислительные	Средняя	Высоконагруженные системы, стандартные температуры
HVLP	Противоизносные, антикоррозионные и антиокислительные	Высокая	Высоконагруженные системы при колебаниях температуры

Тема 5. Пластичные смазки

1. Область применения, структура

Преимущества пластичных смазок перед маслами: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, т. е. отсутствие текучести при малых и средних нагрузках; лучшие смазочные и защитные свойства, высокая экономичность. *Недостатки* пластичных смазок – плохая охлаждающая способность трущихся поверхностей, отсутствие выноса продуктов износа из зоны трения, сложность подачи к узлу трения.

Пластичная смазка – это коллоидная система, состоящая из двух компонентов: *масляной основы* (минерального, синтетического, растительного или другого масла) и *твердого загустителя* (мыльного, углеводородного, неорганического или органического), кристаллы которого образуют структурный каркас. Смазки обычно содержат стабилизатор структуры и присадки, нередко и различные наполнители (графит, дисульфид молибдена, порошкообразные металлы или их оксиды и др.). Содержание загустителя в смазках составляет 10...20 %.

2. Эксплуатационные свойства

Основные эксплуатационные свойства пластичных смазок:

- Предел прочности на сдвиг;
- Вязкость;
- Механическая стабильность (способность смазки противостоять разрушению);
- Термическая стабильность (способность смазки сохранять свои свойства без изменения при повышенных температурах);
- Коллоидная стабильность;
- Химическая стабильность (стойкость смазок противостоять окислению при хранении и эксплуатации);
- Водостойкость;
- Способность предотвращать фреттинг-коррозию.

Данные эксплуатационные свойства оцениваются следующими *показателями*.

Предел прочности — это минимальное удельное напряжение, которое нужно приложить к смазке, чтобы изменить ее форму и сдвинуть один слой смазки относительно другого. Предел прочности зависит от температуры смазки — с повышением температуры он уменьшается. Этот показатель характеризует способность смазки удерживаться в узлах трения, противостоять сбросу под влиянием инерционных сил. Для рабочих температур предел прочности не должен быть ниже 300—500 Па.

Пенетрация — условный показатель механических свойств смазок, численно равный глубине погружения в них конуса стандартного прибора за 5 с. Число пенетрации характеризует густоту смазок и колеблется от 170 до 420. По числу пенетрации смазкам присвоено 9 классов консистенции (на оценке консистенции основана Международная классификация пластичных смазок NLGL (National Grease Institute, USA)).

Температура каплепадения

В пластичной смазке при нагревании происходит необратимый процесс разрушения кристаллического каркаса, и смазка становится текучей. Переход из пластичного состояния в жидкое условно выражают **температурой каплепадения**, т. е. температурой, при

которой из стандартного прибора при нагревании падает первая капля смазки. Температура каплепадения смазок зависит от вида загустителя и его концентрации.

По температуре каплепадения смазки делят на *тугоплавкие (Т)*, *среднеплавкие (С)* и *низкоплавкие (Н)*. Тугоплавкие смазки имеют температуру каплепадения выше 100 °С; низкоплавкие — до 65 °С. Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна превышать температуру рабочего узла на 15—20 °С.

Эффективная вязкость

Вязкость смазки при определенной температуре и скорости перемещения называется **эффективной вязкостью** и рассчитывается по формуле

$$\eta_{эф} = \tau / D,$$

где τ — напряжение сдвига; D — градиент скорости сдвига.

Показатель вязкости имеет большое практическое значение. Он определяет возможность подачи смазок и заправки в узлы трения с помощью различных заправочных устройств. Вязкость смазки определяет также расход энергии на ее перекачку при перемещении смазанных деталей.

Коллоидная стабильность — это способность смазки сопротивляться расслаиванию.

Водостойкость — это способность смазки противостоять размыву водой. Растворимость смазки в воде зависит от природы загустителя. Наилучшей водостойкостью обладают парафиновые, кальциевые и литиевые смазки. Натриевые и калиевые — водорастворимые смазки.

3. Классификация пластичных смазок

Классификация по составу.

Так как, дисперсная фаза (загуститель) оказывает определяющее влияние на структуру и свойства смазок, поэтому по типу загустителя смазки принято подразделять на четыре группы:

1. Смазки мыльные – загустителем в этих смазках являются соли высших (жирных) кислот. Эти смазки широко применяются на автомобилях. Смазки этой группы подразделяются по катиону мыла на алюминийевые (Al), бариевые (Ba), калиевые (K), кальциевые (Ca), литиевые (Li), натриевые (Na), свинцовые (Pb), цинковые (Zn). Катион мыла оказывает влияние на температурный диапазон применения.

Смазки, приготовленные на смешанных мылах, обозначаются двойным обозначением, например, натриево-кальциевые (Na-Ca).

2. Смазки на неорганических загустителях. К этой группе относятся смазки, в которых загустителем являются термостабильные с развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества. К ним относятся силикагелевые (Si), бентонитовые (Bn), графитные (C) и другие неорганические загустители.

3. Смазки на органических загустителях. Загустителем в органических смазках являются термостабильные, высокодисперсные органические вещества. К этой группе смазок относят полимерные, полимочевинные, сажевые и другие.

4. Углеводородные смазки. В качестве загустителя в углеводородных смазках являются высокоплавкие углеводороды – петралатум, церезин, парафин, озокерит, природные и синтетические воски.

По типу дисперсионной среды (масла) смазки делят на смазки на нефтяных, синтетических и растительных маслах.

Классификация по назначению (по области применения).

Государственный стандарт Республики Беларусь **ГОСТ 23258-78 «Смазки пластичные. Наименование и обозначение»** распространяется на пластичные смазки и устанавливает их наименование и обозначение.

По области применения в соответствии с ГОСТ 23258-78 смазки разделяют на четыре группы: антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные.

Смазки антифрикционные предназначены для снижения износа и трения сопряженных деталей. Они делятся на подгруппы: С – общего назначения; О – для повышенной температуры; М – многоцелевые; Ж – термостойкие (узлы трения с рабочей температурой более 150 °С); Н – низкостойкие (узлы трения с рабочей температурой не более 40 °С); И – противозадирные и противопенные; Х – химически стойкие; П – приборные; Т – редукторные (трансмиссионные); Д – приработочные пасты; У – узкоспециализированные.

Смазки консервационные (защитные) (обозначаются буквой «З») предназначены для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации механизмов.

Смазки уплотнительные, герметизирующие зазоры и неплотности узлов и деталей. Они делятся на подгруппы: А – арматурные (для манжет); Р – резьбовые; В – вакуумные (для уплотнения в вакуумных системах).

Канатные смазки (обозначаются буквой «К») служат для предотвращения коррозии и износа стальных канатов.

4. Маркировка смазок.

Условное обозначение каждой смазки состоит из ее наименования (солидол, графитная и т.д.) и индексов, в краткой форме сообщающих о назначении смазки, ее характеристике и составе. Индексное обозначение состоит из пяти буквенных и цифровых индексов, расположенных в следующем порядке:

- указатель группы или подгруппы в соответствии с назначением смазки;
- загуститель;
- температурный интервал применения;
- дисперсионная среда; консистенция смазки.

Тип загустителя (индекс) обозначают буквами русского алфавита: М – мыла (Ба – бариное; Ли – литиевое; Ка – кальциевое и т.д.); Т – углеводороды твердые; О – органические вещества; Н – неорганические вещества и т. д.

Температурный интервал применения обозначают дробью, цифры которой соответствуют температуре, уменьшенной в 10 раз. Например, **3/13** означает, что данная смазка может работать в интервале температур от –30 до +130 °С.

Минимальной считают температуру, при которой вязкость смазки не превышает 2000 Па·с. Тип дисперсионной среды обозначают следующими индексами: нефтяное масло – **н**, синтетические углеводороды – **у**, сложные эфиры – **э**, фторсилиоксаны – **ф**, кремнийорганические жидкости – **к**, прочие масла и жидкости – **п**.

Наличие в смазке твердых добавок обозначают буквами: графит – г, дисульфид молибдена – д, порошки свинца – с, порошки меди – м, порошки цинка – ц. Прочие твердые добавки – т.

Класс консистенции пластичной смазки обозначают арабской цифрой. По числу пénéтрации смазкам присвоено 9 классов консистенции.

Примеры обозначения смазок и их расшифровка:

Литол-24 МЛи 4/13-3, где **М** – многоцелевая смазка; **Ли** – загуститель – литиевое мыло; **4/13** – температурный диапазон применения от -40 до +130 °С; **3** – класс консистенции (пénéтрация при 25 °С составляет 220...250);

Солидол Ж Ска 2/7-2, где **С** – антифрикционная смазка общего назначения, применяемая при температуре до 70 °С (солидол); **Ка** – загуститель – кальциевое мыло; **2/7** – рекомендуемый температурный диапазон применения от -20 до +70 °С; индекс дисперсионной среды отсутствует, следовательно, смазка приготовлена на нефтяном масле; **2** – класс консистенции смазки (пénéтрация при 25 °С составляет 265...295).

5. Государственный стандарт Республики Беларусь ГОСТ ISO 6743-9—2013 «Материалы смазочные, промышленные масла и родственные продукты (КЛАСС L). Классификация. Часть 9. Группа X(смазки)»

Стандарт ГОСТ ISO 6743-9—2013 идентичен ISO 6743-9:2003 «Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Classification — Part 9: Family X (Greases)» (ISO 6743-9:2003 «Материалы смазочные, промышленные масла и родственные продукты (класс L) — Классификация — Часть 9. Группа X (смазки)», IDT).

Стандарт распространяется на категории смазочных материалов, используемых для смазки оборудования, деталей машин, транспортных средств и т. д. Смазки классифицированы согласно условиям эксплуатации, при которых они используются.

Полное обозначение смазки содержит:

- аббревиатуру ISO;
- букву L для класса «смазочных материалов, промышленных масел и родственных продуктов»;
- категорию смазки из пяти букв, где каждая буква и порядок ее написания имеет конкретное значение:
 - буква X для группы смазок;
 - минимальную температуру эксплуатации (символ 1);
 - максимальную температуру эксплуатации (символ 2);
 - смазывающую способность в присутствии воды и уровень антикоррозионных свойств (символ 3);
 - смазывающую способность смазки при высоких нагрузках (символ 4);
 - класс консистенции NLGI, выраженный цифрой или числом, соответствующим консистенции смазки, измеренной степенью пénéтрации согласно ISO 2137.

Обязательным является порядок написания букв, приведенный в таблице 5.1.

Пример — Смазка, используемая при следующих условиях эксплуатации:

- *минимальная температура эксплуатации — минус 20 °С;*
- *максимальная температура эксплуатации — плюс 160 °С;*
- *условия окружающей среды загрязнение водой — промывка водой;*
- *защита от коррозии — отсутствует;*

- сверхвысокое давление (EP) — присутствует;
- класс NLGI по консистенции — 00,
будет иметь обозначение — **ISO-L-XBEGB 00**.

Таблица 5.1 — Порядок букв при обозначении смазок

ISO	L	X	Символ 1	Символ 2	Символ 3	Символ 4	Класс NLGI
Аббревиатура ISO	Класс смазочных материалов	Группа смазок	Минимальная температура эксплуатации	Максимальная температура эксплуатации	Загрязнение водой	Смазывающая способность смазки при высоких нагрузках	Консистенция
Пример							
ISO	L	X	B	E	G	B	00

Диапазон температур эксплуатации смазки определяется по таблице 5.2 и содержит два символа: минимальная температура эксплуатации и максимальная продолжительная температура эксплуатации.

Смазывающая способность в условиях загрязнения водой и уровень антикоррозионных свойств приведены в таблице 5.3.

В таблице 5.4 приведены требования для символа 4 согласно смазывающей способности смазки при высоких нагрузках.

Класс консистенции NLGI представляется в виде цифр в конце обозначения (см. таблицу 5.5).

Таблица 5.2 — Диапазон температур эксплуатации

Символ 1		Символ 2	
Минимальная температура эксплуатации		Максимальная температура эксплуатации	
Температура, °C	Символ 1	Температура, °C	Символ 2
0	A	60	A
-20	B	90	B
-30	C	120	C
-40	D	140	D
менее -40	E	160	E
		180	F
		более 180	G

Таблица 5.3 — Степень сопротивления воде и антикоррозионные свойства

Загрязнение водой	Антикоррозионная защита	Символ 3
L	L	A
L	M	B
L	H	C
M	L	D
M	M	E
M	H	F

Загрязнение водой	Антикоррозионная защита	Символ 3
Н	L	G
Н	M	H
Н	H	I

Загрязнение водой: L — сухая; M — статическая влага; H — промывка водой.
Антикоррозионная защита: L — отсутствие защитных свойств; M — защитные свойства в присутствии пресной воды; H — защитные свойства в присутствии соленой воды.

Таблица 5.4 — Смазывающая способность при высоких нагрузках

Сверхвысокое давление (EP)	Символ 4
Присутствует	A
Отсутствует	B

Таблица 5.5 — Класс консистенции NLGI

Класс NLGI	Диапазон пенетрации после перемешивания (60 двойных ударов)
000	от 445 до 475
00	от 400 до 430
0	от 355 до 385
1	от 310 до 340
2	от 265 до 295
3	от 220 до 250
4	от 175 до 205
5	от 130 до 160
6	от 85 до 115

6. Примеры пластичных смазок

1. Смазки общего назначения

Кальциевые смазки имеют общее название — солидолы. Это самые массовые и дешевые антифрикционные смазки, относятся к среднеплавким. Кальциевые смазки выпускаются следующих марок: **солидол Ж, прессолидол Ж, солидол С или прессолидол С**. Солидол С работоспособен при температуре от —20 до 65 °С. Прессолидол С — от—30 до 50°С.

2. Универсальные смазки

Универсальные смазки водостойки и работоспособны в широком интервале температур, скоростей и нагрузок. Обладают хорошими консервационными свойствами. Загустителями для них служат литиевые мыла.

Литол-24 — можно использовать в качестве единой автомобильной смазки, она работоспособна при температуре от —40 до 130 °С.

Фиол-1, Фиол-2, Фиол-3 — смазки аналогичны Литол-24, но более мягкие, лучше удерживаются в узлах трения.

3. Специализированные смазки

К специализированным смазкам относятся около 20 марок смазок разного качества. Они наиболее эффективно используются в качестве несменяемых и непополняемых смазок в процессе эксплуатации.

Графитная — применяется преимущественно в открытых узлах.

АМ карданная — для карданных шарниров равных угловых скоростей грузовых автомобилей, склонна к вытеканию из узлов.

Шрус-4 — для шарниров равных угловых скоростей легковых автомобилей; работоспособна при температуре от —40 до 130 °С, водостойка, имеет высокие противозадирные и противоизносные свойства.

ЛСЦ-15 — применяется в шлицевых соединениях, шарнирах и осях приводов педалей, стеклоподъемниках; обладает высокой водостойкостью, адгезией к металлам, хорошими консервационными свойствами.

4. Термостойкие смазки

Предел работоспособности термостойких смазок — от 150 до 250 °С.

Униол-3М — водостоек, обладает хорошей коллоидной стабильностью и противозадирными свойствами.

ЦИАТИМ-221 — можно применять при температурах от - 60 до 150 °С, химически стабильна к резине и полимерным материалам.

5. Морозостойкие смазки

Морозостойкие смазки работоспособны во всех узлах трения в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Зимол — морозостойкий аналог смазки Литол-24.

Лита — многоцелевая морозостойкая рабоче-консервационная смазка, водостойкая.

ЦИАТИМ-201 — основная морозостойкая смазка для автомобилей, обладает посредственными противозадирными свойствами, при хранении выделяет масло. Зимол и Лита, уступая ей по морозостойкости, превосходят по противоизносным свойствам, работоспособности при повышенных температурах.

Литература

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы. М.: Наука-Пресс, 2004. – 421 с..
2. Кузнецов А. В. Топливо и смазочные материалы. – М.: КолоС, 2007. – 199 с. ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
3. Синельников А. Ф. , Балабанов В. И. Автомобильные масла, топлива и технические жидкости. Краткий справочник. – М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 160 с.
4. Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы Учебное пособие. – М.:Форум-инфра-М, 2003.
5. Трофименко И.Л., Коваленко Н.Н., Лобах В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы. Лабораторный практикум – Мн.: Дизайн ПРО, 2000 г.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

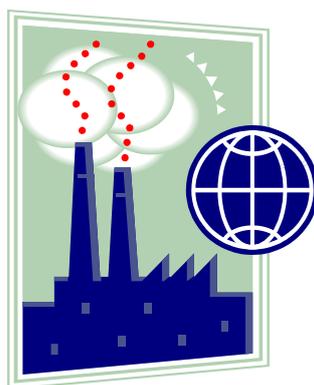
по дисциплине

«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

для студентов специальности

**6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов**

Часть 1



Брест 2024

УДК 629.3.027(075)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальностей 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов, часть 1 содержат методику выполнения лабораторных работ по определению характеристик бензина, а также могут использовать при подготовке к зачету. В 3 частях.

Составитель: С. В. Монтик, зав. кафедрой МЭА, доцент, к.т.н.;

© Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет» 2024

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Определение качества бензина

Цель работы:

- закрепление знаний по качеству бензинов;
- изучение нормативно-технической документации по качеству бензинов;
- изучение методов проведения контрольного анализа бензинов;
- приобретение навыков по контролю и оценке качества бензинов.

Время на проведение работы — 4 часа.

Задание

1. Оценить испытуемый образец по внешним признакам.
2. Провести анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей.
3. Определить наличие непредельных углеводородов в бензине
4. Измерить плотность бензина.
5. Составить отчет о работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

1. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1656-2016 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированные бензины. Технические условия»

Стандарт СТБ 1656-2016 распространяется на неэтилированные бензины (далее - бензины), предназначенные для использования в качестве моторного топлива на транспортных средствах с бензиновыми двигателями, предназначенными для работы на неэтилированном бензине.

Стандарт устанавливает требования:

- к бензинам с низким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 2,7 % и объемной долей этанола до 5 %);
- к бензинам с высоким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 3,7 % и объемной долей этанола до 10 %).

Пояснения: **оксигенаты (кислородсодержащие добавки в бензин)** – общее название низших спиртов и простых эфиров, применяемых в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив. Бензины с добавками оксигенатов характеризуются улучшенными моющими свойствами, а при сгорании образуют меньше оксида углерода и углеводородов. Чаще всего применяют метанол, этанол, метил-трет-бутиловый эфир) и метил-трет-амиловый эфир. Общим для всех оксигенатов является меньшая теплота сгорания в сравнении с углеводородами, также возрастают выбросы альдегидов и увеличивается образование оксидов азота.

В зависимости от октанового числа, определяемого исследовательским методом, и экологического класса, определяемого содержанием серы, настоящий стандарт

устанавливает следующие **марки бензинов** с низким содержанием оксигенатов, состоящие из букв, обозначающих автомобильный бензин (АИ), цифрового обозначения октанового числа, определяемого по исследовательскому методу (92, 95, 98), символа, обозначающего экологический класс (К4, К5):

АИ-92-К4;

АИ-95-К4;

АИ-92-К5-Евро;

АИ-95-К5-Евро;

АИ-98-К5-Евро.

Условное обозначение бензина с низким содержанием оксигенатов включает его наименование, марку и обозначение настоящего стандарта. Пример - Бензин с низким содержанием оксигенатов записывается следующим образом: **«Бензин неэтилированный АИ-95-К5-Евро, СТБ 1656-2016»**.

Условное обозначение бензина с высоким содержанием оксигенатов включает его наименование и символьное обозначение (состоящее из букв АИ, значения октанового числа, информации о высоком содержании оксигенатов в виде обозначения Е10). Пример - Бензин с высоким содержанием оксигенатов, с октановым числом не менее 95 записывается следующим образом: **«Бензин неэтилированный АИ-95-Е10, СТБ 1656-2016»**.

По физико-химическим и эксплуатационным показателям бензины с низким содержанием оксигенатов (с массовой долей кислорода до 2,7 %) должны соответствовать требованиям, установленным в таблице 1.

Таблица 1 - Требования к бензинам с массовой долей кислорода до 2,7 %

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1 Октановое число, определяемое по исследовательскому методу (RON), не менее: АИ-92-К4, АИ-92-К5-Евро АИ-95-К4, АИ-95-К5-Евро АИ-98-К5-Евро	92,0 95,0 98,0	ГОСТ 32339, СТБ ISO 5164
2 Октановое число, определяемое по моторному методу (MON), не менее: АИ-92-К4, АИ-92-К5-Евро АИ-95-К4, АИ-95-К5-Евро АИ-98-К5-Евро	83,0 85,0 88,0	ГОСТ 32340, СТБ ISO 5163
3 Концентрация свинца, мг/дм ³ , не более	5,0	ГОСТ EN 237. СТБ EN 237
4 Плотность при 15 °С, кг/м ³	720,0 - 775,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 3675, СТБ ИСО 12185
5 Массовая доля серы, мг/кг, не более: - экологический класс К5 - экологический класс К4	10,0 50,0	ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846, СТБ ИСО 20846, СТБ 2141
6 Стойкость к окислению, мин, не менее	360	ГОСТ ISO 7536, СТБ ИСО 7536
7 Концентрация смол (промытых растворителем), мг/100 см ³ , не более	5	СТБ ИСО 6246
8 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), класс	Класс 1	ГОСТ ISO 2160, СТБ ИСО 2160
9 Внешний вид	Прозрачный	Визуальный контроль

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
	и чистый	
10 Объемная доля углеводородов %, не более: - олефиновых - ароматических	18,0 35,0	ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854, ГОСТ 31872, СТБ 1539
11 Объемная доля бензола %, не более	1,00	ГОСТ EN 12177, СТБ EN 12177, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
12 Массовая доля кислорода, %, не более	2,7	ГОСТ EN 1601, СТБ EN 1601, ГОСТ EN 13132, СТБ EN 13132, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
13 Объемная доля оксигенатов, %, не более: метанола этанола изопропилового спирта изобутилового спирта третбутилового спирта эфиров, содержащих 5 или более атомов уг- лерода в молекуле других оксигенатов	1,0 5,0 10,0 10,0 7,0 15,0 10,0	ГОСТЕЙ 1601, СТБ EN 1601, ГОСТ EN 13132. СТБ EN 13132, ГОСТ ISO 22854, СТБ ISO 22854
14 Концентрация железа, мг/дм ³ , не более	Отсутствие	ГОСТ 32514
15 Концентрация марганца, мг/дм ³ , не более	Отсутствие	ГОСТ 33158
16 Объемная доля монометиланилина, %, не более	Отсутствие	ГОСТ 32515

2. Оценка бензина по внешним признакам

Бензины не должны содержать механических примесей и воды. Определение их отсутствия или наличия производится по внешним признакам или с помощью специальных приборов.

Для оценки по внешним признакам достаточно осмотреть образец бензина в стеклянном цилиндре. При этом невооруженным глазом не должно быть обнаружено твердых частиц как во взвешенном состоянии, так и в осадке.

В небольших количествах (сотые доли процента) вода способна растворяться в бензине, и он при этом не теряет прозрачности. Избыточное же количество воды в бензине при перемешивании вызовет помутнение бензина, а при отстаивании вследствие большего удельного веса приведет к скоплению ее на дне емкости отдельным слоем. Поэтому при оценке бензина на наличие воды достаточно осмотреть его в стеклянном цилиндре и зафиксировать наличие или отсутствие мути либо отдельного слоя воды на дне.

3. Определение наличия непредельных углеводородов

Бензины, имеющие в своем составе продукты термического или одноступенчатого каталитического крекинга, могут содержать значительное количество непредельных углеводородов, способных во время транспортировки и хранения полимеризоваться и превращаться в смолы. Это вредно отражается на работе двигателя в виде образования на деталях твердых отложений.

Примером непредельных углеводородов (олефинов) являются *этилен* C₂H₄, *бутен* C₄H₈. Непредельные углеводороды нежелательны во всех нефтепродуктах, их удаляют

путем очистки. Предельное содержание олефинов в бензинах и дизельных топливах ограничивается стандартами.

4. Анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей

Нефтепродукты (топлива, масла) должны обладать минимальным коррозионным воздействием на металлы. Коррозионность нефтепродуктов обуславливается содержанием в них водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот и сернистых соединений.

Наличие водорастворимых кислот и воды в бензине и дизельном топливе не допускается.

Органические кислоты, в основном нафтеновые, содержащиеся в нефти, а также в продуктах ее переработки, по коррозионной активности слабее минеральных. Кроме того, органические кислоты повышают смазывающую способность топлива и масел, чем обуславливается их полезность. Поэтому стандарт допускает наличие органических кислот в топливах и маслах (смазках) в определенных количествах.

Количество органических кислот в топливе (и, в частности, бензине) оценивается «кислотностью топлива». Кислотностью топлива называется количество миллиграммов едкого калия КОН, пошедшее на нейтрализацию органических кислот в 100 мл испытуемого топлива.

При определении содержания водорастворимых кислот в топливах простейшим (качественным) методом достаточно определенное количество топлива (в данном случае бензина) смешать с таким же количеством дистиллированной воды и после отстаивания водную вытяжку испытать индикаторами.

5. Измерение плотности бензина

Плотность бензинов наряду с поверхностным натяжением оказывает влияние на качество распыления топлива. Чем меньше плотность бензина, тем более мелкую структуру будет иметь распыленное топливо, что обеспечит лучшее перемешивание его с воздухом. Плотность различных марок бензина примерно одинакова и определяется с помощью **ареометра** (или **нефтеденсиметра**). Плотность бензина и дизельного топлива определяется при 15°C по СТБ 1468-2004.

Плотность принадлежит к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топлива двигателей. Она в основном используется при пересчете объемных единиц нефтепродуктов в массовые и наоборот.

Учет на нефтебазах, перевозка и оптовая закупка бензина производится в массовых единицах. Розничная продажа бензина и его отпуск при заправке баков транспортных средств производится в литрах. Нормы расхода бензина автотранспортом устанавливаются, также в объемных единицах.

Следовательно система, учета и отчетности» а также расчеты при составлении, заявок на снабжение должны предусматривать перевод количеств из массовых единиц в объемные и обратно. Кроме того, контроль наличия и остатков в емкостях автомобильных заправочных станций (АЗС) также невозможен без четко налаженного перевода **массовых единиц, измерения, в объемные.**

Пересчет осуществляют следующим образом. Количество бензина в массовых

единицах равно

$$G_t = V_t \cdot \rho_t, \text{ кг} \quad (1)$$

где V_t - количество бензина в объемных единицах, л;

ρ_t - плотность бензина при той же температуре, кг/л.

При обратном пересчете и тех же обозначениях

$$V_t = \frac{G_t}{\rho_t}, \text{ л} \quad (2)$$

Абсолютной плотностью вещества называется количество массы, содержащейся в единице объема, и имеет размерность в системе СИ ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Согласно стандартной методике плотность нефтепродуктов определяется при любой температуре, но обязательно приводят ее к стандартной температуре 15°C . С повышением температуры плотность нефтепродуктов уменьшается, а с понижением - увеличивается. Плотность приводят к температуре 15°C по следующей формуле:

$$\rho_{15} = \rho_t + \gamma(t - 15) \quad (3)$$

где ρ_{15} - плотность нефтепродукта при температуре 15°C , $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_t - плотность нефтепродукта при t , $\text{кг}/\text{м}^3$;

γ - температурная поправка, $\text{кг}/\text{м}^3$ на 1°C ;

t - температура нефтепродукта в момент измерения плотности, $^\circ\text{C}$.

6. Техника безопасности и охрана окружающей среды при использовании бензина

Бензины являются малоопасными продуктами и по степени воздействия на организм относятся к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007. Бензины обладают наркотическим действием, раздражают верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и кожу человека. Постоянный контакт с бензином может вызвать острые воспаления и хронические экземы. Предельно допустимая концентрация углеводородов бензинов в воздухе производственных помещений – $100 \text{ мг}/\text{м}^3$ в соответствии с ГОСТ 12.1.005. В соответствии с ГОСТ 12.1.044 бензины представляют собой особо опасные легко воспламеняющиеся жидкости с температурой самовоспламенения $255\text{--}370^\circ\text{C}$.

Экспериментальная часть

1. Определение наличия механических примесей и воды (качественно)

Оборудование и материалы:

- стеклянный цилиндр диаметром 40—55 мм;
- образец испытуемого бензина.

Порядок выполнения работы:

1. Анализируемый бензин налить в стеклянный цилиндр.
2. Определить визуальным осмотром наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц
3. Определить наличие или отсутствие водного слоя на дне цилиндра и характерной

мути.

4. Результаты оценки записать в отчет.

2. Определение наличия непредельных углеводов

Оборудование и материалы:

- ассортимент бензинов;
- водный раствор марганцево-кислого калия;
- пробирки.

Порядок проведения работы:

1. В пробирки налить равные объемы (примерно 10 мл) нескольких видов испытуемого топлива и водного раствора марганцево-кислого калия.
2. Смесь хорошо взболтать в течение 10... 15 с и дать отстояться. Если фиолетовая окраска водного раствора марганцево-кислого калия переходит в бурую и выпадает бурый осадок на дно пробирки, то в топливе имеются непредельные углеводороды. Если в течение двух минут фиолетовая окраска водного раствора марганцево-кислого калия не изменится, то в топливе непредельные углеводороды отсутствуют.
3. Результаты оценки записать в отчет.

3 Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей

Оборудование и материалы:

- воронка делительная;
- пробирки;
- штатив;
- цилиндр мерный на 10 мл;
- дистиллированная вода;
- стакан химический;
- фенолфталеин (1%-ный спиртовой раствор);
- метиловый оранжевый (0,02%-ный водный раствор);
- образец топлива.

Порядок проведения работы:

1. Пробу топлива, подготовленную для испытания, хорошо перемешать трехминутным встряхиванием в склянке.
2. Из перемешанной пробы отмерить мерным цилиндром 10 мл топлива и слить в делительную воронку.
3. Отмерить 10 мл дистиллированной воды и также слить в воронку. Воронку делительную закрыть пробкой, снять со штатива и содержимое перемешать взбалтыванием (но не слишком энергично) в течение 30—40 с. При этом имеющиеся в продукте водорастворимые кислоты и щелочи растворяются в воде.
4. После взбалтывания воронку опять укрепить на штативе и дать смеси отстояться.
5. После отстаивания водную вытяжку слить в стакан.
6. Водную вытяжку из стакана налить в две пробирки.

7. В одну из пробирок с водной вытяжкой испытуемого топлива прибавить две капли раствора метилоранжа, а в другую — три капли спиртового раствора фенолфталеина и содержимое в обеих пробирках хорошо взболтать. Сопоставляя получившиеся цвета индикаторов с данными *таблицы 3*, сделать заключение о наличии или отсутствии в испытуемом образце водорастворимых кислот или щелочей.

Возможно использовать также индикаторную бумагу вместо растворов фенолфталеина или метилоранжа.

Топливо считается выдержавшим испытание, если водная выдержка остается нейтральной. В противном случае опыт надо повторить, предварительно тщательно вымыв посуду и ополоснув ее дистиллированной водой. Если в результате второго испытания водная вытяжка получается кислой или щелочной, топливо бракуют.

Таблица 2 - Окраска индикаторов в различных средах

Среда	Метилоранж	Фенолфталеин
Щелочная	Желтая	Малиновая
Нейтральная	Оранжевая	Бесцветная
Кислая	Красная	Бесцветная

8. Результат испытания записать в отчет.

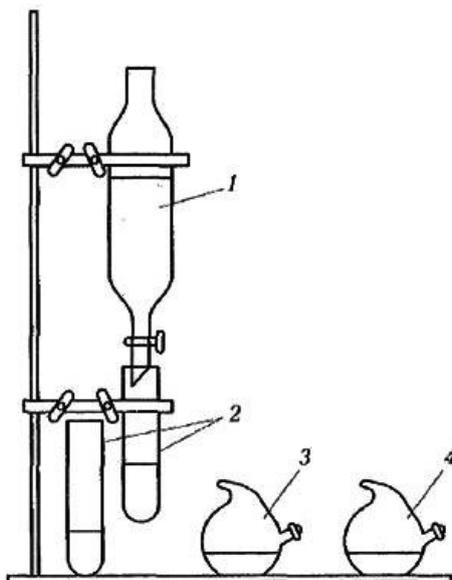


Рисунок 1 - Прибор для определения водорастворимых кислот и щелочей: 1- делительная воронка, 2- пробирки, 3 и 4 – капельницы

4. Измерение плотности бензина

Оборудование и материалы:

- нефтеденсиметр (ареометр);
- стеклянный цилиндр.

Порядок проведения работы:

1. В стеклянный цилиндр аккуратно по стенке налить испытуемый бензин, причем температура бензина не должна отклоняться от температуры помещения, в котором

производят измерения, более чем на $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,

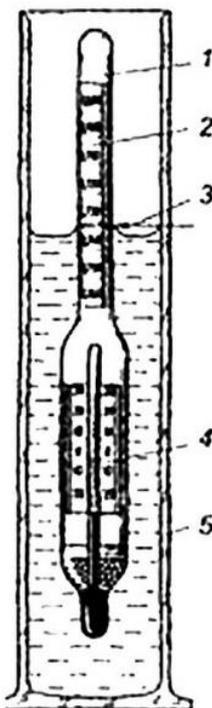
2. Чистый и сухой нефтенсисметр медленно погружается в бензин до момента его свободной плавучести (следите за тем, чтобы уровень бензина не поднялся выше края цилиндра).

3. Произвести отсчет по верхнему краю мениска (рисунок 2). Во избежание ошибки, глаз наблюдателя должен находиться на уровне мениска,.

4. Температуру бензина определить по впаянному в нефтенсисметр термометру,

5. Привести замеренную плотность к стандартному значению ρ_{15} , учитывая температурную поправку (таблица 4). Приведенную плотность следует округлить до третьего знака после запятой.

6. Полученное значение плотности сравнить со значением, указанным в стандарте для данной марки бензина.



1 — ареометр (нефтенсисметр); 2 — шкала плотности; 3 — линия отсчета плотности; 4 — шкала термометра; 5 — стеклянный цилиндр.

Рисунок 2 - Прибор для определения плотности нефтепродуктов:

Таблица 3 – Значения температурных поправок для определения плотности нефтепродуктов

Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °C)	Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °C)
690—699	0,910	850—859	0,699
700—709	0,897	860—869	0,686
710—719	0,884	870—879	0,673
720—729	0,870	880—889	0,660
730—739	0,857	890—899	0,647
740—749	0,844	900—909	0,633

Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)	Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)
750—759	0,831	910—919	0,620
760—769	0,818	920—929	0,607
770—779	0,805	930—939	0,594
780—789	0,792	940—949	0,581
790—799	0,778	950—959	0,567
800—809	0,765	960—969	0,554
810—819	0,752	970—979	0,541
820—829	0,738	980—989	0,528
830—839	0,725	990—1000	0,515
840—849	0,712	—	—

Содержание отчета:

Тема, цель, задание, *таблица 5* с результатами оценки качества бензина, рисунок с прибором для определения плотности нефтепродуктов с пояснениями, ответы на контрольные вопросы.

Таблица 4 – Результаты оценки качества бензина

Наименование и марка бензина		
Наименование показателя	Значение показателя	
	Полученное на основании проведенных анализов	По стандарту, техническим условиям
Наличие механических примесей и воды		
Наличие водорастворимых кислот и щелочей		
Плотность, кг/м ³ , при 15°С		
Заключение о соответствии образца требованиям стандарта или технических условий		

Контрольные вопросы:

1. Какие марки бензинов выпускаются в соответствии с СТБ 1656-2016 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия»?
2. Для чего необходимо определять плотность бензина, какие используются для этого приборы?
3. К чему приводит наличие непредельных углеводород в топливе?
4. Каким показателем оценивается содержание органических кислот в бензине, его единицы измерения, что он показывает?
5. К чему приводит наличие водорастворимых кислот и щелочей в топливе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Определение фракционного состава бензина

Цель работы:

- закрепление знаний по качеству бензинов;
- изучение нормативно-технической документации по качеству бензинов;
- изучение методов определения фракционного состава бензинов;
- приобретение навыков по контролю и оценке качества бензинов.

Время на проведение работы — 4 часа.

Задание

1. Определить фракционный состав бензина разгонкой.
2. Составить отчет о работе.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Методы определения фракционного состава при атмосферном давлении

Испаряемость топлива – это способность топлива к переходу из жидкого состояния в газообразное. От испаряемости зависит скорость образования топливно-воздушной смеси. Испаряемость бензина оценивается *фракционным составом*.

Фракционный состав бензинов – это содержание в них тех или иных фракций, выраженное в объемных соотношениях.

Определение фракционного состава бензина выполняется в соответствии с стандартами Беларуси: СТБ 1934-2009 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном давлении» или СТБ ИСО 3405-2003 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном давлении».

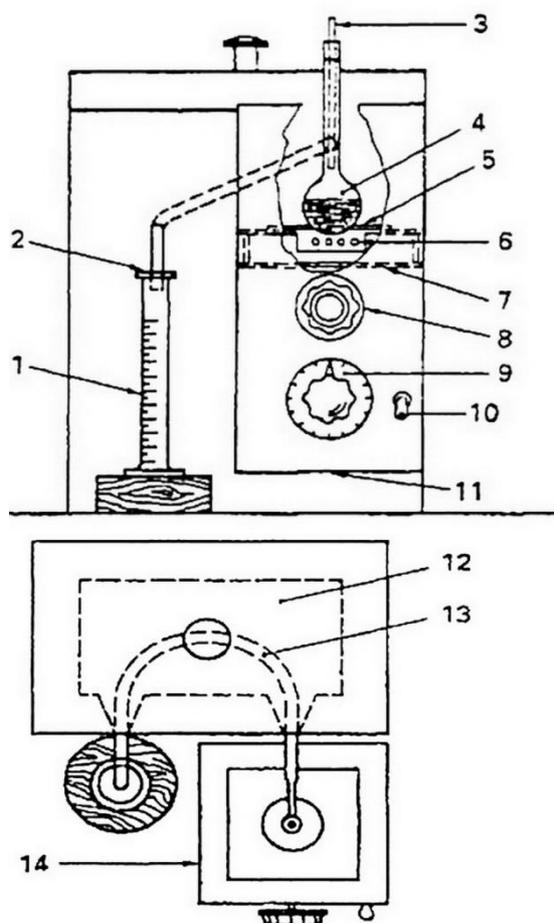
Фракционный состав топлив определяют на специальной установке. Установка для определения фракционного состава нефтепродуктов с электрическим нагревателем представлена на *рисунке 3*.

Сущность метода определения фракционного состава бензина заключается в следующем. В зависимости от состава, давления насыщенных паров, предполагаемой температуры начала кипения (IBP) или температуры выкипания (EP) или от сочетания указанных характеристик пробу продукта относят к одной из четырех групп. Сборка аппаратуры, температура холодильника и другие условия проведения испытания определяются группой, в которую попадает проба продукта.

Часть испытуемой пробы объемом 100 см³ перегоняется в условиях, установленных для группы, в которую она попадает. Перегонку проводят на лабораторной установке при атмосферном давлении. Периодически (в зависимости от необходимых пользователю данных) производят снятие показаний термометра и объема конденсата. Также записывают объем остатка и потери.

После окончания перегонки отмеченные значения температуры паров могут быть скорректированы на барометрическое давление и данные проверяются на соответствие

требованиям к проведению испытания, например к скорости перегонки. При несоблюдении какого-либо заданного условия испытание повторяют.



1-мерный цилиндр; 2 - фильтровальная бумага; 3 - термометр; 4 – колба для перегонки; 5 – прокладка под колбой; 6 – электрический нагревательный элемент; 7 – платформа для колбы; 8 – ручка для регулирования положения колбы; 9 – диск для регулирования нагрева; 10 – выключатель; 11 – открытое дно кожуха; 12 – охлаждающая баня; 13 – трубка холодильника; 14 – кожух.

Рисунок 3 - Установка для определения фракционного состава нефтепродуктов с электрическим нагревателем.

Результаты испытания обычно представляют как процент выпаривания или процент отогнанного продукта при соответствующей температуре в виде таблицы или графически в виде точек на кривой перегонки.

Отмечают температуру начала перегонки $t_{нп}$, конца перегонки $t_{кп}$, температуры t_{10} , t_{50} , t_{90} , при которых перегоняется 10, 50 и 90% объемных бензина соответственно.

На *рисунке 4* представлен графики перегонки бензина, отражающие его фракционный состав, т.е. количество q перегоняемого топлива (в процентах объемных) в зависимости от температуры перегонки t .

Характерные температурные точки разгонки топлива приводят в стандартах и паспортах качества, по этим точкам оценивают эксплуатационные качества бензина.

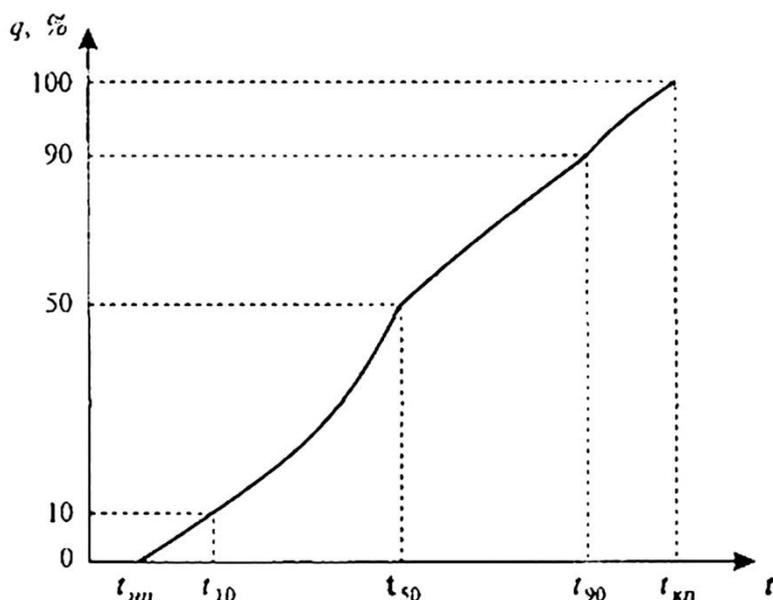


Рисунок 4 - График перегонки бензина

В бензинах различают три основные фракции: *пусковую, рабочую, концевую (тяжелая)*.

Пусковая фракция представляет собой первые 10% перегонки бензина. Чем ниже температура выкипания первых 10% топлива, тем легче будет осуществлен пуск холодного двигателя. Однако при содержании особо низких фракций возникает опасность преждевременного испарения бензина и образование паровых пробок. По температуре t_{10} можно определить минимальную температуру окружающей среды, при которой возможен пуск двигателя:

$$t_{oc} = 0,5 \cdot t_{10\%} - 50,5. \quad (4)$$

Испаряемость рабочей фракции (по кривой разгонки от 10 до 90%), которая по стандарту нормируется точкой t_{50} , определяет качество горючей смеси при разных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева, приемистость.

При снижении t_{50} сокращается время прогрева, увеличивается приемистость автомобиля и срок службы двигателя. Повышение t_{50} приводит к снижению ресурса двигателя, особенно при низких температурах окружающей среды.

Показатели t_{90} и $t_{кп}$ определяют содержание в бензинах **тяжелых трудноиспаряемых фракций**. Чем выше t_{90} и $t_{кп}$, тем вероятнее неполное испарение бензина и неполное его сгорание в цилиндрах, а это увеличивает расход бензина. Кроме того, несгоревшие частицы оседают на стенках цилиндра и смывают с них масло. Чем меньше интервал температуры от 90% t_{90} до конца кипения $t_{кп}$, тем выше качество топлива, лучше экономичность и ниже темп изнашивания деталей двигателя.

Давление насыщенных паров бензина характеризует испаряемость пусковой и рабочей фракций бензина, определяет его пусковые свойства и нормируется стандартами: для летних бензинов – до 67,0 кПа, зимних – 66,7–93,3 кПа. Чем выше этот показатель, тем быстрее и полнее испаряется бензин и тем легче запуск двигателя. Причиной ограничения верхнего уровня давления насыщенных паров бензина является возможность образования паровых пробок (особенно в летний период эксплуатации), а нижнего – ухудшение его пусковых свойств.

В соответствии с Государственным стандартом Республики Беларусь СТБ 1656-2016 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированные бензины. Технические условия» для обеспечения надежной эксплуатации транспортных средств в различных сезонных и климатических условиях установлены **10 классов бензинов по испаряемости**, которые приведены в таблице 5 и показаны на рисунке 5.

На территории Республики Беларусь рекомендуется применять бензины:

класса В - в летний период (с 1 апреля по 30 сентября);

класса D1 - в переходный период (с 1 по 31 октября);

класса D - в зимний период (с 1 ноября по 31 марта).

Таблица 5 - Классы испаряемости для бензина с массовой долей кислорода до 2,7 %

Наименование показателя	Единица измерения	Предельные значения						Метод испытания
		класса А	класса В	классов С и С1	классов D и D1	классов E и E1	классов F и F1	
Давление насыщенных паров (VP)	кПа мин.	45,0	45,0	50,0	60,0	65,0	70,0	ГОСТ EN 13016-1
	кПа макс.	60,0	70,0	80,0	90,0	95,0	100,0	СТБ EN 13016-1
Объемная доля испарившегося бензина при 70 °С (E70)	% мин.	20,0	20,0	22,0	22,0	22,0	22,0	ГОСТ ISO 3405
	% макс.	48,0	48,0	50,0	50,0	50,0	50,0	
Объемная доля испарившегося бензина при 100 °С (E100)	% мин.	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	ГОСТ ISO 3405
	% макс.	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	
Объемная доля испарившегося бензина при 150 °С (E150)	% мин.	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	ГОСТ ISO 3405
Температура конца кипения (FBP)	°С макс.	210	210	210	210	210	210	ГОСТ ISO 3405
Остаток в колбе	% (об.) макс.	2	2	2	2	2	2	ГОСТ ISO 3405
Индекс испаряемости (VLI) (10 VP + 7 E70)	индекс, макс.	—	—	С	D	E	F	
Индекс испаряемости (VLI) (10 VP + 7 E70)	индекс, макс.	—	—	C1 1050	D1 1150	E1 1200	F1 1250	

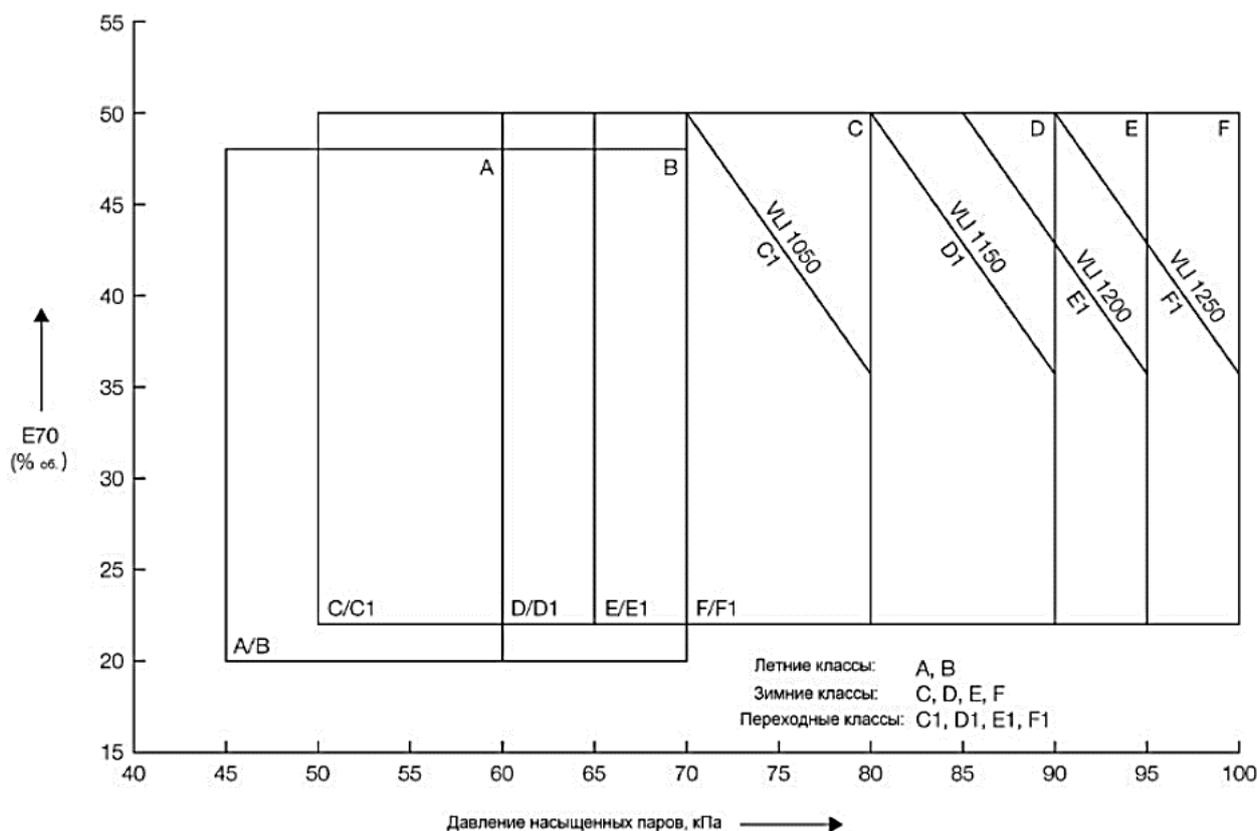


Рисунок 5 - Соотношение между давлением насыщенных паров (VP), объемной долей испарившегося бензина при 70 °C (E70) и индексом испаряемости (VLI) для десяти различных классов испаряемости бензина с массовой долей кислорода до 2,7 %

Экспериментальная часть

Оборудование:

- установка для определения фракционного состава нефтепродуктов АФС-02;
- образец топлива.

Описание конструкции установки АФС-02 и порядка работы

1. Назначение установки

Установка АФС-02 предназначена для атмосферной разгонки нефтепродуктов в соответствии с ГОСТ 2177-82 или ИСО 3405. Установка поддерживает температуры в ванне блока конденсации и в камере приёмного цилиндра в соответствии со стандартом на испытуемый нефтепродукт. Так при разгонке бензинов температура в ванне блока конденсации поддерживается в пределах 0° С - +4° С, а в камере приёмного цилиндра температура поддерживается в диапазоне от +13° С до +18° С. При разгонке керосинов и дизельных топлив в соответствии с требованиями ГОСТ 2177-82 либо международного стандарта ИСО 3405. С помощью установки АФС-02 производится ручная атмосферная разгонка нефтепродуктов. Холодильная установка по защищенности от воздействия окружающей среды имеет обыкновенное исполнение по ГОСТ 15150-69.

2. Комплектность установки

Комплектность установки приведена в *таблице 9*.

Таблица 6 - Комплектность установки

Наименование	Количество
1. Установка	1 шт.
Наименование	Количество
2. Термометры ТИН-4-1 и ТИН-4-2 для измерения температуры паров в колбе в центрирующем л устройстве	2 шт.
5. Цилиндр 100 мл	1 шт.
6. Каплеприемник	1 шт.
7. Колба Энглера с центрирующим устройством	1 шт.
8. Мерный цилиндр 10 мл	1 шт.
9. Шланг для залива (слива) тосола	1 шт.
10. Трос для протирки трубки '	1 шт.
11. Жаропрочная подставка под колбу	1 шт.

3. Конструкция установки

Установка состоит из закрепленных на общем каркасе: нагревателя, ванны с термостатируемой жидкостью, приемной камеры, блока управления, компрессора и насоса системы термостатирования (рисунок 7).

В горловину колбы с анализируемой пробой вставляется термометр ТИН-4-1 (ТИН-4-2). Для оптимальной установки термометра используется центрирующее устройство.

Ванна с термостатируемой жидкостью закрывается крышкой, на которой установлены: термодатчик, датчик уровня охлаждающей жидкости и клапан. Ко дну ванны прикреплен нагреватель.

В приемной камере находятся термодатчик и радиатор охлаждения с вентилятором. На левой боковой стенке приемной камеры установлена лампа для освещения цилиндра.

На правой боковой панели установки расположены шаровый кран и штуцер для заливки или слива тосола.



Рисунок 7- Установка АФС-02.

4. Указания мер безопасности

Перед включением установки в сеть следует проверить электрическую проводку на отсутствие возможных нарушений изоляции.

Исключить возможность замыкания токоведущих частей на корпус установки АФС-02.

При появлении признаков замыкания токоведущих частей на корпус (пощипывание при соприкосновении с металлическими частями) установку необходимо отключить и вызвать специалиста для выявления и устранения неисправностей.

Установка АФС-02 должна иметь общее заземление. Категорически запрещается работа на незаземлённой установке.

Запрещается эксплуатация установки в помещении с относительной влажностью воздуха выше 80%.

Категорически запрещается производить какие-либо действия, кроме описанных выше, если не светится СДИ «Тосол».

5. Порядок работы установки

Установка может держать в долговременной энергонезависимой памяти 7 режимов работы для 7 различных нефтепродуктов, что делает установку удобной в повседневной работе. Причём эти 7 режимов пользователь может устанавливать сам. Если попался нефтепродукт, режим разгонки для которого не внесён в память, то его можно просто набрать с клавиатуры установки. Кроме того, с клавиатуры установки можно проверить все устройства, входящие в состав установки.

Для того, чтобы продолжить работу после заливки охлаждающей жидкости необходимо нажать клавишу «ПУСК», при этом БЦИ должен отобразить надписи: в верхнем ряду - «ГЛАВНОЕ МЕНЮ», в нижнем ряду - «ВВЕДИТЕ ФУНКЦИЮ». Теперь каждая кнопка клавиатуры несёт на себе одну из функций установки.

Так кнопка:

- 0** - программа разгонки бензина;
- 1** - программа разгонки керосина;
- 2** - программа разгонки дизельного топлива;
- 3** - программа разгонки неизвестного нефтепродукта;
- 4** - программа разгонки керосина дизельного топлива по EN590;
- 5** - программа разгонки нефтепродукта 1;
- 6** - программа разгонки нефтепродукта 2;
- 7** - программа разгонки нефтепродукта 3;
- 8** - программа тестов устройств установки;
- 9** - программа служебных функций установки. Последовательно нажимая кнопки клавиатуры, мы перебираем функции данного меню.

Для того, чтобы произвести выбор команды (режима работы) данного меню установки необходимо нажать кнопку «ПУСК». На БЦИ появятся данные режима, соответствующего нажатой кнопке. Если параметры режима не требуют изменений, то далее следует нажать кнопку «ПУСК».

Если же выбранный режим установки не соответствует желаемому, то он подлежит

редактированию. Нажимая кнопки от 0 и до 4, мы выбираем параметр программы и переходим к его редактированию. При этом:

кнопка «0» - установка температуры ванны. Устанавливаем нужную температуру и нажимаем кнопку «ПУСК».

кнопка «1» - установка температуры приёмной камеры. Устанавливаем нужную температуру и нажимаем кнопку «ПУСК».

кнопка «2» - установка мощности нагрева 1. Устанавливаем нужную мощность и нажимаем кнопку «ПУСК».

кнопка «3» - установка мощности нагрева 2. Устанавливаем нужную мощность и нажимаем кнопку «ПУСК».

После нажатия кнопки «ПУСК» мы вернёмся в меню отображения всех параметров режима. Если все параметры режима отредактированы, то следует нажать кнопку «ПУСК».

Далее установка перейдёт к подготовке условий требуемого режима. Как только режим будет установлен, установка сообщит о готовности соответствующей надписью на БЦИ и звуковым сигналом. После этого установка готова к дальнейшей работе.

Далее следует отмерить 100 миллилитров испытуемого нефтепродукта в измерительном цилиндре, перелить его содержимое в колбу Энглера, предварительно положив в неё центры кипения, вставить в колбу термометр, установить её в блок нагрева. Далее следует установить каплеприёмник в измерительный цилиндр, а сам цилиндр установить в приёмную камеру установки и затем следует нажать кнопку «ПУСК». Далее будет включен нагрев колбы, в чём можно будет убедиться с помощью СДИ «НАГРЕВ», расположенного на передней панели блока управления установки, а счётчик секунд (его значение отображается на БЦИ) будет наращивать своё значение на 1 каждую секунду. Кнопкой «1» можно сбросить показания счётчика и начать отсчёт с нуля, а кнопкой «2» показания можно восстановить.

С этого момента оператор установки получает доступ к управлению нагревом, значение которого отображается на БЦИ. Управление нагревом осуществляется кнопками F1 - F4 следующим образом:

F1 - Соответствует увеличению нагрева на 10%;

F2 - Соответствует увеличению нагрева на 1 %;

F3 - Соответствует уменьшению нагрева на 1%;

F4 - Соответствует уменьшению нагрева на 10%.

В процессе дистилляции оператор установки производит измерение скорости отгона нефтепродукта и корректирует нагрев таким образом, чтобы скорость отгона соответствовала нормативным документам на нефтепродукт. Нажатие кнопки «0» обнуляет нагрев.

Показания объёмов отгона снимаются с делений измерительного цилиндра в приёмной камере установки, а показания, соответствующих им температур паров, снимаются с термометра, вставленного в колбу Энглера. Необходимые данные фиксируются в протоколе дистилляции.

После того, как дистилляция закончена (определён конец кипения либо найдена последняя требуемая температура), необходимо нажать кнопку «СТОП». Установка вернётся в точку подготовки режима дистилляции. При этом обнулится нагрев и сбросится счётчик секунд. Далее следует только охладить нагреватель пробы включением

выключателя на передней панели блока нагрева.

После того как блок нагрева пробы будет охлаждён до требуемой температуры можно производить следующую дистилляцию нефтепродукта с таким же режимом дистилляции. Если же необходимо произвести дистилляцию нефтепродукта с режимом, отличным от данного, то необходимо нажать кнопку «СТОП». Установка перейдёт в режим выбора программы дистилляции.

Порядок выполнения работы

1. Под наблюдением преподавателя или мастера производственного обучения включить установку для определения фракционного состава нефтепродуктов АФС-02 и выбрать программу разгонки бензина (см. п. **5. Порядок работы установки**). Как только требуемый режим будет установлен, установка сообщит о готовности соответствующей надписью на БЦИ и звуковым сигналом. После этого установка готова к дальнейшей работе.

2. Далее следует отмерить *100 миллилитров* испытуемого нефтепродукта в измерительном цилиндре, перелить его содержимое в колбу Энглера, предварительно положив в неё центры кипения, вставить в колбу термометр **ТИН-4-2**, установить её в блок нагрева. Термометр помещают его так, чтобы ртутный шарик располагался по центру горловины колбы и нижний конец капилляра находился на одном уровне с самой высокой точкой нижней внутренней стенки паропроводной трубки (*рисунок 8*).

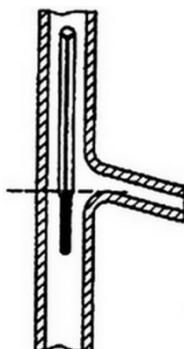


Рисунок 8 – Схема расположения термометра в колбе Энглера.

3. Далее следует установить каплеприёмник в измерительный цилиндр, а сам цилиндр установить в приёмную камеру установки и затем следует нажать кнопку «ПУСК». Далее будет включен нагрев колбы, в чём можно будет убедиться с помощью СДИ «НАГРЕВ», расположенного на передней панели блока управления установки, а счётчик секунд (его значение отображается на БЦИ) будет наращивать своё значение на 1 каждую секунду. Кнопкой «1» можно сбросить показания счётчика и начать отсчёт с нуля, а кнопкой «2» показания можно восстановить.

4. В процессе дистилляции оператор установки производит измерение скорости отгона нефтепродукта и корректирует нагрев таким образом, чтобы скорость отгона соответствовала нормативным документам на нефтепродукт (в данном случае это СТБ 1934-2009 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном

давлении» или СТБ ИСО 3405-2003 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном давлении»).

Показания объёмов отгона снимаются с делений измерительного цилиндра в приёмной камере установки, а показания, соответствующих им температур паров, снимаются с термометра, вставленного в колбу Энглера.

Объём отогнанного продукта - это объём конденсата, наблюдаемый в приемном цилиндре в любой момент перегонки, который отмечают одновременно с показанием термометра, и выраженный как процентное отношение к объёму продукта до перегонки, %.

Автомобильные бензины относятся к 1 и 2 группе нефтепродуктов по [3,4]. Для измерения температуры используется низкотемпературный термометр ТИН-4-2 (максимальная температура 300 °С). Температура колбы, мерного цилиндра и термометра на момент начала испытаний должна быть в пределах 13-18 °С. Вместимость колбы – 125 мл. Температура охлаждающей бани должна быть 0 - 4 °С, температура среды вокруг приемника - 13-18 °С.

Время от начала нагрева до температуры начала кипения (IBP) – 5-10 мин. *Температура начала кипения* - это показание термометра, отмеченное (скорректированное) в момент падения первой капли конденсата с нижнего конца трубки холодильника.

Время от температуры начала кипения (IBP) до 5% (V/V) отгона – 60-100 с.

Постоянная средняя скорость перегонки от 5% отгона до получения 5 мл остатка в колбе должна быть 4 – 5 мл/мин (что примерно соответствует 2...2,5 капли в секунду). Т.к. количество кипящего остатка в колбе определить очень трудно, предполагают, что объём равны 5 мл остатка в колбе для перегонки соответствует объёму 93,5 мл в приемном цилиндре.

Время от получения 5 мл остатка в колбе (93,5 мл в приемном цилиндре) до *температуры выкипания (FBP)* должно быть не более 5 мин.

Температура выкипания - максимальное показание термометра (скорректированное), полученное во время испытания. Для автомобильных бензинов моментом конца перегонки считается момент, когда ртутный столбик термометра после некоторой остановки на какой-то температуре начнет опускаться. *Температура конца кипения* - показание термометра (скорректированное), отмеченное в момент испарения последней капли жидкости со дна колбы. Капли или пленка жидкости на боковой стенке колбы или на термометре не учитываются. На практике чаще применяют термин «температура выкипания», чем «температура конца кипения».

После определения температуры выкипания нагрев прекращают.

Далее определяют *объём отгона в процентах* – это максимальный объём конденсата, отогнанного после достижения температуры выкипания и прекращения нагрева. Он наблюдается и записывается с интервалом 2 мин до тех пор, пока два последних измерения не дадут одинакового результата.

Необходимые данные фиксируются в протоколе дистилляции (*таблица 7*)

5. После того, как дистилляция закончена (определён конец кипения либо найдена последняя требуемая температура), необходимо нажать кнопку «СТОП». Установка вернётся в точку подготовки режима дистилляции. При этом обнулится нагрев и сбросится

счётчик секунд. Далее следует только охладить нагреватель пробы включением выключателя на передней панели блока нагрева.

6. После прекращения испарений и охлаждения колбы для перегонки колбу отсоединяют от холодильника и ее содержимое выливают в мерный цилиндр вместимостью 5 мл и, расположив колбу над этим цилиндром, дают стечь ее содержимому до тех пор, пока не будет наблюдаться значительное увеличение объема жидкости в мерном цилиндре вместимостью 5 мл. Измеряют и записывают объем жидкости в мерном цилиндре с точностью до 0,1 мл как процент остатка продукта. Следует исключить попадание центров кипения в мерный цилиндр.

7. Записывают объем продукта в мерном цилиндре вместимостью 5 мл с точностью до 0,1 мл как *процент остатка*.

8. После проведения испытаний и заполнения *таблицы 7* выполняют необходимые расчеты для корректировки температуры и других показателей, а затем вносят скорректированные данные в *таблицу 7*.

Выполняют расчет и корректировку следующих показателей.

Общий восстановленный отгон продукта в процентах - это сумма отгона и остатка в процентах.

Для получения *потерь в процентах* от 100 вычитают общий восстановленный отгон в процентах.

Показание термометра корректируют на барометрическое давление 101,3 кПа. Применяют поправку T_c к каждому показанию термометра по формуле Сиднея-Янга

$$T_c = 0,0009 \cdot (101,3 - p_k) \cdot (273 + t), \quad (5)$$

где p_k - барометрическое давление, наблюдаемое во время испытания, кПа;

t - отмеченное показание термометра, °С.

Примечание

Поправку прибавляют к наблюдаемому показанию термометра, если барометрическое давление ниже чем 101,3 кПа, и вычитают, если барометрическое давления выше чем 101,3 кПа.

Скорректированное значение температуры $T_{СКОР}$ определяется

$$T_{СКОР} = T_{ИЗМЕР} + T_c, \quad ^\circ\text{С} \quad (6)$$

где $T_{ИЗМЕР}$ - измеренное значение температуры, °С.

Корректируют фактические потери на барометрическое давление 101,3 кПа, если показания термометра корректируются на барометрическое давление 101,3 кПа. Вычисляют скорректированные потери L_c в процентах по формуле:

$$L_c = 0,5 + \frac{L - 0,5}{1 + (101,3 - p) / 8,00}, \quad (7)$$

где L - потери, рассчитанные, используя данные испытания, %;

p - наблюдаемое барометрическое давления, кПа.

Примечание – формула (7) была введена из экспериментальных данных, на которые даны ссылки в ASTM D – 89-96 и в более поздних редакциях.

Вычисляют соответствующий скорректированный объем отгона R_c в процентах по формуле:

$$R_c = R + (L - L_c), \quad (8)$$

где R - объем полученного отгона, %;

L - наблюдаемые потери, %;

L_c - скорректированные потери, %.

Далее определяют *скорректированный общий отгон в процентах* - это сумма скорректированного отгона и скорректированного остатка в процентах.

Таблица 7 – Протокол дистилляции бензина

Наименование нефтепродукта, его марка,				
Стандарт или технические условия (ТУ), которым он должен соответствовать				
Температура окружающей среды, °С				
Атмосферное давление, кПа				
	% (V/V) отогнанного продукта	Измеренное значение температуры $T_{ИЗМЕР}$, °С	Скорректированное значение температуры $T_{СКОР}$, °С	Значение температуры по стандарту, °С
Температура начала кипения (IBP)	-			
	5			
	10			
	15			
	20			
	25			
	30			
	35			
	40			
	45			
	50			
	55			
	60			
	65			
	70			
	75			
	80			
	85			
	90			
5 мл остатка	93,5			
	95			
температура выкипания (FBP)	-			
% отгона				-

% остатка			-
% общего отгона			-
Скорректированный потери, %			
Скорректированный отгон, %			
Скорректированный общий отгон, %			
Заключение о соответствии нефтепродукта требованиям нормативно-технической документации			

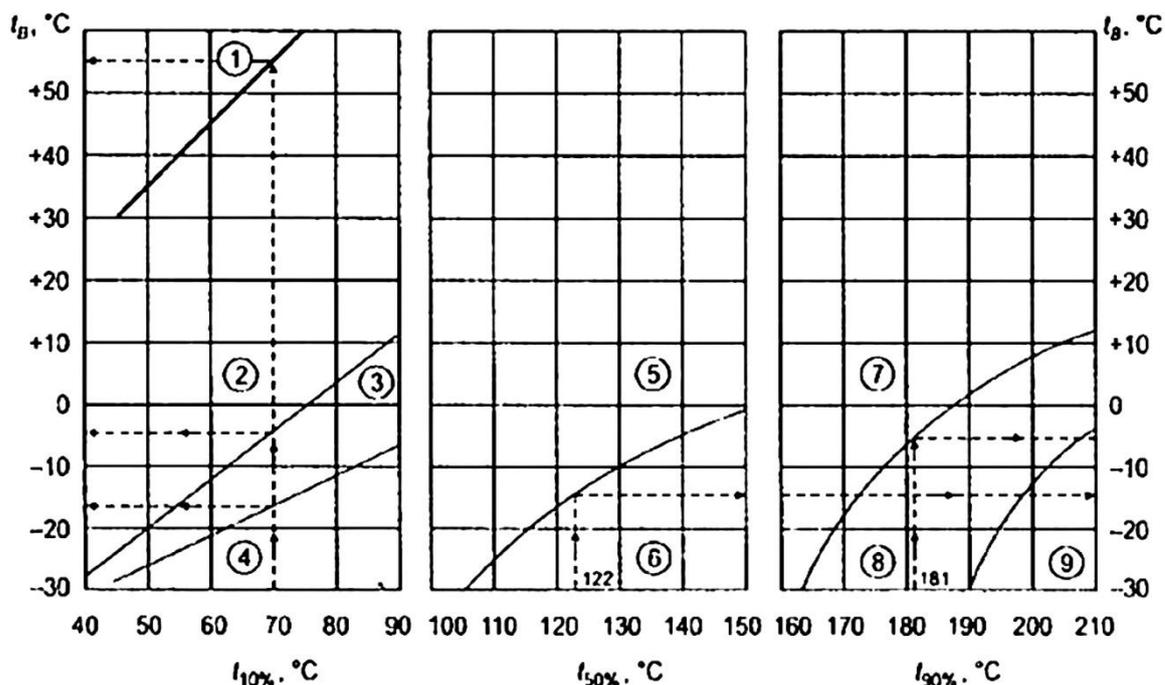
9. Построить на миллиметровой бумаге график перегонки образца бензина по экспериментальным данным (по скорректированной температуре) и по данным стандарта на данную марку бензина, сравните их. Пример графиков перегонки бензинов дан на *рисунке 5*. Масштабные коэффициенты при построении графиков: для температуры – 1 мм/°С; для объема отогнанного бензина – 1 мм/%; ориентировочно размеры графика – 100 мм x 220 мм.

10. Используя данные о фракционном составе бензина (*таблица 7*), дайте оценку эксплуатационных свойств бензина по номограмме (*рисунок 9*) и заполните *таблицу 8* для оцениваемого образца бензина.

На горизонтальной оси номограммы отложены температуры характерных точек разгонки бензина, а на вертикальной – температуры наружного воздуха.

Для оценки пусковых свойств найти два значения температуры наружного воздуха, являющиеся нижними границами легкого и затрудненного пуска двигателя, для чего на горизонтальной оси отметить точку, соответствующую $t_{10\%}$. Из нее восстановить перпендикуляр до пересечения с наклонными сплошными линиями. Из точек пересечения провести горизонтальные линии на вертикальную ось номограммы, где прочесть ответ.

Подобным образом оценить бензин по остальным показателям и сделать заключение по форме:



Области: 1 - возможного образования паровых пробок; 2 – легкого пуска двигателя; 3 – затрудненного пуска двигателя; 4 – практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 – быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 – медленного прогрева и плохой приемистости; 7 – незначительного разжижения масла в картере; 8 – заметного разжижения масла в картере; 9 – интенсивного разжижения масла в картере

Рисунок 9 – Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки.

Таблица 8 – Оценка эксплуатационных свойств бензина по данным разгонки

	Температура, °С
Самая низкая температура окружающего воздуха, при которой возможно	
Образование паровых пробок	
Самая низкая температура окружающего воздуха, при которой возможно	
Обеспечение легкого пуска двигателя	
Обеспечение затрудненного пуска двигателя	
Обеспечение быстрого прогрева и хорошей приемистости	
Незначительное разжижение масла в картере	
Заметное разжижение масла в картере	

Процедура определения процента выпаривания или процента отогнанного продукта при заданном значении температуры по СТБ 1934-2009

Во многих технических условиях установлены требования к значениям процента выпаривания или отогнанного продукта при заданных значениях температуры: максимальных, минимальных или диапазонах. Данные значения часто обозначают как **Exxx** или **Rxxx**, где **xxx** - заданная температура. **Exxx** – это процент выпаривания при заданной температуре **xxx**, **Rxxx** – процент отогнанного продукта при заданной температуре **xxx**.

E100 и E150, означающие процент выпаривания при 100 °С и 150 °С соответственно, определяют для реформулированного бензина. E70, процент выпаривания при температуре перегонки 70 °С, используется для описания свойств летучести топлив. Например, по СТБ 1656-2016 выделяют: объемную долю испарившегося бензина при 70 °С (E70); объемную долю испарившегося бензина при 100 °С (E100); объемную долю испарившегося бензина при 150 °С (E150).

Процент выпаривания (percent evaporated) - это сумма процента отогнанного продукта и процента потерь.

Процент отогнанного продукта (percent recovered) -это объем конденсата, отмечаемый в цилиндре-приемнике одновременно с показанием термометра и выраженный в процентах от объема испытываемой части пробы.

Определяют барометрическое давление и рассчитывают поправку к заданному значению температуры $t = xxx \text{ }^{\circ}\text{C}$ и корректируют требуемую температуру.

В интервале $\pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ от предполагаемого скорректированного значения температуры записывают значения температуры через каждый 1 % (V/V).

Если перегонка проводится для определения значения **Exxx**, то ее завершают после того, как будет собрано около 2 мл дистиллята после достижения заданной температуры. Затем дистилляту дают стечь в мерный цилиндр. Содержимое колбы выдерживают для охлаждения до температуры ниже приблизительно 40 °С и переливают в мерный цилиндр. Записывают объем продукта в мерном цилиндре с точностью до 0,5 мл через каждые 2 мин до отсутствия расхождения между двумя последовательными результатами определения.

Количество продукта, отогнанного в мерный цилиндр, является процентом отгона **Rxxx**. Количество потерь определяют вычитанием процента отгона из 100,0.

Для определения значений **Exxx** прибавляют процент потерь к проценту отогнанного продукта **Rxxx**.

Содержание отчета

Тема, цель, задание, протокол дистилляции (*таблица 7*) с необходимыми расчетами и формулами, график перегонки образца бензина по экспериментальным данным (по скорректированной температуре) и по данным стандарта на данную марку бензина, *таблица 8* – Оценка эксплуатационных свойств бензина по данным разгонки, ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое фракционный состав бензина?
2. Какие основные фракции выделяют при перегонке бензина, какими температурами они определяются?
3. Как влияет давление насыщенных паров бензина на работу двигателя?
4. Как влияет температура выкипания первых 10% топлива на работу двигателя?
5. Как влияет температура выкипания 50% топлива на работу двигателя?
6. Как влияют температура выкипания 90% топлива и температура конца перегонки (конца кипения) на работу двигателя?
7. На сколько классов по испаряемости подразделяются бензины в соответствии с СТБ 1656-2016 и какие классы являются летними, зимними и переходными?
8. Какие классы бензинов в соответствии с СТБ 1656-2016 рекомендуется применять на территории РБ и в какой период?
9. Какими показателями оценивается фракционный состав бензина в соответствии с СТБ 1656-2016?
10. Дайте определение следующим терминам: *Температура начала кипения, Температура выкипания, Процент отогнанного продукта, Процент выпаривания.*
11. Как определяется *процент остатка при перегонке бензина?*

Список использованных источников

1. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. Лабораторный практикум. – 2-е изд. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 304 с.
2. СТБ 1656-2016 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия».
3. СТБ 1934-2009 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном давлении»
4. СТБ ИСО 3405-2003 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава при атмосферном давлении»
5. Геленов А. А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие для студ. Учреждений сред. Проф. Образования / А. А. Геленов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.

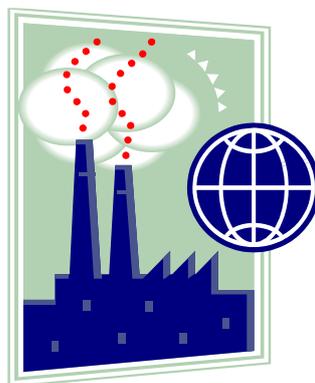
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«Брестский государственный технический университет»**

КАФЕДРА «МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам
по дисциплине
«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»
для студентов специальности
**6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов**

Часть 2



Брест 2024

УДК 629.3.027(075)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальности 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов часть 2, содержат методику выполнения лабораторных работ по определению характеристик дизельного топлива, а также могут использоваться при подготовке к зачету.

Издается в 3 частях. Часть 2.

Составитель: С. В. Монтик, зав. кафедрой ТЭА, доцент, к.т.н.;

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение качества дизельного топлива

Цель работы:

- закрепление знаний по качеству дизельного топлива;
- изучение нормативно-технической документации по качеству дизельного топлива;
- изучение методов проведения контрольного анализа дизельного топлива;
- приобретение навыков по контролю и оценке качества дизельного топлива.

Время на проведение работы — 4 часа.

Задание

1. Оценить испытуемый образец по внешним признакам.
2. Провести анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей.
3. Определить наличие непредельных углеводородов в дизельном топливе
4. Измерить плотность дизельного топлива
5. Измерить кинематическую вязкость дизельного топлива.
6. Составить отчет о работе.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

1 Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1658-2015 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия»

Стандарт СТБ 1658-2015 распространяется на дизельное топливо для использования в двигателях внутреннего сгорания с воспламенением топливо-воздушной смеси от сжатия.

В зависимости от климатических условий применения, определяемых предельной температурой фильтруемости (cold filter plugging point - CFPP), дизельное топливо подразделяется на:

- летнее (Л) - CFPP выше минус 15 °С;
- межсезонное (Е) - CFPP не выше минус 15 °С;
- зимнее (З) - CFPP не выше минус 20 °С;
- арктическое (А) - CFPP не выше минус 38 °С.

В зависимости от климатических условий применения стандарт устанавливает **шесть сортов и пять классов** дизельного топлива.

В зависимости от климатических условий применения, стандарт устанавливает следующие шесть сортов и пять классов для дизельного топлива:

- сорта А, В, С, D - для летнего (Л) дизельного топлива;
- сорта Е, F - для межсезонного (Е) дизельного топлива;
- классы 0, 1, 2 - для зимнего (З) дизельного топлива;
- классы 3, 4 - для арктического (А) дизельного топлива.

Условное обозначение дизельного топлива, не содержащего метиловых эфиров жирных кислот (fatty acid methyl esters - FAME), включает наименование топлива, его марку, содержащую указание климатических условий применения и экологического класса, а также сорт или класс.

Пример - Дизельное топливо, не содержащее FAME, записывается следующим образом:

летнее: «Топливо дизельное ДТ-Л-К5, сорт В СТБ 1658»;

межсезонное: «Топливо дизельное ДТ-Е-К5, сорт F СТБ 1658»;

зимнее: «Топливо дизельное ДТ-З-К5, класс 1 СТБ 1658»;

арктическое: «Топливо дизельное ДТ-А-К5, класс 3 СТБ 1658».

Условное обозначение дизельного топлива, содержащего FAME, дополнительно включает значение номинального содержания FAME в виде сокращенного обозначения БХ (где Х - значение номинальной объемной доли FAME в процентах).

Пример - Летнее дизельное топливо, содержащее FAME, записывается следующим образом: «Топливо дизельное ДТ-Л-К5-Б5, сорт В СТБ 1658».

По физико-химическим и эксплуатационным показателям дизельное топливо должно соответствовать требованиям, установленным в таблицах 1 - 3.

Таблица 1 - Требования к дизельному топливу

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1 Цетановое число, не менее	51,0	ГОСТ ISO 5165, ГОСТ EN 15195, ГОСТ EN 16144, ГОСТ 32508
2 Цетановый индекс, не менее	46,0	СТБ ИСО 4264, [3]
3 Плотность при 15 °С, кг/м ³	820,0-845,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 12185
4 Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, %, не более	8,0	ГОСТ EN 12916
5 Содержание серы, мг/кг, не более: - экологический класс К5	10,0	ГОСТ ISO 20846, ГОСТ ISO 20884
6 Содержание марганца, мг/дм ³ , не более	2,0	
7 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	55	ГОСТ ISO 2719
8 Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,30	ГОСТ ISO 10370
9 Массовая доля золы, %, не более	0,010	ГОСТ ISO 6245
10 Массовая доля воды, %, не более	0,020	СТБ ИСО 12937
11 Содержание механических примесей, мг/кг, не более	24	ГОСТ EN 12662
12 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), класс	Класс 1	ГОСТ ISO 2160
13 Объемная доля метиловых эфиров жирных кислот (FAME), %, не более	7,0	ГОСТ EN 14078
14 Стойкость к окислению: - г/м ³ , не более - ч, не менее	25 20	СТБ ИСО 12205, ГОСТ EN 15751
15 Смазывающая способность: диаметр пятна износа (WSD) при 60 °С, мкм, не более	460	ГОСТ ISO 12156-1
16 Вязкость при 40 °С, мм ² /с	2,00-4,50	СТБ ИСО 3104, ГОСТ 31391
17 Фракционный состав: - при 250 °С перегоняется, об. %, менее - при 350 °С перегоняется, об. %, не менее - 95 об. % перегоняется при температуре, °С, не выше	65 85 360	ГОСТ ISO 3405, ГОСТ ISO 3924

Таблица 2 - Требования, определяемые климатическими условиями применения. Умеренный климат

Наименование показателя	Значение для сорта						Метод испытания
	Сорт А	Сорт В	Сорт С	Сорт D	Сорт Е	Сорт F	
Предельная температура фильтруемости (CFPP), °С, не выше	5	0	-5	-10	-15	-20	ГОСТ EN 116, ГОСТ EN 16329

Таблица 3 - Требования, определяемые климатическими условиями применения. Арктический и холодный зимний климат

Наименование показателя	Предельные значения					Метод испытания ¹⁾
	Класс 0	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	
1 Предельная температура фильтруемости (CFPP), °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44	ГОСТ EN 116, ГОСТ EN 16329 ^{2>}
2 Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34	СТБ ЕН 23015
3 Плотность при 15 °С, кг/м ³	800,0-845,0	800,0-845,0	800,0-840,0	800,0-840,0	800,0-840,0	ГОСТ ISO 3675, СТБ ИСО 12185
4 Вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,500-4,000	1,500-4,000	1,500-4,000	1,400-4,000	1,200-4,000	СТБ ИСО 3104, ГОСТ 31391
5 Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0	ГОСТ ISO 5165, ГОСТ EN 15195, ГОСТ EN 16144, ГОСТ 32508
6 Цетановый индекс, не менее	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0	СТБ ИСО 4264
7 Фракционный состав: - при 180 °С перегоняется, об. %, не более - при 360 °С перегоняется, об. %, не менее	10 95	10 95	10 95	10 95	10 95	ГОСТ ISO 3405, ГОСТ ISO 3924

2 Определение наличия механических примесей и воды

Топливная аппаратура современных дизельных автомобилей предъявляет высокие требования к чистоте применяемых топлив. В них не должно содержаться механических примесей и воды. При транспортировке, хранении и заправке велика вероятность попадания в топливо механических примесей. Это может быть атмосферная пыль и влага, продукты коррозии, микроорганизмы.

Механические примеси в дизельном топливе (ДТ) повышают смолообразование, вызывают засорение системы топливоподачи, увеличивают количество отложений и нагара на форсунках, в камере сгорания, ухудшают надежность и долговечность систем топливоподачи, увеличивают расход топлива и дымность отработавших газов.

Наличие *воды* в топливе приводит к нарушениям в работе двигателя, невозможности его пуска, повышенной коррозии, увеличению нагарообразования. В ДТ вводят антикристаллизационные присадки.

3 Определение наличия непредельных углеводородов

Непредельные углеводороды способны во время транспортировки и хранения

полимеризоваться и превращаться в смолы. Это вредно отражается на работе двигателя в виде образования на деталях твердых отложений (нагара, лаков).

Примером непредельных углеводородов (олефинов) являются *этилен* C_2H_4 , *бутен* C_4H_8 . Непредельные углеводороды нежелательны во всех нефтепродуктах, их удаляют путем очистки. Предельное содержание олефинов в дизельных топливах ограничивается стандартами.

4 Анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей

Нефтепродукты (топлива, масла) должны обладать минимальным коррозионным воздействием на металлы. Коррозионность нефтепродуктов обуславливается содержанием в них водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот и сернистых соединений. Наличие водорастворимых кислот в дизельном топливе не допускается.

При определении содержания водорастворимых кислот в топливах простейшим (качественным) методом достаточно определенное количество дизельного топлива (в данном случае бензина) смешать с таким же количеством дистиллированной воды и после отстаивания водную вытяжку испытать индикаторами.

5 Измерение плотности дизельного топлива

Плотность ДТ вместе с вязкостью оказывает значительное влияние на смесеобразование. С повышением плотности увеличивается дальность факела, снижается экономичность и растет дымность отработавших газов.

В соответствии со стандартом СТБ 1658-2015 плотность дизельного топлива при $15^{\circ}C$ должна быть 820,0-845,0 кг/м³. Плотность определяется в соответствии с СТБ ИСО 3675.

Плотность ДТ определяется с помощью **ареометра** (или **нефтеденсиметра**).

Плотность принадлежит к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топлива двигателей. Она в основном используется при пересчете объемных единиц нефтепродуктов в массовые и наоборот.

Учет на нефтебазах, перевозка и оптовая закупка ДТ производится в массовых единицах. Розничная продажа ДТ и его отпуск при заправке баков транспортных средств производится в литрах. Нормы расхода бензина автотранспортом устанавливаются, также в объемных единицах.

Следовательно система, учета и отчетности» а также расчеты при составлении, заявок на снабжение должны предусматривать перевод количеств из массовых единиц в объемные и обратно. Кроме того, контроль наличия и остатков в емкостях автомобильных заправочных станций (АЗС) также невозможен без четко налаженного перевода **массовых единиц**, измерения, в **объемные**.

Пересчет осуществляют следующим образом. Количество бензина в массовых единицах равно

$$G_t = V_t \cdot \rho_t, \text{ кг} \quad (1)$$

где V_t - количество бензина в объемных единицах, л; ρ_t - плотность бензина при той же температуре, кг/л.

При обратном пересчете и тех же обозначениях

$$V_t = \frac{G_t}{\rho_t}, \text{ л} \quad (2)$$

Согласно стандартной методике плотность нефтепродуктов определяется при любой температуре, но обязательно приводят ее к стандартной температуре $15^{\circ}C$. С повышением температуры плотность нефтепродуктов уменьшается, а с понижением - увеличивается. Плотность приводят к температуре $15^{\circ}C$ по следующей формуле:

$$\rho_{15} = \rho_t + \gamma(t - 15) \quad (3)$$

где ρ_{15} - плотность нефтепродукта при температуре $15^{\circ}C$, кг/м³; ρ_t - плотность

нефтепродукта при t , $кг/м^3$; γ - температурная поправка, $кг/м^3$ на $1^\circ C$; t – температура нефтепродукта в момент измерения плотности, $^\circ C$.

6 Определение кинематической вязкости дизельного топлива

Вязкость (внутреннее трение) – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному перемещению ее слоев под действием внешних сил. Различают динамическую и кинематическую вязкости.

Динамическая вязкость η_t – это отношение применяемого напряжения сдвига к скорости сдвига жидкости. Динамическая вязкость η_t измеряется в $Па \cdot c$.

Кинематическая вязкость ν_t – это сопротивление жидкости течению под действием силы тяжести. Кинематическая вязкость ν_t измеряется в $м^2/с$.

В стандартах на дизельное топливо указывается кинематическая вязкость, которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности при заданной температуре:

$$\nu_t = \frac{\eta_t}{\rho_t}.$$

Если вязкость топлива слишком высокая, то оно будет с трудом проходить через фильтры, форсунки и т.д. Низкая вязкость ДТ ухудшает смазывание плунжерной пары насоса высокого давления и уменьшает цикловую подачу топлива. Кроме того, от вязкости зависит качество распыления.

Для определения вязкости дизельных топлив используют вискозиметры (например, ВПЖ-4).

В соответствии со стандартом СТБ 1658-2015 вязкость дизельного топлива при $40^\circ C$ должна быть в пределах $2,00-4,50$ $мм^2/с$. Вязкость дизельного топлива определяется в соответствии со стандартом СТБ ИСО 3104 -2003 «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости».

Экспериментальная часть

1 Определение наличия механических примесей и воды (качественно)

Оборудование и материалы:

- стеклянный цилиндр диаметром $40-55$ мм;
- образец испытуемого дизельного топлива (ДТ).

Порядок выполнения работы:

1. Анализируемое ДТ налить в стеклянный цилиндр.
2. Определить визуальным осмотром наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц
3. Определить наличие или отсутствие водного слоя на дне цилиндра и характерной мути.
4. Результаты оценки записать в отчет.

2 Определение наличия непредельных углеводородов

Оборудование и материалы:

- образцы дизельных топлив;
- водный раствор марганцево-кислого калия;
- пробирки.

Порядок проведения работы:

1. В пробирки налить равные объемы (примерно 10 мл) нескольких видов испытуемого топлива и водного раствора марганцево-кислого калия.
2. Смесь хорошо взболтать в течение 10... 15 с и дать отстояться. Если фиолетовая окраска водного раствора марганцево-кислого калия переходит в бурую и выпадает бурый осадок на дно пробирки, то в топливе имеются неперелетные углеводороды. Если в течение двух минут фиолетовая окраска водного раствора марганцево-кислого калия не изменится, то в топливе неперелетные углеводороды отсутствуют.
3. Результаты оценки записать в отчет.

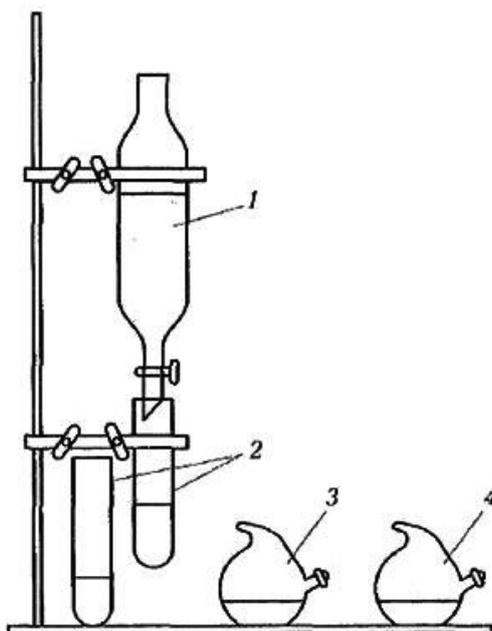
3 Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей

Оборудование и материалы:

- воронка делительная;
- пробирки;
- штатив;
- цилиндр мерный на 10 мл;
- дистиллированная вода;
- стакан химический;
- фенолфталеин (1%-ный спиртовой раствор);
- метиловый оранжевый (0,02%-ный водный раствор);
- образец топлива.

Порядок проведения работы:

1. Пробу топлива, подготовленную для испытания, хорошо перемешать трехминутным встряхиванием в склянке.
 2. Из перемешанной пробы отмерить мерным цилиндром 10 мл топлива и слить в делительную воронку.
 3. Отмерить 10 мл дистиллированной воды и также слить в воронку. Воронку делительную закрыть пробкой, снять со штатива и содержимое перемешать взбалтыванием (но не слишком энергично) в течение 30—40 с. При этом имеющиеся в продукте водорастворимые кислоты и щелочи растворяются в воде.
 4. После взбалтывания воронку опять укрепить на штативе и дать смеси отстояться.
 5. После отстаивания водную вытяжку слить в стакан.
 6. Водную вытяжку из стакана налить в две пробирки.
 7. В одну из пробирок с водной вытяжкой испытуемого топлива прибавить две капли раствора метилоранжа, а в другую — три капли спиртового раствора фенолфталеина и содержимое в обеих пробирках хорошо взболтать. Сопоставляя полученные цвета индикаторов с данными *таблицы 7*, сделать заключение о наличии или отсутствии в испытуемом образце водорастворимых кислот или щелочей.
- Возможно использовать также индикаторную бумагу вместо растворов фенолфталеина или метилоранжа.



1- делительная воронка, 2- пробирки, 3 и 4 – капельницы

Рисунок 1 — Прибор для определения водорастворимых кислот и щелочей:

Топливо считается выдержавшим испытание, если водная выдержка остается нейтральной. В противном случае опыт надо повторить, предварительно тщательно вымыв посуду и ополоснув ее дистиллированной водой. Если в результате второго испытания водная вытяжка получается кислой или щелочной, топливо бракуют.

Таблица 4 - Окраска индикаторов в различных средах

<i>Среда</i>	<i>Метилоранж</i>	<i>Фенолфталеин</i>
<i>Щелочная</i>	<i>Желтая</i>	<i>Малиновая</i>
<i>Нейтральная</i>	<i>Оранжевая</i>	<i>Бесцветная</i>
<i>Кислая</i>	<i>Красная</i>	<i>Бесцветная</i>

8. Результат испытания записать в отчет.

4 Измерение плотности дизельного топлива

Оборудование и материалы:

- образец дизельного топлива;
- набор ареометров для нефтепродуктов с термометром АНТ-1 по ГОСТ 18481-81 (ареометр АНТ-1 770-830 (диапазон измерения плотности 770-830 кг/м³); ареометр АНТ-1 830-890 (диапазон измерения плотности 8300-890 кг/м³); цена деления 0,5 кг/м³)
- стеклянный цилиндр.

Порядок проведения работы:

1. В стеклянный цилиндр аккуратно по стенке налить ДТ, причем температура ДТ не должна отклоняться от температуры помещения, в котором производят измерения, более чем на ± 5 °С

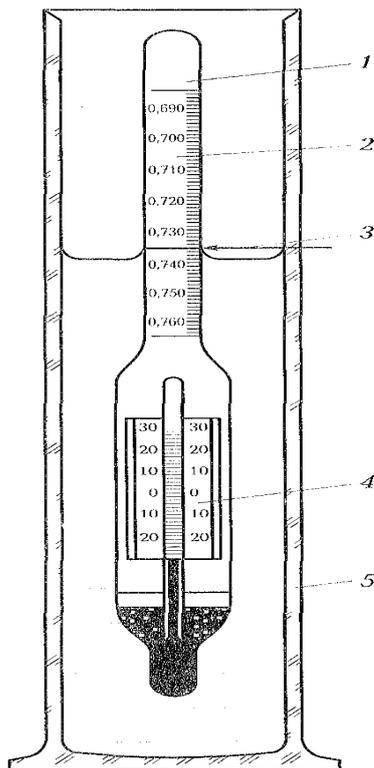
2. Чистый и сухой нефтенсиметр медленно погружается в ДТ до момента его свободной плавучести (следите за тем, чтобы уровень ДТ не поднялся выше края цилиндра).

3. Произвести отсчет по верхнему краю мениска (рисунк 2). Во избежание ошибки, глаз наблюдателя должен находиться на уровне мениска,.

4. Температуру бензина определить по впаянному в нефтенсиметр термометру,

5. Привести замеренную плотность к стандартному значению ρ_{15} , учитывая температурную поправку (таблица 5). Приведенную плотность следует округлить до третьего знака после запятой.

6. Полученное значение плотности сравнить со значением, указанным в стандарте для данной марки ДТ.



1 — ареометр (нефтенсиметр); 2 - шкала плотности; 3 - линия отсчета плотности; 4 - шкала термометра; 5 - стеклянный цилиндр

Рисунок 2 - Прибор для определения плотности нефтепродуктов

Таблица 5 – Значения температурных поправок для определения плотности нефтепродуктов

Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ • °С)	Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ • °С)
690—699	0,910	850—859	0,699
700—709	0,897	860—869	0,686
710—719	0,884	870—879	0,673
720—729	0,870	880—889	0,660
730—739	0,857	890—899	0,647
740—749	0,844	900—909	0,633
750—759	0,831	910—919	0,620
760—769	0,818	920—929	0,607
770—779	0,805	930—939	0,594

<i>Плотность, ρ, кг/м³</i>	<i>Температурная поправка, γ, кг/(м³ · °С)</i>	<i>Плотность, ρ, кг/м³</i>	<i>Температурная поправка, γ, кг/(м³ · °С)</i>
780—789	0,792	940—949	0,581
790—799	0,778	950—959	0,567
800—809	0,765	960—969	0,554
810—819	0,752	970—979	0,541
820—829	0,738	980—989	0,528
830—839	0,725	990—1000	0,515
840—849	0,712	—	—

5 Измерение вязкости дизельного топлива

Оборудование и материалы:

- образец дизельного топлива
- стеклянный капиллярный вискозиметр ВПЖ-4 ГОСТ 10028-81 (номинальный диаметр капилляра 0,62 мм, диапазон измерения вязкости от 2 до 10 мм²/с) (время истечения жидкости через капилляр вискозиметра должно быть не менее чем 200 с);
- устройство термостатирующее измерительное «Термостат А2».

Назначение, технические характеристики, конструкция и принцип действия устройства термостатирующего измерительного «Термостат А2», порядок работы с ним

1 Назначение устройства

Устройство предназначено для создания термостатированной рабочей среды и измерения ее температуры в лабораторных условиях.

Устройство выполнено в едином корпусе и состоит из термостатированной ванны в корпусе с защитным кожухом и блока управления.

Устройство обеспечивает цифровую индикацию измеряемой температуры рабочей среды и поддержание температуры в течение заданного времени.

2 Основные технические данные и характеристики

Габаритные размеры, не более	400x650x500 мм
Размер рабочей камеры, не более	Ø250, глубина 330 мм
Масса устройства, не более	20 кг
Диапазон измерения и поддержания рабочей среды	от 20 до 100°С
Время установления рабочего режима на температуре:	
от 20 до 40 °С включительно	не более 0,5 часа
от 40 до 100 °С включительно	не более 1 часа



Рисунок 3 - устройство термостатирующее измерительное «Термостат А2»

Устройство выполняет следующие функции:

- задание требуемой температуры в термостатируемой ванне;
- поддержание заданной температуры в термостатируемой ванне;
- измерение и отображение текущей температуры в термостатируемой ванне;
- индикацию работы нагревателя и звуковую сигнализацию различных режимов работы устройства;
- автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) одновременно для 3-х различных вискозиметров с предварительным заданием калибровочных постоянных этих вискозиметров и измерением времени истечения при помощи 3-х встроенных независимых секундомеров.

3 Устройство и принцип работы

Конструкция устройства

Термостат состоит из 2-х основных узлов: термостатированной ванны в корпусе с защитным кожухом и блока управления.

Термостатированная ванна - прозрачный стеклянный цилиндрический сосуд СЦ-

15л по ГОСТ 23932-79 или ГОСТ 25336-82.

Блок управления включает в себя устройство перемешивания, нагреватель, датчик температуры и электронный блок, на передней панели которого, закреплены платы цифрового индикатора, клавиатуры, кнопка управления секундомерами и разъем для подключения пульта управления секундомерами.

Блок питания и печатные платы блока управления термостата размещены на шасси электронного блока и соединены между собой разъемами.

Исходные данные о заданном режиме работы устройства заносятся в память прибора с клавиатуры.

Обозначение клавиш на клавиатуре представлено на рисунке 4.

C_3 +100°C	Сек. 3	Пароль 6	V_3 9
C_2 +50°C	Сек. 2	Звук 5	V_2 8
C_1 +40°C	Сек. 1	Трез. 4	V_1 7
g +20°C	Режим 0	СТОП	ПУСК

Рисунок 4 - Обозначение клавиш на клавиатуре

Назначение клавиш клавиатуры термостата приведено ниже:



– осуществляет выход из текущего режима работы, прерывает набор любой команды («СТОП»);



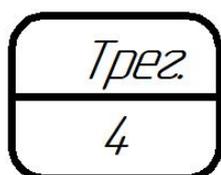
– осуществляет запуск набранной команды («Пуск»);



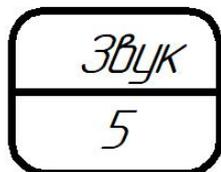
– устанавливает требуемый режим работы прибора («Режим / 0»);



–используются для выбора одного из трех встроенных независимых секундомеров («Сек. / 1», «Сек. / 2», «Сек. /3»);



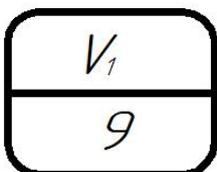
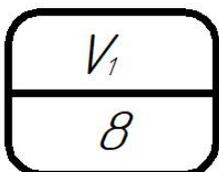
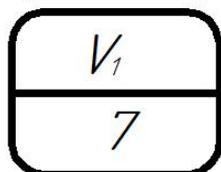
– устанавливает требуемую температуру регулирования термостата («Трег. / 4»);



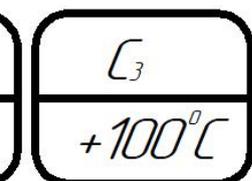
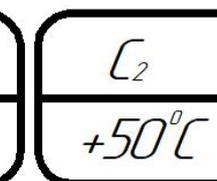
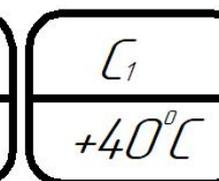
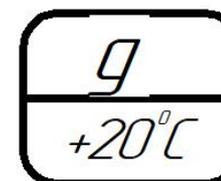
– включает или выключает звуковую сигнализацию («Звук / 5»);



–используется для защиты калибровочных процедур от несанкционированного доступа или случайной (ошибочной) перекалибровки прибора («Пароль / 6»);



–используются для отображения рассчитанных значений кинематической вязкости для одного из трех вискозиметров («V₁ / 7», «V₂ / 8», «V₃ / 9»);



–используются для быстрой установки соответствующей температуры регулирования, ввода ускорения силы тяжести g (ускорения

свободного падения) для испытательной лаборатории и калибровочных постоянных вискозиметров («g / +20°C», «C₁ / +40°C», «C₂ / +50°C», «C₃ / +100°C»).

4 Порядок работы с «Термостат А2»

Внимание! Запрещается эксплуатировать устройство при отсутствии в сетевой розетке заземляющего контакта, подключенного к шине защитного заземления.

Сетевой выключатель, расположенный на лицевой панели электронного блока устройства, установить в положение «СЕТЬ ВЫКЛ.».

Вставить сетевую вилку прибора в розетку 220 В, 50 Гц.

Включить прибор. Для этого сетевой выключатель перевести в положение «СЕТЬ ВКЛ.». Успешный пуск прибора сопровождается характерной звуковой мелодией. На индикаторе отображается текущая температура рабочей среды в градусах Цельсия. При необходимости оператор может задать новую температуру регулирования).

Выход прибора на заданную температуру регулирования, подтверждается каждую минуту короткой звуковой мелодией, чтобы привлечь внимание оператора. Выход на режим можно также контролировать и по показаниям индикатора.

Основные режимы работы.

Отображение температуры.

В этом режиме измеряемое значение температуры рабочей среды выводится на индикатор. Устройство переходит в этот режим автоматически после включения питания, после задания оператором новой температуры регулирования и некоторых других режимов работы.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В

разряде режим отображается символ , остальные разряды погашены.

Нажать клавишу «ПУСК». Текущая температура термостата до тысячных долей градуса отображается на индикаторе прибора в градусах Цельсия.

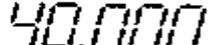
В разряде режим попеременно отображаются символы: , .

Установка фиксированных температур регулирования.

В термостате предусмотрена возможность быстрого ввода одной из фиксированных температур регулирования: 20, 40, 50 или 100°C.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ , остальные разряды погашены.

Нажать одну из клавиш «g / +20°C», «C₁ / +40°C», «C₂ / +50°C», «C₃ / +100°C» для выбора необходимой фиксированной температуры регулирования. На индикаторе отображается выбранное значение фиксированной температуры регулирования.

Например:  . Для ввода нажать клавишу «ПУСК».

При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение температуры регулирования остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после нажатия клавиши «ПУСК» звучит "веселый" звуковой сигнал, сигнализирующий о правильном вводе температуры регулирования.

Новое введенное значение температуры регулирования сохраняется в энергонезависимой памяти прибора, и термостат начинает отработывать выход на заданную температуру. При этом, если ведется нагрев, то светодиод НАГРЕВ мигает. Если нагрев не ведется, то светодиод погашен.

Автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов

Прибор выполняет автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) одновременно для 3-х различных вискозиметров с предварительным заданием калибровочных постоянных этих вискозиметров и измерением времени истечения при помощи 3-х встроенных независимых секундомеров.

При расчетах учитываются значений ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории.

Прибор выполняет расчет кинематической вязкости по формуле:

$$V_i = (g / 9.80665) \cdot C_i \cdot t_i$$

где i - логический номер вискозиметра (1,2 или 3);

V_i – кинематическая вязкость, мм²/с;

g - ускорение силы тяжести (ускорение свободного падения) для испытательной лаборатории, м/с²;

9.80665 - значение ускорения силы тяжести (ускорения свободного падения) на высоте 0 м над уровнем океана, м/с²;

C_i - калибровочная постоянная соответствующего вискозиметра, мм²/с²;

t_i - время истечения, измеренное соответствующим встроенным независимым секундомером, с.

Порядок проведения измерений:

- закрепить 1-3 вискозиметра в держателях, расположенных на рабочей плите устройства;
- назначить логические номера установленным вискозиметрам (1,2, 3);
- ввести значений ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории;
- ввести под соответствующими логическими номерами калибровочные постоянные для установленных вискозиметров;
- провести измерение времени истечения исследуемых нефтепродуктов на установленных вискозиметрах с помощью встроенных независимых секундомеров;
- отобразить результаты расчета значений кинематической вязкости для установленных вискозиметров.

Ввод значения ускорения силы тяжести g для испытательной лаборатории.

Если значение ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории не известно или погрешностью, при измерениях кинематической вязкости связанной с g можно пренебречь, значение ускорения силы тяжести g должно быть установлено 9.80665, что соответствует значению ускорения силы тяжести (ускорения свободного падения) на высоте 0 м над уровнем океана.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ \cup , остальные разряды погашены.

Сначала нажать клавишу «Режим / 0» (в разряде режим символ \cup мигает), затем клавишу « g / +20°C».

На индикаторе отображается символ G и ранее установленное(предыдущее)

значение ускорения силы тяжести g . Например: $G_9.80665$. Для ввода нажать клавишу «ПУСК». На индикаторе отображаются символы

$G_ \cup \cup \cup \cup \cup \cup$. Символ \cup , соответствующий вводимому разряду, мигает.

Ввести шестизначное число, соответствующее требуемому значению g . Например, для ввода значения 9.80665 оператор должен набрать 6 цифр: 980665. При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение g остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после ввода последней цифры звучит звуковой сигнал ("веселый" или "грустный"), соответствующий правильному или неправильному введенному значению g .

Новое введенное значение g сохраняется в энергонезависимой памяти прибора.

Ввод значений калибровочных постоянных вискозиметров

Калибровочная постоянная вискозиметра параметр, который указывается в паспорте для каждого вискозиметра. Прибор имеет возможность хранить калибровочные постоянные для 3-х вискозиметров C_1 , C_2 , C_3 соответственно с логическими номерами - 1, 2, 3. Логические номера калибровочных постоянных вискозиметров жестко связаны с логическими номерами встроенных независимых секундомеров и результатов расчета значений кинематической вязкости. Калибровочной постоянной вискозиметра C_1 ставится в соответствие секундомер Сек.1 и результат расчета

значения кинематической вязкости V_1 и т.д.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ \cup , остальные разряды погашены.

Сначала нажать клавишу «Режим / 0» (в разряде режим символ \cup мигает), затем одну из клавиш «С₁ / +40°C», «С₂ / +50°C», «С₃ / +100°C» для ввода необходимого значения калибровочной постоянной вискозиметра.

На индикаторе отображается логический номер выбранной калибровочной постоянной вискозиметра и ранее установленное (предыдущее) ее значение.

Например: $2_0.98264$ - калибровочная постоянная вискозиметра с логическим номером 2 (С₂) и значением 0.98264. Для ввода нажать клавишу «ПУСК». На

индикаторе отображаются символы $2_0.00000$. Символ \cup , соответствующий вводимому разряду, мигает. Ввести шестизначное число соответствующее требуемому значению калибровочной постоянной вискозиметра. Например, для ввода значения 0.84567 оператор должен набрать 6 цифр: 084567. При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение калибровочной постоянной вискозиметра остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после ввода последней цифры звучит звуковой сигнал ("веселый" или "грустный"), соответствующий правильному или неправильному введенному значению калибровочной постоянной вискозиметра.

Новое введенное значение калибровочной постоянной вискозиметра сохраняется в энергонезависимой памяти прибора.

Измерение времени истечения исследуемых нефтепродуктов с помощью встроенных независимых секундомеров

Прибор имеет 3 встроенных независимых секундомера Сек.1, Сек.2, Сек.3 соответственно с логическими номерами - 1, 2, 3. Логические номера встроенных независимых секундомеров жестко связаны с логическими номерами калибровочных постоянных вискозиметров и результатов расчета значений кинематической вязкости. Секундомеру Сек.1 ставится в соответствие калибровочная постоянная вискозиметра С₁ и результат расчета значения кинематической вязкости V_1 и т.д. Все три секундомера полностью автономны и могут работать одновременно, могут быть запущены, остановлены, сброшены в произвольные моменты времени оператором. Это позволяет одновременно проводить 3 опыта по измерению времени истечения исследуемых нефтепродуктов.

Измеряемый интервал времени каждым секундомером 0...999,99 секунд. Разрешение 0,01 секунды.

Каждый из секундомеров может находиться в одном из 3-х состояний:

«сброс»;

«пуск»;

«стоп».

Перевод из одного состояния в другое осуществляется по циклу однократным нажатием на специальную кнопку «СЕКУНДОМЕР», расположенную на передней панели электронного блока устройства или на кнопку пульта управления секундомерами. Кнопка «СЕКУНДОМЕР» общая для всех 3-х секундомеров и воздействует только на тот секундомер, который выбран в данный момент времени. Для оперативности, кнопка «СЕКУНДОМЕР» воздействует на соответствующий секундомер и в

режимах отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (в режиме V_1 - на секундомер 1, в режиме V_2 — на секундомер 2, в режиме V_3 - на секундомер 3).

В состоянии «сброс» выбранный секундомер не работает, на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и нулевое время.

Например: $2 \quad 0.00c$. Секундомер 2 готов к пуску. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к пуску секундомера, и он начнет отсчет времени.

В состоянии «пуск» выбранный секундомер работает (ведется отсчет времени), на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера, символ c в правом крайнем разряде мигает, оператор наблюдает отсчеты времени на индикаторе. Например: $2 \quad 43.59c$. Выбранный секундомер 2 работает. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к останову выбранного секундомера.

В состоянии «стоп» выбранный секундомер не работает, на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера, символ c в правом крайнем разряде не мигает, на индикаторе отображается измеренный интервал времени. Например: $2 \quad 329.68c$. Выбранный секундомер 2 остановлен, измеренный интервал времени равен 329,68 секунды. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к сбросу (обнулению) показаний секундомера.

При переполнении секундомера, т.е. превышении интервала времени 999,99 секунды, секундомер автоматически останавливается (переводится в состояние «стоп»). На индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и символы переполнения. Например: $2 \quad cccc$. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к сбросу (обнулению) показаний секундомера.

Последовательность работы с секундомерами:

- для выхода из текущего режима работы нажать клавишу «СТОП». В разряде режим отображается символ u , остальные разряды погашены;
- для выбора необходимого секундомера нажать одну из клавиш «Сек. / 1», «Сек. / 2», «Сек. / 3». На индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и состояние секундомера для одного из установленных в данный момент режимов его работы («сброс», «пуск» «стоп»),
- нажимая кнопку «СЕКУНДОМЕР» перевести его в необходимое состояние;
- повторить выше указанные действия, начиная со второго пункта для i других секундомеров.

Для оперативности, переход между режимами секундомеров (Сек.1, Сек.2, Сек.3) и режимами отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (V_1 , V_2 , V_3) может выполняться непосредственно с помощью нажатия соответствующей клавиши, без использования клавиши «СТОП».

Отображение результатов расчета значений кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов

Логические номера результатов расчета значений кинематической вязкости жестко связаны с логическими номерами калибровочных постоянных вискозиметров и встроенных независимых секундомеров. Результату расчета значения кинематической вязкости V_1 ставится в соответствие калибровочная постоянная вискозиметра C_1 и секундомер Сек. 1 и т.д.

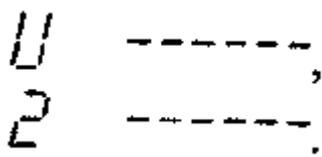
Автоматический расчет значения кинематической вязкости выполняется после того, как соответствующий секундомер переходит в состояние «стоп».

Чтобы отобразить результат расчета значения кинематической вязкости нажать одну из клавиш «V₁ / 7», «V₂ / 8», «V₃ / 9», если перед этим был установлен режим секундомера (Сек.1, Сек. 2, Сек.3). Или же нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ , остальные разряды погашены. Затем нажать одну из клавиш «V₁ / 7» «V₂ / 8», «V₃ / 9».

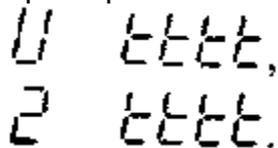
В разряде режим попеременно отображаются символ  и логический номер результата расчета значения кинематической вязкости. На индикаторе отображается результат расчета значения кинематической вязкости. Например:



Если соответствующий секундомер находится в состоянии «пуск» (ведется отсчет времени), то на индикаторе отображаются символы:



При переполнении секундомера на индикаторе отображаются символы:



Для оперативности, переход между режимами отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (V₁, V₂, V₃) и режимами секундомеров (Сек.1, Сек.2, Сек.3) может выполняться непосредственно с помощью нажатия соответствующей клавиши, без использования клавиши «СТОП».

Порядок проведения работы

Вязкость дизельного топлива определяется в соответствии со стандартом СТБ ИСО 3104 -2003 «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости».

Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в измерении калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения, в секундах, определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра.

Для измерения кинематической вязкости дизельного топлива используется вискозиметр типа Пинкевича ВПЖ-4, ВПЖТ-4 (рисунок 5)

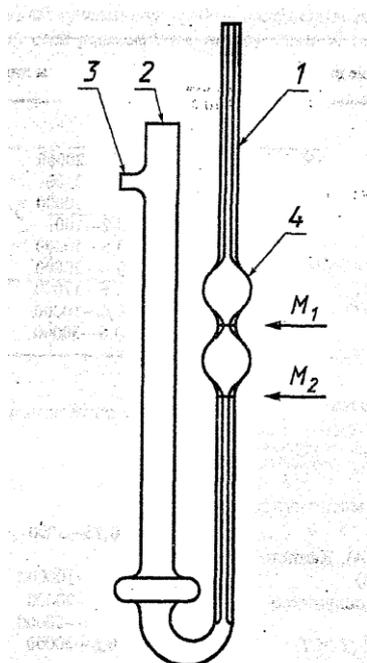


Рисунок 5 – Вискозиметр типа Пинкевича (ВПЖТ-4, ВПЖ-4)

На отводную трубку 3 надевают резиновую трубку. Далее, зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в сосуд с нефтепродуктом и засасывают его (с помощью резиновой груши, водоструйного насоса или иным способом) до отметки M_2 , следя за тем, чтобы в жидкости не образовывались пузырьки воздуха. В момент, когда уровень жидкости достигает отметки M_2 , вискозиметр вынимают из сосуда и быстро переворачивают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток жидкости и надевают на него резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат так, чтобы расширение 4 было ниже уровня жидкости. После выдержки в термостате не менее 15 мин засасывают жидкость в колено 1 примерно до 1/3 высоты расширения 4. Соединяют колено 1 с атмосферой и определяют время перемещения мениска жидкости от метки M_1 до M_2 .

Заполнение жидкостью термостата показано на рисунке 6, схема установки вискозиметра в термостат дана на рисунке 7.

В соответствии со стандартом СТБ ИСО 3104-2003 года вязкость ДТ определяется в следующей последовательности.

1 Вискозиметр заполняют пробой, как было описано ранее, и помещают в термостат (баню).

2 Заполненный вискозиметр выдерживают в бане до тех пор, пока он не прогреется до температуры проведения испытания. Если используется одна баня для нескольких вискозиметров, нельзя погружать или вынимать вискозиметры из бани, пока хотя бы один вискозиметр используют для определения времени истечения.

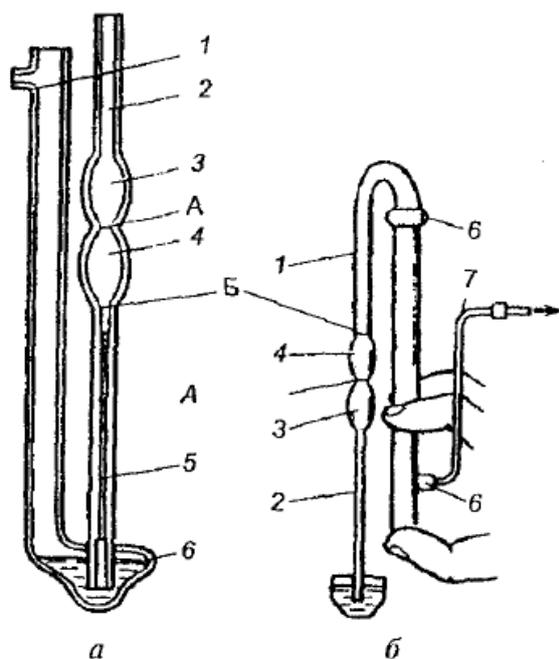
3 Используя отсос, регулируют высоту столбика пробы в капилляре до уровня, находящегося приблизительно на 7 мм выше первой временной метки.

4 При свободном истечении пробы определяют время, необходимое для перемещения мениска от первой до второй метки, с точностью до 0,1 с.

Если время истечения меньше установленного минимального (200 с), выбирают вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторяют определение.

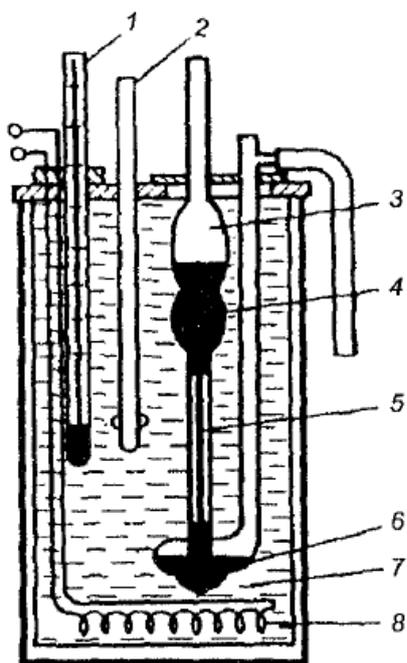
6 Повторяют процедуру, описанную в п.3,4 для проведения второго определения времени истечения. Записывают результат.

7 Рассчитывают среднее арифметическое значение двух значений времени истечения.



а – типа ВПЖ-2; *б* – типа Пинкевича; 1 – широкое колено; 2 – узкое колено; 3, 4, 6 – расширительные емкости; 5 – резиновая трубка; 7 – полый отросток; А – верхняя метка; Б – нижняя метка

Рисунок 6 – Заполнение жидкостью вискозиметра



1 – термометр; 2 – мешалка; 3, 4, 6 – расширения вискозиметра; 5 – капилляр вискозиметра; 7 – термостат (баня); 8 – электронагреватель

Рисунок 7 – Прибор для определения вязкости нефтепродуктов

Обработка результатов измерений выполняется следующим образом:
Кинематическую вязкость ν рассчитывают по формуле:

$$\nu = C \cdot t,$$

где ν - кинематическая вязкость, мм²/с;

C – постоянная вискозиметра, мм²/с²;

t – среднее арифметическое значение времени истечения, с.

Динамическую вязкость η рассчитывают на основании кинематической вязкости ν по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3},$$

где η - динамическая вязкость, мПа·с;

ρ - плотность при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м³;

ν - кинематическая вязкость, мм²/с.

Содержание отчета:

Тема, цель, задание, рисунок вискозиметра ВПЖ-4 и рисунок прибора для определения вязкости нефтепродуктов, расчет плотности ДТ, расчет кинематической вязкости ДТ, таблица 10 с результатами оценки качества ДТ, ответы на контрольные вопросы.

Таблица 6 – Результаты оценки качества бензина

Марка дизельного топлива, стандарт на него	Значение показателя	
	Полученное на основании проведенных анализов	По стандарту СТБ 1658-2015
Наименование показателя		
Наличие механических примесей		нет
Наличие воды		
Наличие водорастворимых кислот и щелочей		нет
Плотность, кг/м ³ , при 15°С		
Наличие непредельных углеводородов		нет
Характеристики капиллярного вискозиметра:		
- обозначение вискозиметра, стандарт		
- диаметр капилляра d, мм		
- постоянная вискозиметра C, мм ² /с ²		
Время истечения, с	t ₁ =	t ₂ =
Среднее арифметическое значение времени истечения, с		
Формула для расчета кинематической вязкости		
Кинематическая вязкость при 40°С, мм ² /с		
Заключение о соответствии образца требованиям стандарта		

Контрольные вопросы:

1. Что такое цетановое число дизельного топлива? Чему равно цетановое число и цетановый индекс дизельного топлива в соответствии с СТБ 1658-2015?
2. Укажите сорта дизельного топлива для умеренного климата по СТБ 1658-2015 и их предельные температуры фильтруемости?
3. Укажите классы дизельного топлива для арктического и холодного климата по СТБ 1658-2015 и их предельные температуры фильтруемости?
4. Для чего необходимо определять плотность дизельного топлива, какие используются для этого приборы?
5. К чему приводит наличие непредельных углеводород в топливе?
6. Каким показателем оценивается содержание органических кислот в ДТ, его единицы измерения, что он показывает?
7. К чему приводит наличие водорастворимых кислот и щелочей в топливе?
8. Как влияет вязкость дизельного топлива на смесеобразование, расход топлива и другие характеристики дизельного двигателя?
9. В чем заключается сущность метода определения кинематической вязкости топлива по СТБ ИСО 3104 -2003?
10. Что такое кинематическая вязкость? Укажите единицы ее измерения.
11. Что такое динамическая вязкость? Укажите единицы ее измерения. Как она связана с кинематической вязкостью?

Список использованных источников

1. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. Лабораторный практикум. – 2-е изд. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 304 с.
2. СТБ 1656-2016 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия».
3. СТБ 1658-2015 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия»
4. СТБ ИСО 3104 -2003 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости».
5. Техническим регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»
6. Устройство термостатирующее измерительное «Термостат А2» Паспорт 14789681.004-00.00.00 ПС.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

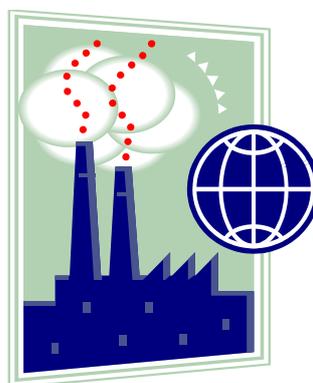
по дисциплине

«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

для студентов специальности

**6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов**

Часть 3



Брест 2024

УДК 629.3.027(075)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальности 6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов, часть 3, содержат методику выполнения лабораторных работ по определению характеристик моторных масел и охлаждающих жидкостей, а также могут использовать при подготовке к зачету. В 3 частях.

Составитель: С. В. Монтик, зав. кафедрой МЭА, доцент, к.т.н.;

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение качества моторного масла

Цель работы:

- закрепление знаний по качеству основных марок моторных масел;
- изучение нормативно-технической документации по качеству моторных масел;
- изучение методов проведения оценки качества моторного масла;
- приобретение навыков по оценке качества моторного масла.

Время на проведение работы — 4 часа.

Задание

- 1.Выполнить оценку диспергирующей способности моторного масла по методу «масляного пятна».
- 2.Определить кинематической вязкости моторного масла при 40 °С и 100 °С.
- 3.Выполнить расчет индекса вязкости.
- 4.Сделать заключение о соответствии данного образца масла требованиям нормативно-технической документации и пригодности к применению.
- 5.Составить отчет о работе.
- 6.Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Основная функция моторных масел - это снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую очередь, деталей цилиндропоршневой группы;
- эффективный отвод тепла от трущихся деталей, удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагаров, лаков, зольных отложений, шламов) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;
- высокую стабильность при окислении, механическом воздействии и обводнении, т.е. сохранение первоначальных свойств как в многообразных условиях применения, так и при длительном хранении;
- нейтрализацию кислот, образующихся при сгорании топлива и окисление масла;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежности двигателя.

Эксплуатационные требования к моторным маслам:

- оптимальные вязкостные свойства, предопределяющие надежную и экономичную работу агрегатов на всех эксплуатационных режимах;
- хорошая смазывающую способность для предотвращения интенсивного изнашивания трущихся деталей;
- достаточная химическая стойкость, обеспечивающая минимальное изменение свойств смазочного материала в процессе применения;

- высокая моющая, диспергирующе-стабилизирующая способность, обеспечивающая чистоту деталей двигателя;
- высокая термическая и термоокислительная стабильностью, что позволяет повысить предельную температуру нагрева масла в картере, увеличить срок замены;
- высокие противозадирные свойства;
- устойчивость к процессам испарения, вспенивания и образования эмульсий, а также к выпадению присадок;
- надежная защита трущихся поверхностей и других металлических деталей от коррозионного воздействия, как во время работы, так и при хранении автомобилей;
- совместимость с материалами уплотнения;
- малая летучесть, низкий расход на угар.

Вязкостно-температурные свойства моторных масел

Вязкость — свойство масла, связанное с внутренним трением между его слоями. Она уменьшается с ростом температуры масла и наоборот. Вязкостно-температурные свойства определяют выбор моторного масла для конкретного типа двигателя и условий его эксплуатации. При предельно высоких рабочих температурах в двигателе вязкость масла должна быть достаточной, чтобы обеспечить надежную смазку и работу узлов трения, низкий износ деталей, эффективное уплотнение сопряжений, малый прорыв картерных газов и расход масла на угар. При отрицательных температурах масло должно иметь относительно низкую вязкость, обеспечивающую эффективный пуск двигателя, своевременную подачу масла к парам трения и т. д.

Зимние масла обладают небольшой вязкостью для обеспечения холодного пуска двигателя при низких температурах. Они не обеспечивают надежного смазывания двигателя в летних условиях эксплуатации.

Летние масла, благодаря большой вязкости, надежно смазывают двигатель при высоких температурах, но не обеспечивают холодный пуск при температуре окружающего воздуха ниже 0°C.

Всесезонные масла при низких температурах обладают вязкостными свойствами зимних, а при высоких — летних масел.

Для получения всесезонных минеральных масел в маловязкие масла вводят **вязкостные присадки**. В качестве базовых масел используют маловязкие масла, у которых вязкость при 100°C менее 5 мм²/с, а в качестве **вязкостных** присадок такие полимерные соединения, как **полиизобутилен**, **полиметакрилаты**, **полиалкилстиролы** и др. (3-4%). Такие масла обычно называют **загущенными**. Принцип действия вязкостных присадок объясняется изменением объема макромолекул полимера: с понижением температуры он уменьшается (молекулы "свертываются" в клубки) и вязкость снижается, а при положительных температурах наоборот - клубки макромолекул "разворачиваются" в длинные разветвленные цепи, присоединяя молекулы базового масла, объем их становится больше, и вязкость масла возрастает

Всесезонные масла отличаются необходимым уровнем вязкости при положительных температурах (50–100°), пологой кривой изменения вязкости и, следовательно, высоким индексом вязкости (115–140 ед.) (см. ниже).

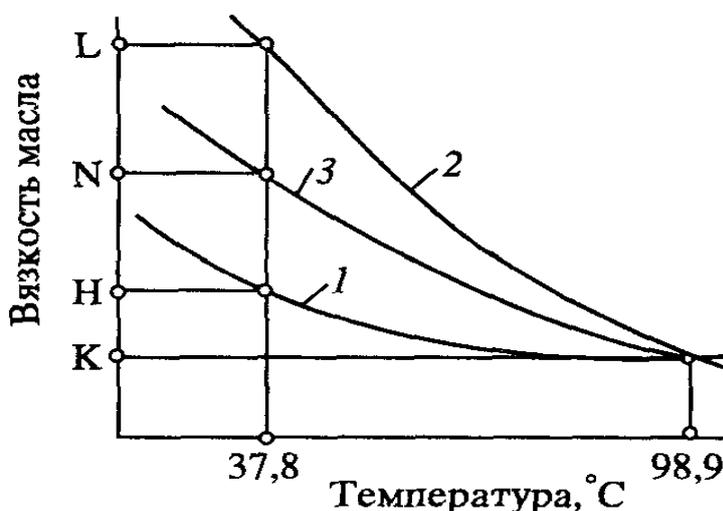
Для моторных масел определяют кинематическую вязкость при 100°C по стандартам **СТБ ИСО 3104-2003 «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Прозрачные и**

непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» или ГОСТ 33 -2000 (ИСО 3104-94).

Например, масло моторное для дизельных двигателей М-14-В₂ по ГОСТ 12337-84 имеет кинематическую вязкость 13,5-14,5 мм²/с при 100°С; масло моторное «НАФТАН ПРЕМЬЕР» SAE 10W-40 API SL/CF по ТУ ВУ 300042199.027-2011 имеет кинематическую вязкость 12,5-16,3 мм²/с при 100°С.

Вязкостно-температурные свойства масел оценивают по **индексу вязкости (ИВ)** – условному показателю, характеризующему степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры.

Индекс вязкости является результатом сопоставления вязкости данного масла (кривая 3) с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100 (имеет очень пологую вязкостно-температурную кривую 1), а второго - за 0 (обладает крутой вязкостно-температурной кривой 2) (см. рис. 1).



1- эталонное масло с хорошими вязкостно-температурными свойствами (ИВ=100); 2 - эталонное масло с плохими эталонными свойствами (ИВ=0); 3 – испытываемое масло

Рисунок 1 - Схема оценки вязкостно-температурных свойств масла по индексу вязкости

Чем меньше изменение вязкости масла в заданном интервале температур (более пологая кривая), тем лучше его вязкостно-температурные свойства и тем больше индекс вязкости этого масла.

Индекс вязкости определяется по стандарту ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81) «НЕФТЕПРОДУКТЫ Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости».

Например, масло моторное для дизельных двигателей (летнее) М-14-В₂ по ГОСТ 12337-84 имеет индекс вязкости не менее 85, а масло моторное «НАФТАН ПРЕМЬЕР» SAE 10W-40 API SL/CF по ТУ ВУ 300042199.027-2011 (всесезонное) имеет индекс вязкости не менее 140.

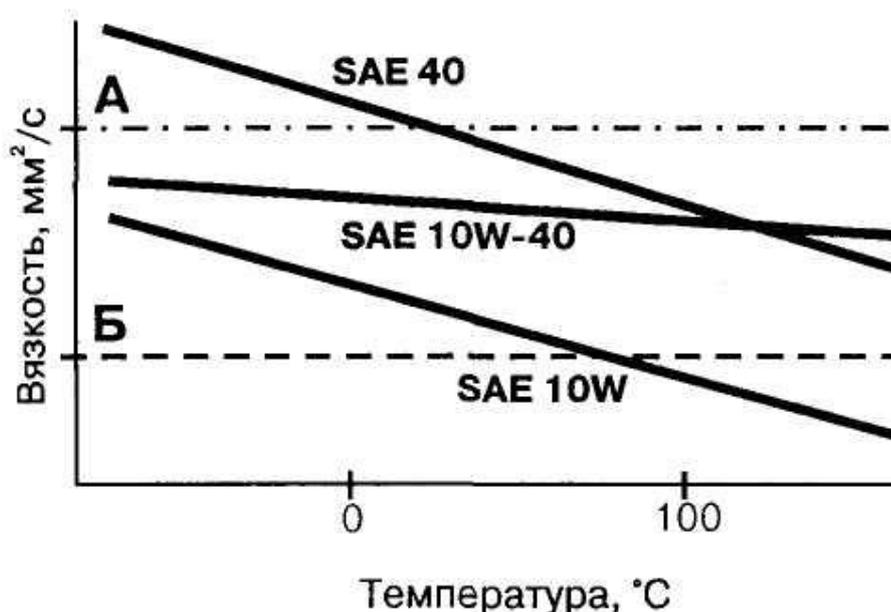
К достоинствам синтетических и полусинтетических моторных масел относится значительно более высокий индекс вязкости, чем у минеральных масел. Эти масла имеют лучшую вязкостно-температурную характеристику, т.е. их вязкость меньше изменяется с изменением температуры.

Рисунок 2 поясняет принципиальное отличие всесезонного масла от сезонных.

Летнее масло класса SAE 40 имеет достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание при высокой температуре (уровень Б), но оно слишком вязкое при низкой температуре (выше уровня А, при котором еще возможен пуск двигателя от стартера).

Зимнее масло SAE 10W при низкой температуре обеспечит холодный пуск (вязкость ниже уровня А), но не обеспечит смазывание летом, когда температура масла принизится к 90-100 °С или превысит эти значения (ниже уровня Б). Индекс вязкости сезонных минеральных масел, выработанных из нефти благоприятного состава, составляет 90-105 единиц.

Всесезонное масло SAE 10W-40, полученное загущением зимнего SAE 10W до вязкости при 100°С, типичной для летних масел класса SAE 40, имеет индекс вязкости порядка 155-160 единиц. Оно обеспечит холодный пуск двигателя зимой и надежное смазывание летом. Зависимость его вязкости от температуры лежит в области между уровнями А и Б.



А – вязкость, ниже которой возможен пуск двигателя от стартера при низкой температуре; Б – вязкость, выше которой обеспечивается надежное смазывание при высокой температуре)

Рисунок 2 – Изменение вязкости летних, зимних и всесезонных моторных масел в зависимости от температуры

Классификация и обозначение моторных масел

Государственный стандарт Республики Беларусь ГОСТ 17479.1–2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение» устанавливает классификацию и обозначение моторных масел для автомобилей, тракторов, тепловозов, сельскохозяйственной, дорожной, судовой и другой техники.

Обозначение моторных масел состоит из трех групп знаков:

- первая группа обозначается буквой М (моторное) и не зависит от состава и свойств масла;
- вторая группа обозначается цифрами, характеризующими класс моторного масла по кинематической вязкости, которую определяют по ГОСТ 33.

третья группа обозначается прописными буквами и указывает на принадлежность масла к группе в зависимости от области его применения.

Классы моторных масел

В зависимости от температурных пределов работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные.

Основным эксплуатационным параметром для всех моторных масел является кинематическая вязкость, которую определяют при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

В зависимости от величины кинематической вязкости моторные масла подразделяют на классы:

- к зимним относят масла классов вязкости 3з, 4з, 5з, 6з, 6, 8;
- к летним относят масла классов вязкости 10, 12, 14, 16, 20, 24;
- к всесезонным относят масла, класс вязкости которых обозначают дробью — 3з/8; 4з/6; 4з/8 и т.д. Цифра в числителе указывает на принадлежность к одному из зимних классов, в знаменателе — к одному из летних классов. Буква «з» указывает на то, что масло содержит загущающую присадку.

В таблице 1 приведены классы вязкости моторных масел и значения кинематической вязкости при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

Таблица 1 — Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре	
	плюс 100 °С	минус 18 °С, не более
3з	Не менее 3,8	1250
4з	Не менее 4,1	2600
5з	Не менее 5,6	6000
6з	Не менее 5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	—
8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	—
10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	—
12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	—
14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	—
16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	—
20	Св. 16,3 до 21,9 включ.	—
24	Св. 21,9 до 26,1 включ.	—
3з/8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	1250
4з/6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	2600
5з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	6000
5з/12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	6000
5з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	6000
6з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	10400
6з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	10400
6з/16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	10400

В зависимости от области применения моторные масла делят на группы А, Б, В, Г, Д, Е (табл. 2).

Индекс «1» присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс «2» — маслам для дизелей.

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования (обозначаемые одинаковой буквой), не имеют индекса в обозначении.

Универсальные моторные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе — в бензиновых двигателях.

Примеры обозначения моторных масел:

М-8-В₁,

где М - моторное масло, 8 - класс вязкости, В₁ - масло для среднефорсированных бензиновых двигателей;

М-6₃/10-В,

где М - моторное масло, 6₃/10 - класс вязкости, В - универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей;

М-4₃/8-В₂Г₁,

где М - моторное масло, 4₃/8 - класс вязкости, В₂Г₁ - масло для использования как в среднефорсированных дизелях (В₂), так и в высокофорсированных бензиновых двигателях (Г₁).

Таблица 2 - Области применения моторных масел

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Малофорсированные дизели и бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
В	Среднефорсированные бензиновые двигатели и дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению. Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
Д	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г ₁ . Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Высокофорсированные бензиновые и дизельные двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп Д ₁ и Д ₂ . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

Международная классификации моторных масел

Спецификация SAE

Спецификация **SAE (Society of Automotive Engineers - американская Ассоциация Автомобильных Инженеров)** основная классификация моторных масел, регламентирующая **вязкость масла**. Классы вязкости моторных масел по **SAE** приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Классы вязкости по SAE 3300:2013 для моторных масел

Класс вязкости по SAE	Вязкость, мПа·с, при низкой температуре, °С, не более	Предельная температура прокачиваемости, °С, не более	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Вязкость при высокой скорости сдвига при 150 °С, мПа·с
0W	6200 при минус 35	Минус 40	Не менее 3,8	—
5W	6600 при минус 30	Минус 35	Не менее 3,8	—
10W	7000 при минус 25	Минус 30	Не менее 4,1	—
15W	7000 при минус 20	Минус 25	Не менее 5,6	—
20W	9500 при минус 15	Минус 20	Не менее 5,6	—
25W	13000 при минус 10	Минус 15	Не менее 9,3	—
16	—	—	Св. 6,1 до 8,2 включ.	2,3
20	—	—	Св. 6,9 до 9,3 включ.	2,6
30	—	—	Св. 9,3 до 12,5 включ.	2,9
40	—	—	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,5 (классы 0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	—	—	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,7 (классы 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	—	—	Св. 16,3 до 21,9 включ.	3,7

Класс вязкости по SAE	Вязкость, мПа·с, при низкой температуре, °С, не более	Предельная температура прокачиваемости, °С, не более	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Вязкость при высокой скорости сдвига при 150 °С, мПа·с
60	—	—	Св. 21,9 до 26,1 включ.	3,7

Согласно классификации масел по вязкости SAE масла делят по вязкостным характеристикам на зимние масла SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (буква W означает «Winter» — зима) и летние масла SAE 16, 20, 30, 40, 50, 60.

Общим признаком для моторных масел всех классов служит кинематическая вязкость при 100 °С. Для зимних масел нормировано только минимальное значение кинематической вязкости, а для летних масел – пределы кинематической вязкости при 100 °С для каждого класса.

Всесезонным масло по низкотемпературной динамической вязкости соответствует одному из зимних классов, а по кинематической вязкости при 100 °С и динамической вязкости при 150 °С — одному из летних. В обозначении всесезонных масел сначала указывают один из зимних классов, а затем один из летних. Например, SAE 5W-40, SAE 10W-30.

Класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит проворачивание двигателя стартером, прокачивание масла насосом по смазочной системе двигателя при холодном пуске и надежное смазывание летом при длительной работе на максимальном скоростном и нагрузочном режиме.

В классификации SAE указывается параметр **HTHS (High-Temperature High-Shear)** расшифровывается как "вязкость при высоких температурах и высоких скоростях сдвига". Этот показатель отражает способность моторного масла сохранять прочность масляной пленки в условиях высоких температур и сильных нагрузок, которые характерны для работы двигателя в экстремальных режимах.

Основные аспекты HTHS:

Температура: испытание проводится при температуре 150°С, что имитирует условия работы в горячем двигателе.

Скорость сдвига: вязкость измеряется при высоких скоростях сдвига, что отражает воздействие на масло в зонах с высокой скоростью движения и трения, таких как зоны между поршнем и цилиндром или подшипниками коленчатого вала.

Значение HTHS

Высокая вязкость по HTHS указывает на прочную масляную пленку, которая хорошо защищает двигатель при нагрузках, но может влиять на расход топлива.

Низкая HTHS способствует снижению внутреннего трения, повышению топливной экономичности, но при этом масло менее стабильно при тяжелых нагрузках.

Для разных классов вязкости SAE обычно существуют минимальные значения HTHS, которые должны соблюдаться, чтобы масло соответствовало стандартам.

Классификация моторных масел по API

Классификация моторных масел по API (American Petroleum Institute) (Американский институт нефти) используется для определения их пригодности к применению в бензиновых и дизельных двигателях в зависимости от их эксплуатационных характеристик.

API разделяет масла на две основные категории:

1. **Категория S (Service)** – для бензиновых двигателей.
2. **Категория C (Commercial)** – для дизельных двигателей.

Каждая новая спецификация добавляется по мере появления новых требований к двигателям и повышения стандартов их работы, особенно в отношении экологии, долговечности и топливной экономичности.

Масла для бензиновых двигателей (категория S)

Каждая следующая буква алфавита в обозначении указывает на более новый стандарт. Самые актуальные категории масел для бензиновых двигателей:

- **API SJ** (введен в 1996 году): подходит для бензиновых двигателей, выпущенных до 2001 года. Повышенные требования к защите от образования отложений и износа.
- **API SL** (введен в 2001 году): добавлены требования к топливной экономичности и стойкости к окислению.
- **API SM** (введен в 2004 году): улучшена защита от износа, окисления и образования осадка. Совместим с двигателями, использующими топливо с низким содержанием серы.
- **API SN** (введен в 2010 году): повышена защита поршней от высокотемпературных отложений, улучшена защита турбонаддува и совместимость с системами контроля выбросов.
- **API SP** (введен в 2020 году): ориентирован на улучшение защиты от преждевременного воспламенения на малых оборотах (LSPI), используется в двигателях с прямым впрыском и турбонаддувом. Обеспечивает улучшенную защиту от окисления, износа и отложений.

Важно: Масла API SP могут заменять более ранние категории, такие как SN, SM и SL, если производитель допускает это для конкретного двигателя.

Масла для дизельных двигателей (категория C)

Для дизельных двигателей масла также делятся по возрастанию алфавитного порядка с улучшением эксплуатационных характеристик:

- **API CF** (введен в 1994 году): для двигателей с непрямым впрыском и для работы на топливе с высоким содержанием серы.
- **API CG-4** (введен в 1995 году): для четырехтактных дизельных двигателей, используемых в условиях повышенных нагрузок, с улучшенной защитой от высокотемпературных отложений.
- **API CH-4** (введен в 1998 году): соответствует требованиям к выбросам 1998 года, подходит для двигателей, работающих на топливе с низким содержанием серы.
- **API CI-4** (введен в 2002 году): предназначен для двигателей с системой рециркуляции выхлопных газов (EGR), поддерживает работу в условиях высоких температур и давлений.

- **API CJ-4** (введен в 2006 году): соответствует стандартам на выбросы 2007 года, снижает образование сажи и отложений, совместим с системами доочистки выхлопных газов, такими как сажевые фильтры.
- **API CK-4** (введен в 2016 году): разработан для современных низкоэмиссионных двигателей, уменьшает износ, устойчив к окислению и воздействию высоких температур. Совместим с биодизельным топливом.
- **API FA-4** (введен в 2016 году): улучшенный стандарт для уменьшения выбросов парниковых газов, используется в двигателях с высокой топливной экономичностью, имеет более низкую вязкость.

Эта классификация позволяет подобрать масло, которое оптимально подходит для определенного типа двигателя и условий эксплуатации, учитывая требования к долговечности, защите от износа и соблюдению стандартов экологичности.

Для масел, которые подходят как для бензиновых, так и для дизельных двигателей, в классификации API используются обозначения с двойным допуском, например, **API SN/CF** или **API SM/CF**. Это означает, что масло соответствует требованиям как для бензиновых (категория **S** — Service), так и для дизельных двигателей (категория **C** — Commercial).

Обозначения **API** для масел, подходящих для бензиновых и дизельных двигателей:

API SN/CF: Масло подходит для современных бензиновых двигателей (SN) и может использоваться в дизельных двигателях, соответствующих требованиям CF. Обеспечивает высокую защиту и стабильность при работе в высоких температурах, улучшенные антиокислительные свойства и защиту от отложений.

API SM/CF: Подходит для бензиновых двигателей уровня SM и дизельных двигателей уровня CF. Это масло обеспечивает повышенную защиту от износа и коррозии и имеет улучшенные антиоксидантные свойства.

API SL/CF: Подходит для бензиновых двигателей категории SL и дизельных двигателей категории CF. Может использоваться в более старых двигателях и предоставляет базовую защиту от коррозии и износа.

Классификация моторных масел по ACEA

Классификация моторных масел по **ACEA** (Association des constructeurs europeens d'automobiles) (**Ассоциация европейских производителей автомобилей**) предназначена для упрощения выбора подходящего масла в зависимости от типа двигателя, условий эксплуатации и экологических требований. Масла делятся на категории, каждая из которых имеет свои особенности, ориентированные на определенные типы двигателей — бензиновые, дизельные и коммерческие (грузовые).

Основные категории ACEA:

1. **A/B** — Масла для легковых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.
2. **C** — Масла для легковых автомобилей с системами доочистки выхлопных газов (катализаторами, сажевыми фильтрами).
3. **E** — Масла для тяжелых дизельных двигателей грузовых автомобилей и коммерческого транспорта.

Подкатегории и их описание:

A/B — Бензиновые и дизельные легковые двигатели:

- **A1/B1:** Низковязкие масла с малым коэффициентом трения для улучшенной топливной экономичности. Подходят для старых моделей двигателей, но не всегда совместимы с современными.
- **A3/B3:** Масла для тяжелых условий эксплуатации с высокой стабильностью и увеличенным интервалом замены. Применяются для высокопроизводительных бензиновых и дизельных двигателей.
- **A3/B4:** Для более современных и высоконагруженных бензиновых и дизельных двигателей, включая двигатели с прямым впрыском.
- **A5/B5:** Низковязкие масла, которые улучшают топливную экономичность, рассчитаны на высокопроизводительные двигатели, работающие в умеренных условиях с увеличенным интервалом замены.

C — Масла для двигателей с системами доочистки выхлопных газов:

Эти масла обладают низким содержанием золы, серы и фосфора, чтобы не повредить системы доочистки, такие как сажевые фильтры и катализаторы.

- **C1:** Низковязкие масла с очень низким содержанием серы и фосфора. Обеспечивают топливную экономичность и защищают системы доочистки.
- **C2:** Масла с низкой вязкостью и минимальным содержанием золы, сбалансированные по характеристикам экономичности топлива и защиты.
- **C3:** Масла с более высокой вязкостью, чем у C1 и C2, обеспечивают отличную защиту двигателя и его очистных систем, особенно в тяжелых условиях.
- **C4:** Масла с минимальным содержанием золы и серы, рассчитанные на двигатели с сажевыми фильтрами.
- **C5:** Масла с самой низкой вязкостью, обеспечивающие максимальную топливную экономичность и улучшенную защиту современных систем доочистки.

E — Масла для тяжелых дизельных двигателей (коммерческий транспорт и грузовые автомобили):

Эти масла обеспечивают защиту для дизельных двигателей, работающих в условиях высоких нагрузок и длительных интервалов замены масла.

- **E4:** Масла для тяжелых условий эксплуатации с увеличенным интервалом замены. Подходят для высокопроизводительных двигателей, не оснащенных сажевыми фильтрами.
- **E6:** Масла с низким содержанием серы и фосфора, разработанные для двигателей с системами доочистки, включая сажевые фильтры.
- **E7:** Масла для дизельных двигателей без сажевых фильтров, обеспечивают отличную защиту от износа и образования отложений.
- **E9:** Масла с низким содержанием золы и улучшенной защитой от износа для двигателей с сажевыми фильтрами и высокой экологичностью.

Производители автомобилей указывают рекомендованное масло, исходя из конструкции двигателя и условий эксплуатации. Выбор масла по стандарту ACEA позволяет обеспечить максимальную защиту и продлить срок службы двигателя.

В маркировку современных моторных масел входит также *допуски заводов-производителей автомобилей*. Оно изображается фирменным знаком или кодом и означает одобрение применения данного масла на автомобилях этого изготовителя, например MB 229.3 VW503 01.

Маркировка моторного масла для европейского рынка должна содержать 4 параметра: вязкость (по SAE), эксплуатационные свойства по американской (API) и европейской (ACEA) классификациям, допуски фирм-производителей автомобилей.

Пример обозначения моторного масла:

TEXACO HAVOLINE SYNTHETIC SAE 0W-30, ACEA A5/B5-04, VW503.00.

Контроль качества и оценка старения масел

Качество свежего масла начинается с проверки соответствия паспортных данных с показателями указанными в стандартах (СТБ, ГОСТ) или технических условиях (ТУ) на данное масло.

Были установлены показатели предельного состояния качества моторных масел (табл. 4). Эти показатели являются браковочными: при достижении хотя бы одного из них масло считается непригодным и его необходимо заменить.

Таблица 4 - Предельные значения браковочных показателей работавших моторных масел

Наименование показателей	Предельные значения браковочных показателей для двигателей	
	бензиновых	дизельных
Изменение вязкости, %: прирост	25	35
снижение	20	20
Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более	1,0	3,0
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	0,5-2,0	1,0-3,0
Снижение температуры вспышки, °С, не более	20	20
Содержание воды, %, не более	0,5	0,3
Содержание топлива, %, не более	0,8	0,8
Диспергирующие свойства по методу «масляного пятна», у.е., не менее	0,3-0,35	0,3-0,35

В качестве основных показателей, характеризующих свойства работающего масла, следует назвать: *вязкость, щелочное число, содержание нерастворимых продуктов загрязнения и воды и др.*

Вязкость. Изменение вязкости масел определяется условиями протекания двух взаимоположенных процессов: накопление продуктов окисления, вызывающих увеличение вязкости масла; разбавлением масла топливом и деструкцией (разрушением) вязкостных присадок, ведущих к снижению его вязкости. В результате этого исходная вязкость может оставаться неизменной, увеличиваться или уменьшаться.

Щелочность. Для нейтрализации продуктов неполного сгорания топлива (особенно с высоким содержанием серы) и предотвращения их коррозионного воздействия на детали двигателя современные моторные масла обладают определенным щелочным запасом. В маслах, полностью отработавших свой срок в двигателе, показатель щелочности снижается до 1-0,5.

Температура вспышки автомобильных масел находится в пределах 165 - 220 °С. По ней можно судить об огнеопасности масла и наличии в масле легкоиспаряющихся углеводородов, а также разбавлении масла топливом. Чем ниже эта температура, тем лучше испаряемость масла и тем большим будет его расход. Лучшие масла одного и того же назначения имеют более высокую температуру вспышки и поэтому меньший угар.

Моюще-диспергирующие свойства моторных масел характеризуют способность масла уменьшать образование углеродистых отложений и осадков на деталях двигателя (**моющие**) и поддерживать продукты загрязнения во взвешенном состоянии (**диспергирующие**). Чем выше моюще-диспергирующие свойства моторных масел, тем больше продуктов загрязнения и окисления масла без выпадения в осадок удерживается в работающем масле, тем меньше при работе двигателя внутреннего сгорания на поршнях образуются лаковые отложения, на других деталях – мажеобразные осадки серого или черного цвета.

Экспериментальная часть

1 Оценка диспергирующей способности моторного масла методом «масляного пятна»

Осуществление контроля за достижением предельного значения показателей, как правило, требует специализированного испытательного оборудования. Однако изменение диспергирующих свойств масел можно ориентировочно оценить непосредственно на автомобиле, используя простейшие экспресс-методы, в частности **метод «масляного пятна»**. Он заключается в нанесении капли горячего масла, взятого маслощупом или специальной пипеткой из картера двигателя (сразу после его остановки), на фильтровальную бумагу «синяя лента». Через 2 часа образующаяся хроматограмма может быть использована для оценки диспергирующих свойств.

На хроматограмме различают (рисунок 5): d – центральное ядро, соответствующее расплыву капли масла на поверхности фильтровальной бумаги и D – зону диффузии, т. е. кольцо, очерченное нерастворимыми в масле продуктами загрязнения вокруг центрального ядра.

Чем больше площадь диффузии, тем выше оценивается диспергирующая способность масла (ДС масла). Уменьшение ширины зоны диффузии указывает на срабатывание присадки или наличие в масле воды. Для оценки диспергирующей способности рабочего масла определяют площадь зоны диффузии на хроматограмме по выпажению:

$$ДС=1-d^2/D^2$$

где d – средний диаметр центрального ядра, мм; D - средний диаметр внешнего кольца зоны диффузии, мм.

Полученная величина является численным показателем диспергирующей способности работающего масла и выражается в условных единицах.

Неудовлетворительными считаются диспергирующие свойства меньше 0,3 условных единиц. При этом необходима смена масел.

Оборудование и материалы:

- фильтровальная бумага «синяя лента»;
- проба моторного масла из картера двигателя.

Порядок выполнения работы:

1. Взять с помощью маслощупа пробу моторного масла с картера двигателя (сразу после его остановки) и нанести капли горячего масла на фильтровальную бумагу «синяя лента».

2. После 2 часов на хроматограмме замерить размеры d и D . Рассчитать величину диспергирующей способности по приведенной выше формуле.

3. Сделать вывод о диспергирующей способности моторного масла и необходимости его замены по данному признаку.

4. Результаты оценки записать в отчет.

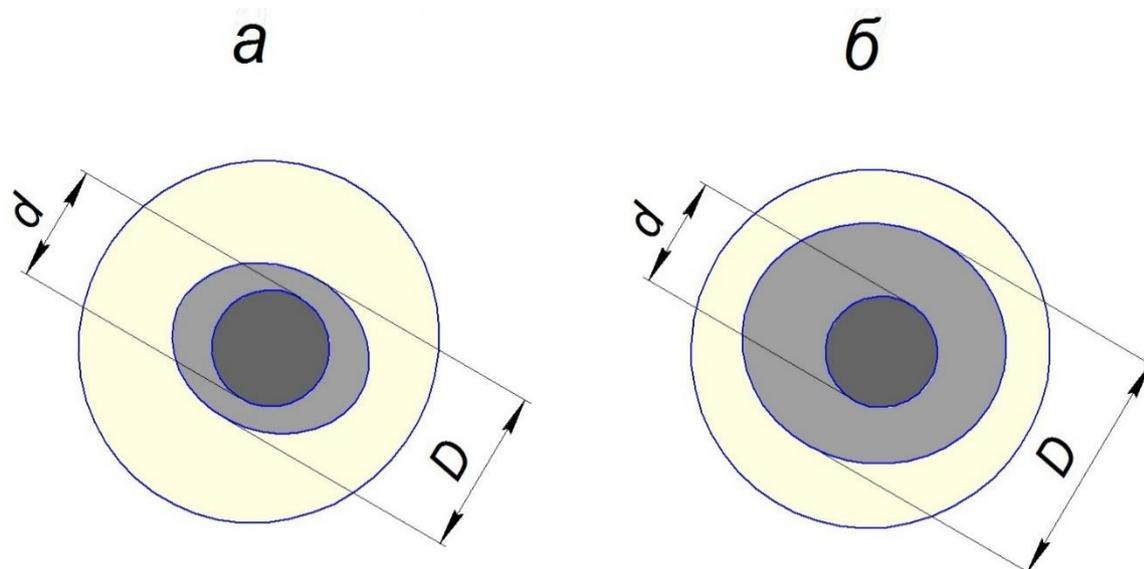


Рисунок 5 – применение метода масляного пятна для оценки изменения диспергирующих свойств масла: работающее масло с низким (а) и высоким (б) уровнем диспергирующих свойств.

Таблица 5 – Результаты оценки диспергирующей способности моторного масла методом «масляного пятна»

1	2	3	4
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Марка моторного масла, технические нормативные документы на моторное масла (технические условия, стандарты)			

1	2	3	4
	Результаты измерений		
d, мм			
D, мм			
Диспергирующая способность, усл. ед.	Формула		
ДС, усл. ед.			
Заключение о пригодности образца к использованию, необходимости замены масла			

2 Измерение вязкости моторного масла

Оборудование и материалы:

- образец моторного масла
- стеклянный капиллярный вискозиметр ВПЖ-2 ГОСТ 10028-81 (номинальный диаметр капилляра 1,77 мм, диапазон измерения вязкости от 2 до 10 мм²/с) (время истечения жидкости через капилляр вискозиметра должно быть не менее чем 200 с);
- устройство термостатирующее измерительное «Термостат А2».

Назначение, технические характеристики, конструкция и принцип действия устройства термостатирующего измерительного «Термостат А2», порядок работы с ним

Назначение устройства

Устройство предназначено для создания термостатированной рабочей среды и измерения её температуры в лабораторных условиях.

Устройство выполнено в едином корпусе и состоит из термостатированной ванны в корпусе с защитным кожухом и блока управления.

Устройство обеспечивает цифровую индикацию измеряемой температуры рабочей среды и поддержание температуры в течение заданного времени.

Основные технические данные и характеристики

Габаритные размеры, не более	400x650x500 мм
Размер рабочей камеры, не более	Ø250, глубина 330 мм
Масса устройства, не более	20 кг
Диапазон измерения и поддержания рабочей среды	от 20 до 100°С
Время установления рабочего режима на температуре:	
от 20 до 40 °С включительно	не более 0,5 часа
от 40 до 100 °С включительно	не более 1 часа

Устройство выполняет следующие функции:

- задание требуемой температуры в термостатируемой ванне;
- поддержание заданной температуры в термостатируемой ванне;
- измерение и отображение текущей температуры в термостатируемой ванне;

- индикацию работы нагревателя и звуковую сигнализацию различных режимов работы устройства;
- автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) одновременно для 3-х различных вискозиметров с предварительным заданием калибровочных постоянных этих вискозиметров и измерением времени истечения при помощи 3-х встроенных независимых секундомеров.



***Рисунок 6 - Устройство термостатирующее измерительное
«Термостат А2»***

Устройство и принцип работы

Конструкция устройства

Термостат состоит из 2-х основных узлов: термостатированной ванны в корпусе с защитным кожухом и блока управления.

Термостатированная ванна - прозрачный стеклянный цилиндрический сосуд СЦ-15л по ГОСТ 23932-79 или ГОСТ 25336-82.

Блок управления включает в себя устройство перемешивания, нагреватель, датчик температуры и электронный блок, на передней панели которого, закреплены платы цифрового индикатора, клавиатуры, кнопка управления секундомерами и разъем для подключения пульта управления секундомерами.

Блок питания и печатные платы блока управления термостата размещены на шасси электронного блока и соединены между собой разъемами.

Исходные данные о заданном режиме работы устройства заносятся в память прибора с клавиатуры.

Обозначение клавиш на клавиатуре представлено на рисунке 7.

C_3 +100°C	Сек. 3	Пароль 6	V_3 9
C_2 +50°C	Сек. 2	Звук 5	V_2 8
C_1 +40°C	Сек. 1	Трез. 4	V_1 7
g +20°C	Режим 0	СТОП	ПУСК

Рисунок 7 - Обозначение клавиш на клавиатуре

Назначение клавиш клавиатуры термостата приведено ниже:

Назначение клавиш клавиатуры термостата приведено ниже:

СТОП

– осуществляет выход из текущего режима работы, прерывает набор любой команды («СТОП»);

ПУСК

– осуществляет запуск набранной команды («Пуск»);

Режим
0

– устанавливает требуемый режим работы прибора («Режим / 0»);

Сек. 1 Сек. 2 Сек. 3

–используются для выбора одного из трех встроенных независимых секундомеров («Сек. / 1», «Сек. / 2», «Сек. /3»);

Трег.
4

– устанавливает требуемую температуру регулирования термостата («Трег. / 4»);

Звук
5

– включает или выключает звуковую сигнализацию («Звук / 5»);

Пароль
6

–используется для защиты калибровочных процедур от несанкционированного доступа или случайной (ошибочной) перекалибровки прибора («Пароль / 6»);

V_1 7 V_1 8 V_1 9

–используются для отображения рассчитанных значений

кинематической вязкости для одного из трех вискозиметров (« V_1 / 7», « V_2 / 8», « V_3 / 9»);

g C_1 C_2 C_3
+20°C +40°C +50°C +100°C

–используются для быстрой установки соответствующей температуры регулирования, ввода

ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории и калибровочных постоянных вискозиметров («g / +20°C», « C_1 / +40°C», « C_2 / +50°C», « C_3 / +100°C»).

Порядок работы с «Термостат А2»

Внимание! Запрещается эксплуатировать устройство при отсутствии в сетевой розетке заземляющего контакта, подключенного к шине защитного заземления.

Сетевой выключатель, расположенный на лицевой панели электронного блока устройства, установить в положение «СЕТЬ ВЫКЛ.».

Вставить сетевую вилку прибора в розетку 220 В, 50 Гц.

Включить прибор. Для этого сетевой выключатель перевести в положение «СЕТЬ ВКЛ.». Успешный пуск прибора сопровождается характерной звуковой мелодией. На индикаторе отображается текущая температура рабочей среды в градусах Цельсия. При необходимости оператор может задать новую температуру регулирования).

Выход прибора на заданную температуру регулирования, подтверждается каждую минуту короткой звуковой мелодией, чтобы привлечь внимание оператора. Выход на режим можно также контролировать и по показаниям индикатора.

Основные режимы работы.

Отображение температуры.

В этом режиме измеряемое значение температуры рабочей среды выводится на индикатор. Устройство переходит в этот режим автоматически после включения питания, после задания оператором новой температуры регулирования и некоторых других режимов работы.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В

разряде режим отображается символ U , остальные разряды погашены.

Нажать клавишу «ПУСК». Текущая температура термостата до тысячных долей градуса отображается на индикаторе прибора в градусах Цельсия.

В разряде режим попеременно отображаются символы: C , U .

Установка фиксированных температур регулирования.

В термостате предусмотрена возможность быстрого ввода одной из фиксированных температур регулирования: 20, 40, 50 или 100°C.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ U , остальные разряды погашены.

Нажать одну из клавиш «g / +20°C», «C₁ / +40°C», «C₂ / +50°C», «C₃ / +100°C» для выбора необходимой фиксированной температуры регулирования. На индикаторе отображается выбранное значение фиксированной температуры регулирования. Например: U 40.000. Для ввода нажать клавишу «ПУСК».

При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение температуры регулирования остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после нажатия клавиши «ПУСК» звучит "веселый" звуковой сигнал, сигнализирующий о правильном вводе температуры регулирования.

Новое введенное значение температуры регулирования сохраняется в энерго-независимой памяти прибора, и термостат начинает обрабатывать выход на заданную температуру. При этом, если ведется нагрев, то светодиод НАГРЕВ мигает. Если нагрев не ведется, то светодиод погашен.

Автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов

Прибор выполняет автоматический расчет кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) одновременно для 3-х различных вискозиметров с предварительным заданием калибровочных постоянных этих вискозиметров и измерением времени истечения при помощи 3-х встроенных независимых секундомеров.

При расчетах учитывается значений ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории.

Прибор выполняет расчет кинематической вязкости по формуле:

$$V_i = (g / 9.80665) \cdot C_i \cdot t_i$$

где i - логический номер вискозиметра (1,2 или 3);

V_i – кинематическая вязкость, мм²/с;

g - ускорение силы тяжести (ускорение свободного падения) для испытательной лаборатории, м/с²;

9.80665 - значение ускорения силы тяжести (ускорения свободного падения) на высоте 0 м над уровнем океана, м/с²;

C_i - калибровочная постоянная соответствующего вискозиметра, мм²/с²;

t_i - время истечения, измеренное соответствующим встроенным независимым секундомером, с.

Порядок проведения измерений:

- закрепить 1-3 вискозиметра в держателях, расположенных на рабочей плите устройства;
- назначить логические номера установленным вискозиметрам (1, 2, 3);
- ввести значений ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории;
- ввести под соответствующими логическими номерами калибровочные постоянные для установленных вискозиметров;
- провести измерение времени истечения исследуемых нефтепродуктов на установленных вискозиметрах с помощью встроенных независимых секундомеров;
- отобразить результаты расчета значений кинематической вязкости для установленных вискозиметров.

Ввод значения ускорения силы тяжести g для испытательной лаборатории.

Если значение ускорения силы тяжести g (ускорения свободного падения) для испытательной лаборатории не известно или погрешностью, при измерениях кинематической вязкости связанной с g можно пренебречь, значение ускорения силы тяжести g должно быть установлено 9.80665, что соответствует значению

ускорения силы тяжести (ускорения свободного падения) на высоте 0 м над уровнем океана.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ \cup , остальные разряды погашены.

Сначала нажать клавишу «Режим / 0» (в разряде режим символ \cup мигает), затем клавишу «g / +20°C».

На индикаторе отображается символ G и ранее установленное(предыдущее)

значение ускорения силы тяжести g. Например: $G_9.80665$. Для ввода нажать клавишу «ПУСК». На индикаторе отображаются символы

$G_0.00000$. Символ \cup , соответствующий вводимому разряду, мигает.

Ввести шестизначное число, соответствующее требуемому значению g. Например, для ввода значения 9.80665 оператор должен набрать 6 цифр: 980665. При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение g остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после ввода последней цифры звучит звуковой сигнал ("веселый" или "грустный"), соответствующий правильному или неправильному введенному значению g.

Новое введенное значение g сохраняется в энергонезависимой памяти прибора.

Ввод значений калибровочных постоянных вискозиметров

Калибровочная постоянная вискозиметра параметр, который указывается в паспорте для каждого вискозиметра. Прибор имеет возможность хранить калибровочные постоянные для 3-х вискозиметров C_1 , C_2 , C_3 соответственно с логическими номерами - 1, 2, 3. Логические номера калибровочных постоянных вискозиметров жестко связаны с логическими номерами встроенных независимых секундомеров и результатов расчета значений кинематической вязкости. Калибровочной постоянной вискозиметра C_1 ставится в соответствие секундомер Сек.1 и результат расчета значения кинематической вязкости V_1 и т.д.

Нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ \cup , остальные разряды погашены.

Сначала нажать клавишу «Режим / 0» (в разряде режим символ \cup мигает), затем одну из клавиш « C_1 / +40°C», « C_2 / +50°C», « C_3 / +100°C» для ввода необходимого значения калибровочной постоянной вискозиметра.

На индикаторе отображается логический номер выбранной калибровочной постоянной вискозиметра и ранее установленное (предыдущее) ее значение.

Например: $2_0.98264$ - калибровочная постоянная вискозиметра с логическим номером 2 (C_2) и значением 0.98264. Для ввода нажать клавишу «ПУСК».

На индикаторе отображаются символы $2_0.00000$. Символ \cup , соответствующий вводимому разряду, мигает. Ввести шестизначное число

соответствующее требуемому значению калибровочной постоянной вискозиметра. Например, для ввода значения 0.84567 оператор должен набрать 6 цифр: 084567. При желании оператор может в любой момент прервать набор и выйти из этого режима, нажав клавишу «СТОП». При этом предыдущее значение калибровочной постоянной вискозиметра остается неизменным.

Если включена звуковая сигнализация, то после ввода последней цифры звучит звуковой сигнал ("веселый" или "грустный"), соответствующий правильному или неправильному введенному значению калибровочной постоянной вискозиметра.

Новое введенное значение калибровочной постоянной вискозиметра сохраняется в энергонезависимой памяти прибора.

Измерение времени истечения исследуемых нефтепродуктов с помощью встроенных независимых секундомеров

Прибор имеет 3 встроенных независимых секундомера Сек.1, Сек.2, Сек.3 соответственно с логическими номерами - 1, 2, 3. Логические номера встроенных независимых секундомеров жестко связаны с логическими номерами калибровочных постоянных вискозиметров и результатов расчета значений кинематической вязкости. Секундомеру Сек.1 ставится в соответствие калибровочная постоянная вискозиметра C_1 и результат расчета значения кинематической вязкости V_1 и т.д. Все три секундомера полностью автономны и могут работать одновременно, могут быть запущены, остановлены, сброшены в произвольные моменты времени оператором. Это позволяет одновременно проводить 3 опыта по измерению времени истечения исследуемых нефтепродуктов.

Измеряемый интервал времени каждым секундомером 0...999,99 секунд. Разрешение 0,01 секунды.

Каждый из секундомеров может находиться в одном из 3-х состояний:

«сброс»;

«пуск»;

«стоп».

Перевод из одного состояния в другое осуществляется по циклу однократным нажатием на специальную кнопку «СЕКУНДОМЕР», расположенную на передней панели электронного блока устройства или на кнопку пульта управления секундомерами. Кнопка «СЕКУНДОМЕР» общая для всех 3-х секундомеров и воздействует только на тот секундомер, который выбран в данный момент времени. Для оперативности, кнопка «СЕКУНДОМЕР» воздействует на соответствующий секундомер и в режимах отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (в режиме V_1 - на секундомер 1, в режиме V_2 — на секундомер 2, в режиме V_3 - на секундомер 3).

В состоянии «сброс» выбранный секундомер не работает, на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и нулевое время.

Например: $\overset{2}{\text{C}}$ 0.00c. Секундомер 2 готов к пуску. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к пуску секундомера, и он начнет отсчет времени.

В состоянии «пуск» выбранный секундомер работает (ведется отсчет времени), на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера, символ C в правом крайнем разряде мигает, оператор наблюдает отсчеты времени на индикаторе. Например: $\overset{2}{\text{C}}$ 43.59c. Выбранный секундомер 2

работает. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к останову выбранного секундомера.

В состоянии «стоп» выбранный секундомер не работает, на индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера, символ \square в правом крайнем разряде не мигает, на индикаторе отображается измеренный интервал времени.

Например: $2 \quad 329.68c$. Выбранный секундомер 2 остановлен, измеренный интервал времени равен 329,68 секунды. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к сбросу (обнулению) показаний секундомера.

При переполнении секундомера, т.е. превышении интервала времени 999,99 секунды, секундомер автоматически останавливается (переводится в состояние «стоп»). На индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и символы переполнения. Например: $2 \quad \square\square\square\square$. Нажатие на кнопку «СЕКУНДОМЕР» приведет к сбросу (обнулению) показаний секундомера.

Последовательность работы с секундомерами:

– для выхода из текущего режима работы нажать клавишу «СТОП». В разряде режим отображается символ \square , остальные разряды погашены;

– для выбора необходимого секундомера нажать одну из клавиш «Сек. / 1», «Сек. / 2», «Сек. / 3». На индикаторе отображается логический номер выбранного секундомера и состояние секундомера для одного из установленных в данный момент режимов его работы («сброс», «пуск» «стоп»),

– нажимая кнопку «СЕКУНДОМЕР» перевести его в необходимое состояние;

– повторить выше указанные действия, начиная со второго пункта для i других секундомеров.

Для оперативности, переход между режимами секундомеров (Сек.1, Сек.2, Сек.3) и режимами отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (V_1 , V_2 , V_3) может выполняться непосредственно с помощью нажатия соответствующей клавиши, без использования клавиши «СТОП».

Отображение результатов расчета значений кинематической вязкости исследуемых нефтепродуктов

Логические номера результатов расчета значений кинематической вязкости жестко связаны с логическими номерами калибровочных постоянных вискозиметров и встроенных независимых секундомеров. Результату расчета значения кинематической вязкости V_1 ставится в соответствие калибровочная постоянная вискозиметра C_1 и секундомер Сек. 1 и т.д.

Автоматический расчет значения кинематической вязкости выполняется после того, как соответствующий секундомер переходит в состояние «стоп».

Чтобы отобразить результат расчета значения кинематической вязкости нажать одну из клавиш « $V_1 / 7$ », « $V_2 / 8$ », « $V_3 / 9$ », если перед этим был установлен режим секундомера (Сек.1, Сек. 2, Сек.3). Или же нажать клавишу «СТОП» для выхода из текущего режима работы. В разряде режим отображается символ \square , остальные разряды погашены. Затем нажать одну из клавиш « $V_1 / 7$ » « $V_2 / 8$ », « $V_3 / 9$ ».

В разряде режим попеременно отображаются символ \square и логический номер результата расчета значения кинематической вязкости. На индикаторе отображается

результат расчета значения кинематической вязкости. Например:

1 408.264,
2 408.264.

Если соответствующий секундомер находится в состоянии «пуск» (ведется отсчет времени), то на индикаторе отображаются символы:

1 -----,
2 -----.

При переполнении секундомера на индикаторе отображаются символы:

1 EEEEE,
2 EEEEE.

Для оперативности, переход между режимами отображения результатов расчета значений кинематической вязкости (V_1 , V_2 , V_3) и режимами секундомеров (Сек.1, Сек.2, Сек.3) может выполняться непосредственно с помощью нажатия соответствующей клавиши, без использования клавиши «СТОП».

Порядок проведения измерений кинематической вязкости

Вязкость моторного масла определяется в соответствии со стандартом СТБ ИСО 3104 -2003 «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости».

Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в измерении калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения, в секундах, определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра.

Для измерения кинематической вязкости дизельного топлива используется вискозиметр типа Пинкевича ВПЖ-2, ВПЖТ-2 (см. рисунок 8).

На отводную трубку 3 надевают резиновую трубку. Далее, зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в сосуд с нефтепродуктом и засасывают его (с помощью резиновой груши, водоструйного насоса или иным способом) до метки M_2 , следя за тем, чтобы в жидкости не образовались пузырьки воздуха. В момент, когда уровень жидкости достигает метки M_2 , вискозиметр вынимают из сосуда и быстро перевертывают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток жидкости и надевают на него резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат так, чтобы расширение 4 было ниже уровня жидкости. После выдержки в термостате не менее 15 мин засасывают жидкость в колено 1 примерно до 1/3 высоты расширения 4. Соединяют колено 1 с атмосферой и определяют время перемещения мениска жидкости от метки M_1 до M_2 .

Заполнение жидкостью термостата показано на рисунке 9, схема установки вискозиметра в термостат дана на рисунке 10.

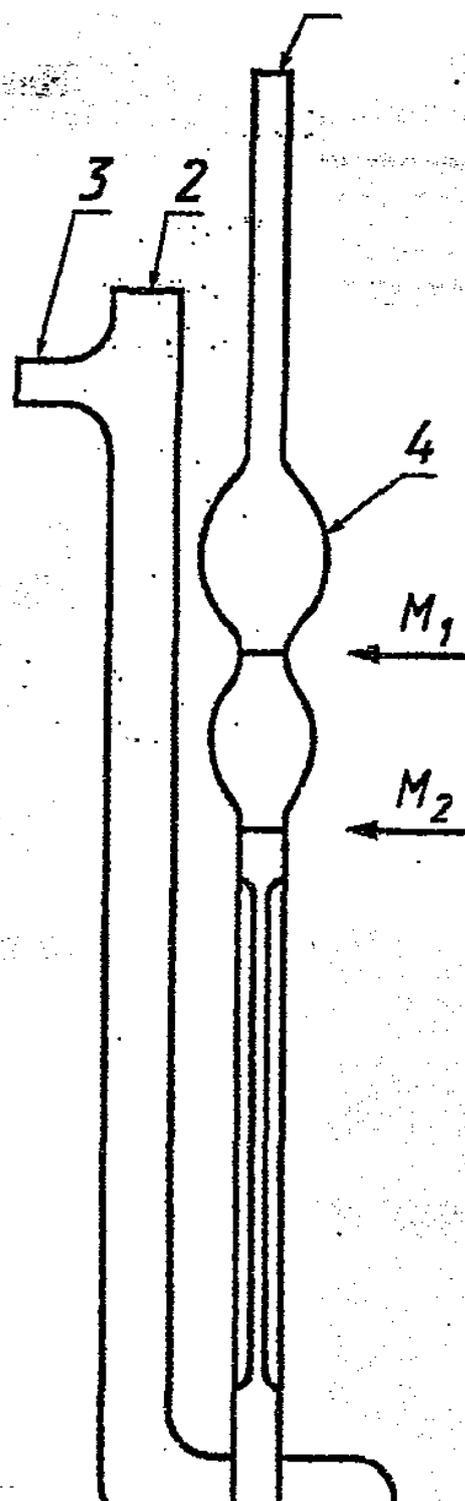
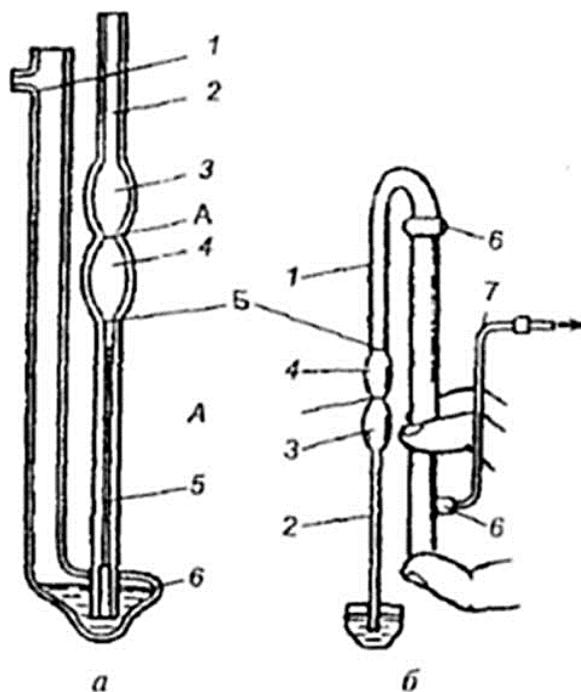
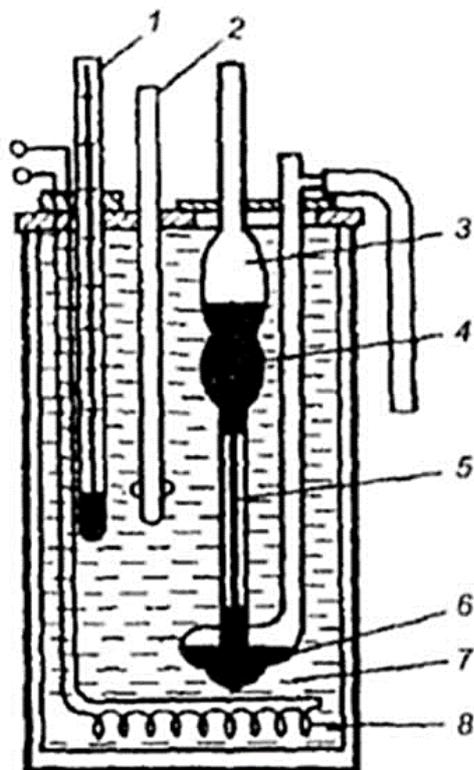


Рисунок 8 — Вискозиметр типа Пинкевича (ВПЖТ-2, ВПЖ-2)



а — типа ВПЖ-2; б -- типа Пинкевича; 1 — широкое колено; 2 — узкое колено; 3, 4, 6 — расширительные емкости; 5 — резиновая трубка; 7 — полый отросток; А — верхняя метка; В — нижняя метка.

Рисунок 9 - Заполнение жидкостью вискозиметра



1 — термометр; 2 — мешалка; 3, 4, 6 — расширения вискозиметра; 5 — капилляр вискозиметра; 7 — термостат (баня); 8 — электроподогреватель.

Рисунок 10 - Прибор для определения вязкости нефтепродуктов

В соответствии со стандартом СТБ ИСО 3104 -2003 вязкость моторного масла определяется в следующей последовательности.

1. Определяют кинематическую вязкость моторного масла при 40°C. (температура термостата должна быть 40°C).
2. Вискозиметр заполняют пробой, как было описано ранее, и помещают в термостат (баню).
3. Заполненный вискозиметр выдерживают в бане до тех пор, пока он не прогреется до температуры проведения испытания. Если используется одна баня для нескольких вискозиметров, нельзя погружать или вынимать вискозиметры из бани, пока хотя бы один вискозиметр используют для определения времени истечения.
4. Используя отсос, регулируют высоту столбика пробы в капилляре до уровня, находящегося приблизительно на 7 мм выше первой временной метки.
5. При свободном истечении пробы определяют время, необходимое для перемещения мениска от первой до второй метки, с точностью до 0,1 с. Если время истечения меньше установленного минимального (200 с), выбирают вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторяют определение.
6. Повторяют процедуру, описанную в п.3,4 для проведения второго определения времени истечения. Записывают результат.
7. Рассчитывают среднее арифметическое значение двух значений времени истечения.
8. Далее определяют кинематическую вязкость моторного масла при 100°C. Для этого увеличивают температуру термостата до 100°C и проводят измерения в соответствии с п. 2-7. Результаты измерений заносят в таблицу 6.

Обработка результатов измерений выполняется следующим образом:

Кинематическую вязкость v_T рассчитывают по формуле

$$v_T = C \cdot t,$$

где v_T - кинематическая вязкость при температуре Т, мм²/с;

С - постоянная вискозиметра, мм²/с²;

t - среднее арифметическое значение времени истечения, с.

3 Расчет индекса вязкости моторного масла

Определение индекса вязкости моторного масла выполняется по ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81) «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости».

Индекс вязкости (VI) – расчетная величина, которая характеризует изменение вязкости нефтепродуктов в зависимости от температуры.

Для расчета индекса вязкости используются методы А (для нефтепродуктов с индексом вязкости от 0 до 100 включительно) и метод В (для нефтепродуктов с индексом вязкости от 100 и выше).

Метод А (для нефтепродуктов с индексом вязкости от 100 и выше)

По измеренному значению вязкости моторного масла при 100°C v_{100} (Y) по таблице А.1 находят значения **L, H, D**. Если значения в таблице отсутствуют, то их рассчитывают методом линейной интерполяции.

Индекс вязкости **VI** моторного масла вычисляют по формуле:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100; \quad ;$$

или

$$VI = \frac{L-U}{D} \cdot 100; \quad (1)$$

где L – кинематическая вязкость при 40°C моторного масла с индексом вязкости 0, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°C, что и испытываемое масло, мм²/с; H - кинематическая вязкость при 40°C моторного масла с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°C, что и испытываемое масло, мм²/с; D = L – H; U - кинематическая вязкость при 40°C моторного масла, индекс вязкости которого требуется определить, мм²/с; Y - кинематическая вязкость при 100°C моторного масла, индекс вязкости которого требуется определить, мм²/с. Полученное значение индекса вязкости округляют до целого числа.

Пример расчета VI

Кинематическая вязкость нефтепродуктов при 40°C равна 73,3 мм²/с, при 100°C - 8,86 мм²/с.

По таблице А.1 (интерполяцией) L= 119,94; D=50,476.

Полученные данные представляют в формулу 1 и округляют до целого числа:

$$VI = \frac{119,94-73,3}{50,476} \cdot 100 = 92,4;$$

$$VI = 92.$$

Примечание – если результат выражен целым числом с пятью десятичными, его округляют до наиболее близкого четного числа. Например, 89,5 должно быть округлено до 90.

Метод В (для нефтепродуктов с индексом вязкости от 100 и выше)

Индекс вязкости **VI** моторного масла вычисляют по формуле:

$$VI = \frac{\text{antilog } N-1}{0,00715} + 100 = \frac{10^N-1}{0,00715} + 100; \quad (2)$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y}, \quad (3)$$

где U - кинематическая вязкость при 40°C моторного масла, индекс вязкости которого требуется определить, мм²/с; Y - кинематическая вязкость при 100°C моторного масла, индекс вязкости которого требуется определить, мм²/с; H - кинематическая вязкость при 40°C моторного масла с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°C, что и испытываемое масло, мм²/с; \log - функция десятичного логарифма (обозначения в формулах взяты из ГОСТ). Значение H определяют по таблице А.1. Полученное значение индекса вязкости округляют до целого числа.

Пример расчета VI

1. Кинематическая вязкость нефтепродуктов при 40°C равна 22,83 мм²/с, при 100°C - 5,05 мм²/с.

По таблице А.1 (интерполяцией) $H=28,97$, полученные данные подставляют в формулу 3:

$$N = \frac{\log 28,97 - \log 22,83}{\log 5,05} = 0,14708.$$

Полученные данные подставляют в формулу 2 и округляют до целого числа:

$$VI = \frac{(\text{antilog } 0,14708) - 1}{0,00715} + 100 = \frac{1,40307 - 1}{0,00715} + 100 = 156,37;$$

$$VI = 156.$$

2. Кинематическая вязкость нефтепродуктов при 40°C равна 53,47 мм²/с, при 100°C - 7,8 мм²/с.

По таблице А.1: $H = 57,31$.

Полученные данные подставляют в формулу 3:

$$N = \frac{\log 57,31 - \log 53,47}{\log 7,8} = 0,03376.$$

Полученные данные подставляют в формулу 2 и округляют до целого числа:

$$VI = \frac{(\text{antilog } 0,03376) - 1}{0,00715} + 100 = \frac{1,08084 - 1}{0,00715} + 100 = 111,31;$$

$$VI = 111.$$

Методику расчета индекса вязкости выбирают в зависимости от марки анализируемого моторного масла: для сезонных минеральных моторных масел индекс вязкости меньше 100, а для всесезонных минеральных, синтетических, полусинтетических моторных масел индекс вязкости выше 100.

По результатам расчетов необходимо заполнить таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты оценки качества моторного масла.

Марка моторного масла, нормативно-технический документ на него (технические условия (ТУ), стандарт)		
Наименование показателя	Значение показателя	
	Полученное на основании проведенных анализов	По нормативно-техническому документу
Характеристики капиллярного вискозиметра:		
- обозначение вискозиметра, стандарт		
- диаметр капилляра d, мм		
- постоянная вискозиметра C, мм ² /с ²		
Формула для расчета кинематической вязкости		
Время истечения при 40°C, с	t ₁ =	t ₂ =
Среднее арифметическое значение времени истечения при 40°C, с		
Кинематическая вязкость при 40°C $v_{40} (U)$, мм ² /с		
Время истечения при 100°C, с	t ₁ =	t ₂ =
Среднее арифметическое значение времени истечения при 100°C, с		
Кинематическая вязкость при 100°C $v_{100} (Y)$, мм ² /с		
Заключение о соответствии образца требованиям нормативно-технического документа (т.е. соответствие кинематической вязкости при 40°C (если указано) и при 100°C требованиям ТУ)		
Метод расчета индекса вязкости		
Формулы для расчета индекса вязкости		
L – кинематическая вязкость при 40°C моторного масла с индексом вязкости 0, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°C, что и испытываемое масло, мм ² /с		

Наименование показателя	Значение показателя	
	Полученное на основании проведенных анализов	По нормативно-техническому документу
Н - кинематическая вязкость при 40°C моторного масла с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100°C, что и испытываемое масло, мм ² /с		
Индекс вязкости <i>VI</i>		
Заключение о соответствии образца требованиям нормативно-технического документа (т.е. соответствие индекса вязкости требованиям ТУ)		

Содержание отчета: тема, цель, задание, оборудование и материалы для определения диспергирующей способности моторного масла, рисунок хроматограммы для определения диспергирующей способности моторного масла, таблица с результатами оценки диспергирующей способности моторного масла методом «масляного пятна»; оборудование и материалы для определения кинематической вязкости моторного масла, рисунок вискозиметра ВПЖ-2, рисунок прибора для определения вязкости нефтепродуктов, таблица с результатами оценки качества моторного масла, ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. По какому стандарту определяется кинематическая вязкость для моторных масел, при какой температуре?
2. По какому стандарту определяется индекс вязкости моторных масел?
3. Какой должна быть кинематическая вязкость для летних, зимних и всесезонных моторных масел? Как изменяется их кинематическая вязкость в зависимости от температуры? Поясните с помощью рисунка.
4. Что такое индекс вязкости? Как связан индекс вязкости с вязкостно-температурными свойствами моторного масла? Какой индекс вязкости имеют сезонные и всесезонные моторные масла?
5. Из каких групп знаков состоит обозначение моторного масла по ГОСТ 17479.1–85 «Масла моторные. Классификация и обозначение»? Приведите пример обозначения и расшифруйте его.
6. Укажите расшифровку и перевод аббревиатур **SAE, API, ACEA**.
7. Приведите классификацию моторных масел по вязкости SAE. Как обозначаются всесезонные масла?
8. На какие категории по API подразделяются моторные масла? Приведите обозначение моторных масел для бензиновых двигателей, дизельных двигателей, для бензиновых и дизельных двигателей, энергосберегающих.
9. Какие категории входят в классификацию ACEA. Для каких двигателей предназначена каждая категория? Какие классы входят в каждую категорию?

10. Что должна содержать маркировка моторного масла для европейского рынка? Приведите пример обозначения моторного масла, расшифруйте его.
11. Назовите браковочные показатели работавших моторных масел. Почему данные показатели используются в качестве браковочных?
12. Как определяются диспергирующие свойства моторного масла по методу «масляного пятна»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Определение качества охлаждающей жидкости

Цель работы:

- закрепление знаний по качеству основных марок низкотемпературных жидкостей;
- изучение методов проведения оценки качества низкотемпературных жидкостей;
- приобретение навыков по оценке качества низкотемпературных жидкостей.

Время на проведение работы — 2 часа.

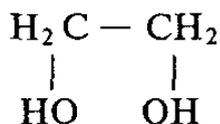
Нужно подправить номера таблиц и рисунков, формул (сделать сплошную нумерацию)

Задание

1. Оценить испытуемый образец антифриза по внешним признакам.
2. Определить состав и температуру застывания антифриза.
3. Произвести расчет по исправлению качества антифриза.
4. Составить отчет о работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Для охлаждения двигателей применяется вода и специальные низкотемпературные жидкости – *антифризы*. Антифризы представляют собой водные растворы солей, спиртов и других соединений. Наибольшее распространение получили смеси воды с двухатомным спиртом – *этиленгликолем*:



Этиленгликоль – бесцветная или желтоватого цвета жидкость с плотностью при 20 °С равной 1,11 г/см³, температурой кипения 197,5 °С и температурой замерзания минус 12 °С. Температура замерзания водных растворов этиленгликоля меняется в зависимости от концентрации, что иллюстрируется графиками (рис. 11).

Наиболее низкую температуру замерзания –75 °С имеет жидкость, состоящая из 66,7 % этиленгликоля и 33,3 % воды.

В системах охлаждения современных автомобилей всесезонно применяют антифризы *Тосол А-40М* и *Тосол А-65М* с температурами замерзания не выше –40 °С у первого и не выше –65 °С у второго. Они представляют собой водные растворы *Тосол Концентрат АМ*, приготовляемого из этиленгликоля и содержащего комплекс различных присадок (антикоррозионных, антипенных, антифрикционных). Имеются и другие марки антифризов с такими же температурами замерзания (*Лена-40, Лена-65*) (см. таблицу 7)

ОАО «Гроно Азот» выпускает антифриз «Тосол-А40МН» ТУ РБ 500036524.104-2003, соответствует ГОСТ 28084. Его технические характеристики даны в таблице 8.

Рекомендации по применению низкотемпературных охлаждающих жидкостей

В систему охлаждения двигателя следует заливать только жидкости, указанные заводом-изготовителем автомобиля (двигателя) в инструкции по его эксплуатации.

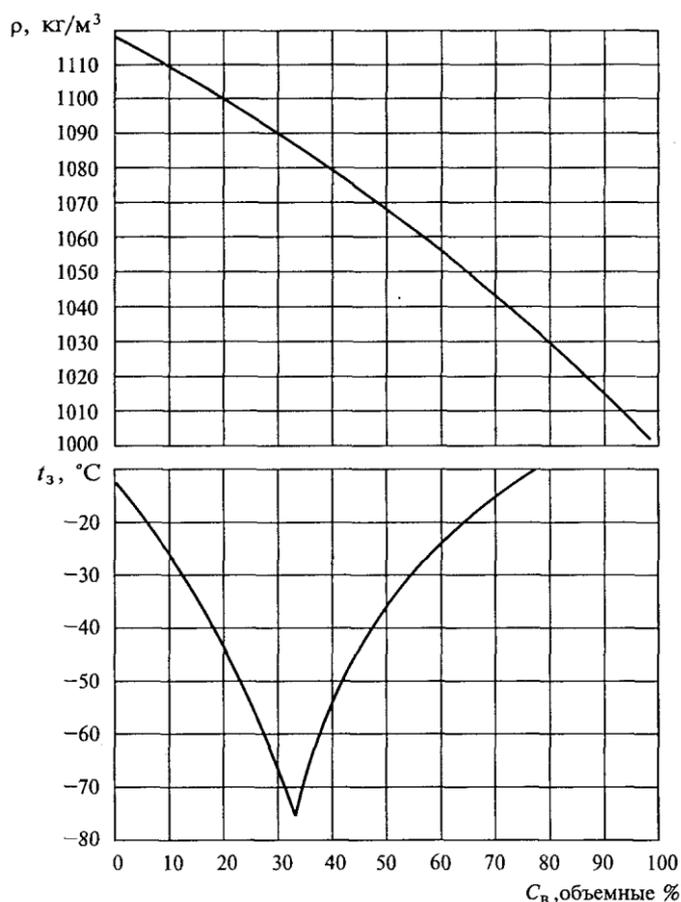


Рисунок 11 - Зависимость плотности ρ и температуры застывания t_3 водогликолевой жидкости от содержания в ней воды C_B .

Таблица 7 – Основные показатели антифриза «Тосол»

Наименование показателей	«Тосол»		
	Концентрат АМ	А-40М	А-65М
Состав, %:	-		
этиленгликоль	96	58-66	60-64
- вода	3	34	35
- присадки (сверх 100 %)	6-7	3-3,5	3,5-4
Внешний вид жидкости	Голубая, без механических примесей		Красная, без механических примесей
Плотность при 20 °С, г/см ³ , не более	1,12-1,14	1,078-1,075	1,085-1,095
Температура замерзания, °С, не выше	-11,5	-40	-65
Температура кипения, °С	+170	+108	+115
Вязкость кинематическая, мм ² /с при температуре:			
-30 °С	-	56,5	96,3
-20 °С	-	4,3	6,2
+50 °С	-	1,9	2,5

Таблица 8 - Технические требования к антифризу «Тосол-А40МН» ТУ РБ 500036524.104-2003:

Наименование	Мин.	Макс.	Описание
Внешний вид			Однородная прозрачная жидкость от голубого до синего цвета без механических примесей
Вспениваемость: время исчезновения пены, с, не более		3	
Вспениваемость: объем пены, см ³ , не более		30	
Набухание резин: изменение объема стандартных образцов резин марки 7-57-5006 когд ТРП и марки 57-7011 код ТРП-100-60, %, не более		5	
Плотность при 20°С, г/см ³	1,065	1,085	
Температура начала кристаллизации, °С, не более			минус 40
Щелочность, см ³ , не менее	10		
Примечание - Контролируемые параметры определяются по ГОСТ 28084			

Не следует смешивать между собой антифризы разных марок, даже имеющие одну основу, так как в них могут содержаться не совместимые друг с другом присадки.

По мере «старения» (выработки присадок) низкозамерзающие охлаждающие жидкости меняют внешний вид: они мутнеют, в них появляются осадки, меняется первоначальный цвет. Так «Тосол» превращается из голубого сначала в зеленый, а затем в мутно-желтоватый. При явном изменении цвета и помутнении охлаждающую жидкость следует слить, промыть систему охлаждения чистой водой и залить свежую жидкость.

Этиленгликоль — сильный пищевой яд, поэтому после контакта с охлаждающей жидкостью необходимо тщательно вымыть руки с мылом. Специальных мер защиты кожи и дыхательных путей при работе с низкозамерзающими жидкостями не требуется.

Низкозамерзающие жидкости имеют более высокую текучесть, чем вода, поэтому соединения патрубков охлаждающей системы двигателя должны обладать достаточной надежностью, обеспечивающей герметичность.

При работе двигателя из системы охлаждения в первую очередь испаряется вода, поэтому при естественном понижении уровня охлаждающей жидкости (без учета утечек) добавлять в нее следует воду, лучше дистиллированную. Следует помнить, что температура замерзания антифриза повышается не только при недостаточной, но и при избыточной концентрации этиленгликоля в составе раствора.

Определение качества антифризов

Основным показателем для оценки эксплуатационных свойств этиленгликолевой охлаждающей жидкости является температура замерзания, которую

определяют по плотности жидкости при помощи *ареометров* или *гидрометров*, а также по показателю преломления при помощи *рефрактометров*.

Определение качества антифризов с помощью рефрактометра

Рефрактометрия является одним из наиболее широко используемых аналитических методов, позволяющих определить концентрацию двухкомпонентных растворов.

Рефрактометрия основана на явлении преломления света при переходе из одной среды в другую, называемом рефракцией. Относительным показателем или *коэффициентом преломления* называют отношение синуса угла падения луча света к синусу угла его преломления:

$$\sin i_1 / \sin i_2 = n_{21}; n_{21} = n_2 / n_1, \quad (4)$$

где n_{21} – показатель преломления второго вещества относительно первого; n_2, n_1 – абсолютные показатели преломления второго и первого веществ соответственно.

Если луч идет из среды оптически более плотной в среду менее плотную, то угол преломления будет больше угла падения $i_2 > i_1$.

В этом случае при увеличении угла падения в пределе угол преломления может оказаться равным 90° . Соответствующий ему угол падения называется *предельным углом полного внутреннего отражения* $i_{\text{пред}}$. При падении света под большими углами $i_1 > i_{\text{пред}}$, преломленного луча не существует, свет не выходит из первой среды и имеет место явление *полного внутреннего отражения*.

Измерив угол $i_{\text{пред}}$ при переходе луча из исследуемого вещества в воздух, можно определить показатель преломления вещества:

$$n_1 = 1 / \sin i_{\text{пред}}. \quad (5)$$

Наиболее распространенными приборами для определения показателя преломления вещества методом измерения предельного угла полного внутреннего отражения являются *рефрактометры Аббе*.

Принцип действия промышленных рефрактометров базируется на использовании явления полного внутреннего отражения света в оптической призме, находящейся в контакте с жидкостью.

Свет от источника вводится в оптическую призму и падает на ее внутреннюю поверхность, контактирующую с исследуемым раствором. Световые лучи попадают на границу раздела призмы и раствора под различными углами. Часть лучей, угол падения которых больше критического, полностью отражаются от внутренней поверхности призмы и, выходя из нее, формируют светлую часть изображения на фотоприемнике. Часть лучей, угол падения которых меньше критического, частично преломляются и проходят в раствор, а частично отражаются и формируют темную часть изображения на фотоприемнике (см. рис.2.2).

Положение границы раздела между светом и тенью зависит от соотношения коэффициентов преломления материала оптической призмы и исследуемого раствора, а также длины волны излучения источника света. Поскольку оптические характеристики призмы и длина волны источника постоянны, то по положению

границы раздела света и тени на фотоприемнике можно однозначно определить коэффициент преломления или оптическую плотность исследуемого раствора.

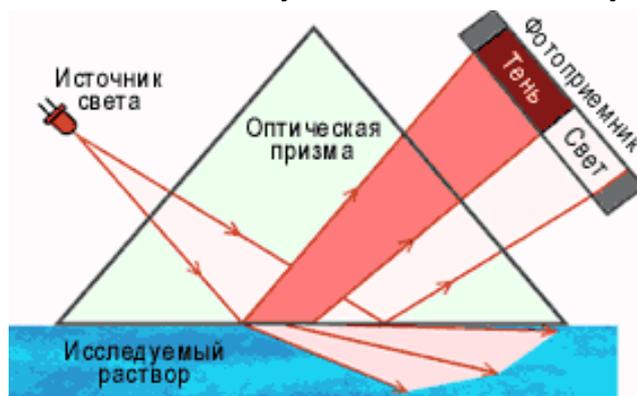


Рисунок 12 - Оптическая схема промышленного рефрактометра

Так как оптическая схема рефрактометров построена на использовании отражения и прохождения света только внутри призмы, то ни прозрачность раствора, ни наличие в нем рассеивающих свет нерастворимых включений, газовых пузырьков не влияют на результаты измерения.

Для компенсации влияния температуры исследуемой жидкости на результаты измерения концентрации в промышленных рефрактометрах используются тепловые датчики.

В процессе измерения показателя преломления на рефрактометре Аббе 2–3 капли исследуемого раствора помещают между стеклянными призмами, которые затем плотно сжимают. Поворотом зеркала или источника света ярко освещают призму. Все поле в окуляре должно быть освещено равномерно. Неравномерное освещение поля, темные пятна на нем указывают на недостаточное количество взятой для анализа жидкости. В таком случае следует раскрыть призмы, добавить несколько капель исследуемой жидкости и снова плотно сжать их.

Поворотом призмы добиваются появления темного поля в верхнем окошке поля зрения окуляра (см. рис.13). Появление темного поля соответствует такому положению призмы, при котором луч света испытывает полное внутреннее отражение от поверхности раздела между призмой и исследуемым веществом. Если граница в окуляре не резкая или окрашенная, то компенсатором добиваются резкой границы темного поля. Затем совмещают границу раздела с перекрестием сетки и снимают значение показателя преломления по шкале в нижнем окошке поля зрения окуляра.

Шкала рефрактометра проградуирована для температуры 20 °С. Так как показатель преломления в значительной мере зависит от температуры, в приборе предусмотрено термостатирование призмного блока с помощью камер, через которые пропускается вода, идущая от термостата. В учебных целях, если не требуется высокая точность, измерения могут проводиться без термостатирования.

При известном коэффициенте преломления антифриза n , концентрацию этиленгликоля в нем можно определить по формуле:

$$C = (n - 1,334) \cdot 10^3. \quad (6)$$

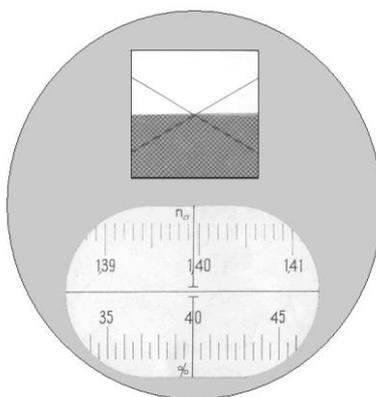
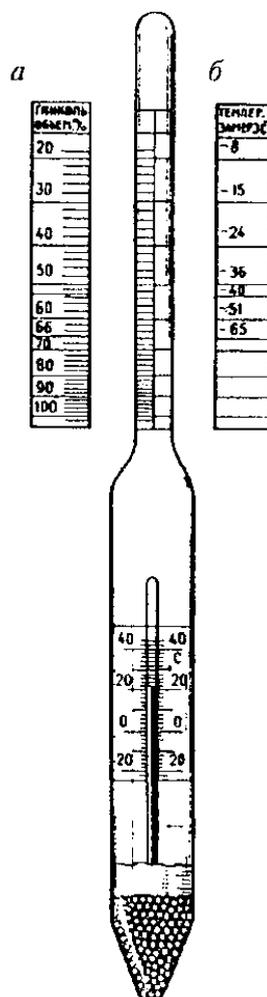


Рисунок 13 - Изображение, наблюдаемое в окуляре рефрактометра при правильной его настройке на измерение показателя преломления.

Определение качества антифризов с помощью гидрометра



а — шкала «Гликоль в объемных процентах»; б — шкала «Температура застывания, °С»

Рисунок 14 - Гидрометр для определения температуры застывания и содержания этиленгликоля в антифризах

Более простым (и менее точным) способом определения концентрации этиленгликоля и температуры застывания антифриза является использование **ареометра** или **гидрометра**.

Гидрометр внешне похож на ареометр, но он имеет две шкалы, одна из которых используется для определения концентрации этиленгликоля в объемных %, а другая – для определения соответствующей температуры замерзания. Внутри нижней части гидрометра имеется термометр (см. рис. 14)

Так как шкалы гидрометра градуированы на температуру 20 °С, то для определения истинного содержания этиленгликоля необходимо внести температурную поправку и произвести расчет по формуле:

$$C_{ист} = C_t [1 + 0,008(t - 20)], \quad (7)$$

где $C_{ист}$ – истинная концентрация этиленгликоля; C_t – измеренная при данной температуре концентрация этиленгликоля; t – температура измерения концентрации этиленгликоля, °С.

Исправление качества антифриза

Температура кипения этиленгликоля и воды, соответственно, равны 197,5 °С и 100 °С, поэтому при эксплуатации автомобилей из антифриза в первую очередь будет испаряться вода, а следовательно, исправление качества охлаждающей жидкости будет сводиться к добавлению системы охлаждения недостающего количества воды. Если же имеет место утечка антифриза из системы, то убыль восполняется не водой, а соответствующей маркой этиленгликолевой жидкости.

При несоответствии температуры замерзания антифриза требуемой величине ее корректируют доливанием этиленгликоля или воды. Если температура замерзания антифриза выше требуемой (минус 40 °С), то необходимо добавить этиленгликоль, а если ниже – необходимо добавить дистиллированную воду.

Количество добавляемого этиленгликоля рассчитывается по формуле

$$X = \frac{a-b}{b-k} V, \quad (8)$$

где X — количество добавляемого этиленгликоля, мл; V — объем анализируемого образца, мл; a — объемный процент воды в анализируемом образце; b — объемный процент воды в исправленном образце; k — объемный процент воды в добавляемом этиленгликоле.

Количество добавляемой воды рассчитывается по формуле

$$U = \frac{c-d}{d} V, \quad (9)$$

где U — количество добавляемой воды, мл; V — объем анализируемого образца, мл; c — объемный процент этиленгликоля в анализируемом образце; d — объемный процент этиленгликоля в исправленном образце.

Экспериментальная часть

1 Оценка антифриза по внешним признакам

Оборудование:

- стеклянный цилиндр диаметром 40—55 мм;
- химический стакан емкостью 250 мл;
- образец испытуемого антифриза ;

Порядок выполнения работы

1. Заполнить стеклянный цилиндр образцом испытуемого антифриза.
2. Не давая ему отстояться, осмотреть образец невооруженным глазом, определив наличие или отсутствие механических примесей.
3. Результаты оценки записать в таблицу 9.

2 Определение состава и температуры застывания антифриза

Оборудование:

- стеклянный цилиндр диаметром 40—55 мм;
- химический стакан емкостью 250 мл;
- гидрометр;
- мерные цилиндры;
- образцы испытуемого антифриза;
- дистиллированная вода;
- Тосол Концентрат АМ

Порядок выполнения работы

1. Заполнить стеклянный цилиндр образцом испытуемого антифриза.
2. Осторожно опустить гидрометр в цилиндр, и, дождавшись прекращения его колебаний, произвести отсчет по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска. Определить концентрацию этиленгликоля (или плотность антифриза).
3. При необходимости произвести перерасчет содержания этиленгликоля с учетом температурной поправки по формуле (7).
4. По таблице А.2 определить температуру замерзания антифриза и записать в таблицу 9.
5. Если температура замерзания антифриза окажется выше минус 40°С, то произвести расчет по исправлению качества антифриза по формулам (8) или (9). (Если температура замерзания антифриза соответствует требуемой, то расчет по исправлению качества антифриза по формулам (8) или (9) проводится для антифриза с температурой замерзания, которую укажет преподаватель.)
6. Выполнить исправление качества антифриза, т.е. довести его температуру замерзания до минус 40°С путем добавления этиленгликоля или воды и определить фактическую температуру замерзания после исправления.
7. Результат испытания записать в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты оценки качества антифриза

Марка антифриза, нормативно-технический документ на него (технические условия (ТУ), стандарт)						
	Температура антифриза t , °C	Показания гидрометра				Температура замерзания по графику (рис.11) или таблице А.2
		При измерениях		Приведенных к 20°C		
		Концентрация этиленгликоля, % об.	Температура замерзания, °C	Концентрация этиленгликоля, % об.	Температура замерзания, °C	
Исходный образец антифриза						
Исправленный образец антифриза						
Показатель			Значение показателя			
Объем исправляемого антифриза V , мл						
Температура замерзания исправляемого антифриза, °C						
Добавляемый компонент (вода или этиленгликоль)						
Формула для расчета добавляемого компонента (8) или (9)						
Содержание компонентов в исправляемом антифризе						
a — объемный процент воды в анализируемом образце						
c — объемный процент этиленгликоля в анализируемом образце						
Температура замерзания исправленного антифриза			Минус 40°C			
Содержание компонентов в исправленном антифризе						
b — объемный процент воды в исправленном образце						
d — объемный процент этиленгликоля в исправленном образце.						
Содержание воды в добавляемом этиленгликоле k , объемный процент (если добавляется этиленгликоль)						
Количество добавляемого этиленгликоля X , мл (или количество добавляемой воды U , мл)			Приводится формула с подставленными значениями и результат			
Показатель			Значение показателя			
			Полученное на основании проведенных анализов		По нормативно-техническому документу	
Цвет						
Наличие механических примесей						
Концентрация этиленгликоля, % об.						
Температура замерзания, °C						
Заключение о пригодности образца к применению						

Содержание отчета: тема, цель, оборудование и материалы, формулы: для определения концентрации этиленгликоля при известном коэффициенте преломления антифриза (6), для определения истинного содержания этиленгликоля (7), расчеты по формуле (7), расчет по исправлению качества антифриза, таблица 9, ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите марки и состав охлаждающих жидкостей, температуру замерзания.
2. Какой стандарт определяет требования к охлаждающим жидкостям? Укажите полное его название.
3. Как изменяется температура замерзания водогликолевой жидкости от содержания в ней воды?
4. Назовите приборы для оценки качества охлаждающей жидкости.
5. Как определить состав и температуру замерзания охлаждающей жидкости с помощью рефрактометра?
6. Как определяется состав и температура замерзания охлаждающей жидкости с использованием гидрометра? Зачем вносят температурную поправку для определения истинного содержания этиленгликоля?
7. Что необходимо добавлять в исправляемый антифриз, если его температура замерзания: 1) выше минус 40 °С, 2) ниже минус 40 °С? Запишите формулы для определения необходимого количества добавляемого этиленгликоля и воды.
8. Как изменяется внешний вид тосола по мере старения?

Список использованных источников

1. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. Лабораторный практикум. – 2-е изд. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 304 с.
2. СТБ ИСО 3104 -2003 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости».
3. ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81) «НЕФТЕПРОДУКТЫ. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости».
4. Устройство термостатирующее измерительное «Термостат А2» Паспорт 14789681.004-00.00.00 ПС.
5. ГОСТ 28084-89 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ «ЖИДКОСТИ ОХЛАЖДАЮЩИЕ НИЗКОЗАМЕРЗАЮЩИЕ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ»

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Измеренные значения L, D, H для кинематической вязкости

Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	L	D =(L-H)	H	Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	L	D =(L-H)	H
2	7,994	1,600	6,394	6,70	71,29	25,96	45,33
2,10	8,640	1,746	6,894	6,80	73,48	27,04	46,44
2,20	9,308	1,898	7,410	6,90	75,72	28,21	47,51
2,30	10,00	2,056	7,944	7,00	78,00	29,43	48,57
2,40	10,71	2,219	8,496	7,10	80,24	30,63	49,61
2,50	11,45	2,390	9,063	7,20	82,39	31,70	50,69
2,60	12,21	2,567	9,647	7,30	84,52	32,74	51,78
2,70	13,00	2,748	10,25	7,40	86,67	33,79	52,88
2,80	13,81	2,937	10,87	7,50	88,85	34,87	53,98
2,90	14,63	3,132	11,50	7,60	91,03	35,94	55,09
3,00	15,48	3,334	12,15	7,70	93,23	37,01	56,20
3,10	16,36	3,540	12,82	7,80	95,43	38,12	57,31
3,20	17,26	3,753	13,51	7,90	97,72	39,27	58,45
3,30	18,18	3,971	14,21	8,00	100,0	40,40	59,60
3,40	19,12	4,196	14,93	8,10	102,3	41,57	60,74
3,50	20,09	4,428	15,66	8,20	104,6	42,72	61,89
3,60	21,09	4,665	16,42	8,30	106,9	43,85	63,05
3,70	22,10	4,909	17,19	8,40	109,2	45,01	64,18
3,80	23,13	5,157	17,97	8,50	111,5	46,19	65,32
3,90	24,19	5,415	18,77	8,60	113,9	47,40	66,48
4,00	25,32	5,756	19,56	8,70	116,2	48,57	67,64
4,10	26,50	6,129	20,37	8,80	118,5	49,75	68,79
4,20	27,76	6,546	21,21	8,90	120,9	50,96	69,94
4,30	29,07	7,017	22,05	9,00	123,3	52,20	71,10
4,40	30,48	7,560	22,92	9,10	125,7	53,40	72,27
4,60	33,52	8,806	24,71	9,20	128,0	54,61	73,42
4,70	35,13	9,499	25,63	9,30	130,4	55,84	74,57
4,80-	36,79	10,22	26,57	9,40	132,8	57,10	75,73
4,90	38,50	10,97	27,53	9,50	135,3	58,36	76,91
5,00	40,23	11,74	28,49	9,60	137,7	59,60	78,08
5,10	41,99	12,53	29,46	9,70	140,1	60,87	79,27
5,20	43,76	13,32	30,43	9,80	142,7	62,22	80,46
5,30	45,53	14,13	31,40	9,90	145,2	63,54	81,67
5,40	47,31	14,94	32,37	10,0	147,7	64,86	82,87
5,50	49,09	15,75	33,34	10,1	150,3	66,22	84,08
5,60	50,87	16,55	34,32	10,2	152,9	67,56	85,30
5,70	52,65	17,36	35,29	10,3	155,4	68,90	86,51
5,80	54,42	18,16	36,26	10,4	158,0	70,5	87,72
5,90	56,20	18,97	37,23	10,5	160,6	71,63	88,95
6,00	57,97	19,78	38,19	10,6	163,2	73,00	90,19
6,10	59,74	20,57	39,17	10,7	165,8	74,42	91,4
6,20	61,53	21,38	40,15	10,8	168,5	75,86	92,65
6,30	63,32	22,19	41,13	10,9	171,2	77,33	93,92
6,40	65,17	23,03	42,14	11,0	173,9	78,75	95,19
6,50	67,13	23,94	43,18	11,1	176,7	80,20	96,45

Кинематическая вяз- кость при 100°C, мм ² /с	L	D =(L-H)	H	Кинематическая вяз- кость при 100°C, мм ² /с	L	D =(L-H)	H
6,60	69,16	24,92	44,24	11,2	179,4	81,65	97,71
11,3	182,1	83,13	98,97	16,7	357,9	182,5	175,4
11,4	184,8	84,63	100,2	16,8	361,7	184,7	177,0
11,5	187,6	86,1	101,5	16,9	365,6	187,0	178,6
11,6	190,4	8,61	102,8	17,0	369,4	189,2	180,2
11,7	193,3	89,18	104,1	17,1	373,2	191,5	181,7
11,8	196,2	90,75	105,4	17,2	377,1	193,8	183,3
11,9	199,0	92,3	106,7	17,3	381,0	196,1	184,9
12,0	201,9	93,87	108,0	17,4	384,9	198,4	186,5
12,1	204,9	95,47	109,4	17,5	388,9	200,8	188,1
12,2	207,8	97,07	110,7	17,6	392,7	203,0	189,7
12,3	210,7	98,66	112,0	17,7	396,6	205,3	191,3
12,4	213,6	100,3	113,3	17,8	400,6	207,7	192,9
12,5	216,6	101,9	114,7	17,9	404,6	210,0	194,6
12,6	219,6	103,6	116,0	18,0	408,6	212,4	196,2
12,7	222,7	105,3	117,4	18,1	412,6	214,8	197,8
12,8	225,7	107,0	118,7	18,2	416,7	217,3	199,4
12,9	228,8	108,7	120,1	18,3	420,7	219,7	201,0
13,0	231,9	110,4	121,5	18,4	424,8	222,2	202,6
13,1	235,0	112,1	122,9	18,5	429,0	224,7	204,3
13,2	238,0	113,8	124,2	18,6	433,1	227,2	205,9
13,3	241,2	115,6	125,6	18,7	437,3	229,7	207,6
13,4	244,3	117,3	127,0	18,8	441,6	232,3	209,3
13,5	247,4	119,0	128,4	18,9	445,7	234,7	211,0
13,6	250,6	120,8	129,8	19,0	450,0	237,3	212,7
13,7	253,8	122,6	131,2	19,1	454,2	239,8	214,4
13,8	257,0	124,4	132,6	19,2	458,4	242,3	216,1
13,9	260,2	126,2	134,0	19,3	462,7	245,0	217,7
14,0	263,4	128,0	135,4	19,4	467,0	247,6	219,4
14,1	266,6	129,8	136,8	19,5	471,9	250,2	221,7
14,2	269,8	131,6	138,2	19,6	475,7	252,9	222,8
14,3	273,1	133,5	139,6	19,7	479,7	255,2	224,5
14,4	276,3	135,3	141,0	19,8	483,0	257,8	226,2
14,5	279,6	137,2	142,4	19,9	488,6	260,9	227,7
14,6	283,0	139,1	143,9	20,0	493,2	263,7	229,5
14,7	286,4	141,1	145,3	20,2	501,5	268,5	233,0
14,8	289,7	142,9	146,8	20,4	510,8	274,4	236,4
14,9	293,0	144,8	148,2	20,6	519,9	279,8	240,1
15,0	296,5	146,8	149,7	20,8	528,8	285,3	243,5
15,1	300,0	148,8	151,2	21,0	538,4	291,3	247,1
15,2	303,4	150,8	152,6	21,2	547,5	296,8	250,7
15,3	305,9	152,8	154,1	21,4	556,8	302,6	254,2
15,4	310,4	154,8	155,6	21,6	566,4	308,6	257,8
15,5	331,9	156,9	157,0	21,8	575,6	314,1	261,5
15,6	317,5	158,9	158,6	22,0	585,1	320,2	264,9
15,7	321,1	161,0	160,1	22,2	595,0	326,4	268,6
15,8	324,6	163,0	161,6	22,4	604,3	332,0	272,3
15,9	328,3	165,2	163,1	22,6	614,2	338,4	275,8
16,0	331,9	167,3	164,6	22,8	624,1	344,5	279,6
16,1	335,5	169,4	166,1	23,0	633,6	350,3	283,3

Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	L	D=(L-H)	H	Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	L	D=(L-H)	H
16,2	339,2	171,5	167,7	23,2	643,4	356,6	286,8
16,3	342,9	173,7	169,2	23,4	653,8	363,3	290,5
16,4	346,5	175,8	170,7	23,6	663,6	369,0	294,4
16,5	350,4	178,1	172,3	23,8	673,6	375,7	297,9
16,6	354,1	180,3	173,8	24,0	683,9	382,1	301,8

Примечание:

Формула для расчета значений методом линейной интерполяции:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot x + (y_1 - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot x_1)$$

Таблица А.2 – Плотность и температура замерзания смесей технического этиленгликоля и воды

Концентрация этиленгликоля, %	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, °С	Концентрация этиленгликоля, %	Плотность, кг/м ³	Температура замерзания, °С
26,4	1034,0	-10	65,3	1085,5	-65
27,2	1037,6	-12	65,6	1086,0	-66
29,6	1041,0	-14	66,0	1086,3	-67
32,0	1044,3	-16	66,3	1086,6	-68
34,2	1048,0	-18	68,5	1088,8	-66
36,4	1050,6	-20	69,6	1090,0	-64
38,4	1053,3	-22	70,8	1091,0	-62
40,4	1056,0	-24	72,1	1092,3	-60
42,2	1058,6	-26	73,3	1093,7	-58
44,0	1060,6	-28	74,5	1094,7	-56
45,6	1062,7	-30	75,8	1096,0	-54
47,0	1064,3	-32	77,0	1097,3	-52
48,2	1066,3	-34	78,4	1098,3	-50
49,6	1068,0	-36	79,6	1099,7	-48
51,0	1069,6	-38	81,2	1100,7	-46
52,6	1071,3	-40	82,5	1102,3	-44
53,6	1072,6	-42	83,9	1103,3	-42
54,6	1074,0	-44	85,4	1104,3	-40
55,6	1075,3	-46	86,9	1105,4	-38
56,8	1076,6	-48	88,4	1106,6	-36
58,0	1078,0	-50	90,0	1107,7	-30
59,1	1079,0	-52	91,5	1108,7	-36
60,2	1080,3	-54	93,0	1109,6	-34
61,2	1081,3	-56	94,4	1110,3	-32
62,2	1082,3	-58	95,0	1110,5	-28
63,1	1083,3	-60	95,5	1110,7	-27
64,0	1084,3	-62	96,4	1111,0	-24
64,8	1085,0	-64	97,0	1111,6	-22
			97,8	1112,0	-20

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Тестовые задания к зачету по учебной дисциплине «Эксплуатационные материалы»

Автор: С. В. Монтик

Задание #1

Вопрос:

Охарактеризуйте химические соединения (парафиновые, нафтеновые, ароматические углеводороды, сернистые соединения, смолы, асфальтены) , входящие в состав нефти и нефтепродуктов

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) Парафиновые углеводороды
- 2) Нафтеновые углеводороды
- 3) Ароматические углеводороды
- 4) Непредельные углеводороды (олефины)
- 5) Активные сернистые соединения
- 6) Неактивные сернистые соединения

___ обладают не самой высокой теплотой сгорания, средней детонационной стойкостью, желательны их наличие в бензинах и зимних дизельных топливах

___ сернистые соединения, которые в нормальных условиях не вызывают коррозию, но при сжигании топлива образуют соединения, вызывающие коррозию

___ вызывают коррозию металлов при нормальных условиях

___ образуются в процессе переработки нефти, для них характерны реакции полимеризации, низкая химическая стойкость, что понижает стабильность и способствует осмолению, нежелательны во всех нефтепродуктах

___ обладают самыми высокими октановыми числами, самой низкой теплотой сгорания, высокой нагарообразующей способностью, не желательны в дизтопливе

___ Имеют наибольшую теплоту сгорания, обладают высокой стабильностью; если имеют нормальное строение (н-), то желательны в дизельных топливах и не желательны в бензинах

Задание #2

Вопрос:

Охарактеризуйте химические соединения, входящие в состав нефти и нефтепродуктов (сернистые соединения, непредельные углеводороды, кислородосодержащие соединения, смолисто-асфальтовые вещества, углеводороды)

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) активные сернистые соединения, вызывающие коррозию металлов в нормальных условиях
- 2) неактивные сернистые соединения, не вызывающие коррозию металлов в обычных условиях
- 3) непредельные углеводороды, вызывающие окисление и осмоление топлива
- 4) кислородные соединения, вызывающие коррозию цветных металлов и сплавов
- 5) смолисто-асфальтовые вещества, способствующие образованию нагара, лака

- меркаптаны
- этилен, бутен
- сульфиды, дисульфиды
- органические кислоты
- смолы
- нафтеновые кислоты
- элементарная сера S, сероводород

Задание #3

Вопрос:

Охарактеризуйте способы переработки нефти (физические и химические) (в чем заключается процесс, какой процесс относится к тому или иному методу)

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) физические способы переработки нефти
- 2) химические способы переработки нефти

- прямая (вакуумная) перегонка нефти для получения масел
- каталитический крекинг и гидрокрекинг
- прямая (атмосферная) перегонка нефти для получения бензина, дизтоплива и др. нефтепродуктов
- разделение сырья на составные части по температурам кипения без изменения первоначального химического состава
- каталитический риформинг
- термический крекинг

Задание #4

Вопрос:

Охарактеризуйте способы перегонки нефти, химические способы переработки нефти, выход нефтепродуктов

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) 10-15%

- 2) 15-20%
- 3) около 50%
- 4) прямая атмосферная перегонка нефти
- 5) вакуумная перегонка нефти
- 6) химические способы переработки нефти

- образуется ?% дизтоплива
- для получения бензина и дизтоплива используется ...
- для получения масел используется ...
- для увеличения выхода топливных фракций (бензин, дизтопливо, керосин) используется
- образуется ?% мазута
- образуется ?% реактивного топлива или керосина
- образуется ?% бензина

Задание #5

Вопрос:

Охарактеризуйте способы переработки нефти (химические и физические (термический, каталитический крекинг, гидрокрекинг, перегонка нефти) (используемое сырье, получаемые нефтепродукты)

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) термический крекинг
- 2) каталитический крекинг
- 3) вакуумная перегонка нефти
- 4) гидроочистка
- 5) прямая перегонка нефти

при этом процессе получаемый бензин имеет невысокое октановое число и большое содержание непредельных углеводородов, поэтому имеет плохую химическую стабильность

при этом процессе получаемый бензин имеет высокое октановое число (до 85 по моторному методу) и хорошую химическую стабильность

в качестве сырья используют соляровую фракцию, соляровый дистиллят вакуумной перегонки мазута

в качестве сырья используется мазут и керосино-газойлевые фракции

вид переработки нефтяного сырья, при котором происходит расщепление и изменение структуры углеводородов под действием температуры и катализатора (насыщение водородом не происходит)

вид переработки нефтяного сырья, при котором происходит расщепление и изменение структуры углеводородов под действием температуры и давления

Задание #6

Вопрос:

Охарактеризуйте химические способы переработки нефти (каалитический крекинг, гидрокрекинг, риформинг, синтезирование)(получаемые продукты, используемое сырье)

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) гидрокрекинг
- 2) крекинг
- 3) риформинг
- 4) синтезирование

___ процесс переработки нефтепродуктов, сочетающий крекирование (расщепление) и гидрирование (насыщение водородом непредельных углеводородов) сырья, проводится под давлением в среде водорода, высокой температуры и катализатора

___ используется для получения изооктана, алкилата, алкилбензола, которые используются как высокооктановой добавки к бензинам; в качестве сырья используются газы, образовавшиеся при коксовании и др. процессах

___ получаемый бензин имеет высокие октановые числа (октановые числа по исследовательскому методу 85-88), также увеличивается выход светлых нефтепродуктов (бензин, дизтопливо)

___ сырьем являются бензиновые фракции прямой перегонки нефти, используется для получения высокооктановых компонентов бензина (ароматических углеводородов с октановыми числами 95 по исследовательскому методу)

___ процесс переработки нефтепродуктов, сочетающий крекирование (расщепление) и гидрирование (насыщение водородом непредельных углеводородов) сырья, проводится под давлением в среде водородосодержащих газов, высокой температуры и катализатора

Задание #7

Вопрос:

Какие нефтепродукты получают при вакуумной перегонке мазута?

Выберите несколько из 9 вариантов ответа:

- 1) непредельные углеводороды
- 2) бензин
- 3) дизтопливо
- 4) тяжелые дистилляты моторных масел
- 5) синтетические масла

- 6) дистилляты легких и средних промышленных масел
- 7) гудрон
- 8) соляровый дистиллят (вакуум-соляр)
- 9) полугудрон

Задание #8

Вопрос:

Охарактеризуйте методы очистки нефтепродуктов (гидроочистка, кислотноконтрактная очистка, селективная очистка, адсорбционная очистка, депарафинизация)

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) гидроочистка
- 2) гидроочистка
- 3) селективная очистка
- 4) адсорбционная очистка
- 5) депарафинизация

___ физический способ очистки путем фильтрования паров топлива через слой активированного угля, силикагеля или глины

___ химический способ очистки, используется для удаления серы, а также насыщения непредельных углеводородов и снижения содержания смол

___ химический способ очистки, используется для удаления смолистых веществ и заключается в обработке нефтепродуктов серной кислотой с последующей промывкой раствором щелочи

___ физический способ очистки, при которой нефтепродукты обрабатывают избирательным растворителем, который растворяет нежелательные вещества, а после отстоя смеси очищенные нефтепродукты сливают

___ удаление с помощью растворителей (ацетон, дихлорэтан) парафина из дизтоплив и масел

Задание #9

Вопрос:

Назовите свойства бензинов, влияющие на смесеобразование.

Выберите несколько из 7 вариантов ответа:

- 1) октановое число
- 2) давление насыщенных паров
- 3) вязкость
- 4) фракционный состав
- 5) поверхностное натяжение
- 6) плотность

7) коррозионные свойства

Задание #10

Вопрос:

Какие характеристики плотности, поверхностного натяжения, давления насыщенных паров желательны для лучшего смесеобразования бензина?

Выберите несколько из 6 вариантов ответа:

- 1) меньшая плотность
- 2) меньшее поверхностное натяжение
- 3) меньше давление насыщенных паров
- 4) большая плотность
- 5) выше давление насыщенных паров
- 6) большее поверхностное натяжение

Задание #11

Вопрос:

Какой должна быть плотность бензина при 15 градусах Цельсия? С помощью какого прибора она определяется? (укажите все верные варианты)

Выберите несколько из 6 вариантов ответа:

- 1) аппарат Энглера
- 2) вискозиметр
- 3) нефтенсиметр
- 4) 820...845 кг/куб. м
- 5) 720...775 кг/куб. м
- 6) ареометр

Задание #12

Вопрос:

Укажите, какие классы бензинов по испаряемости определены в СТБ 1656? Какие из них являются летними, зимними, переходными?

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) летние классы
- 2) переходные классы
- 3) зимние классы

___ Класс С

___ Класс А

___ Класс F

___ Классы С1, D1, E1, F1

- Класс D
- Класс E
- Класс B

Задание #13

Вопрос:

Какие классы бензинов по испаряемости по СТБ 1656 рекомендуются к использованию на территории РБ в летний, переходный и зимний периоды?

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) рекомендуется применять в РБ в летний период
- 2) рекомендуется применять в РБ в зимний период
- 3) рекомендуется применять в РБ в переходный период (октябрь)
- 4) нет рекомендаций по использованию на территории РБ

- Класс B
- Класс E
- Класс F
- Класс D1
- Класс C
- Класс D
- Класс A
- Класс E1

Задание #14

Вопрос:

Какими параметрами характеризуется класс бензинов по испаряемости по СТБ 1656? Укажите все верные варианты

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) температура, при которой перегоняется 50% объемных бензина
- 2) температура, при которой перегоняется 10% объемных бензина
- 3) объемная доля (в %) испарившегося бензина при 70 градусах Цельсия
- 4) температура, при которой перегоняется 90 % объемных бензина
- 5) давление насыщенных паров
- 6) объемная доля (в %) испарившегося бензина при 100 градусах Цельсия
- 7) объемная доля (в %) испарившегося бензина при 150 градусах Цельсия
- 8) температура конца кипения

Задание #15

Вопрос:

Каким показателям характеризуется детонационная стойкость бензинов? Что

характеризуется значение данного показателя? Какими методами он определяется?

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) цетановое число
- 2) значение показателя равно процентному содержанию изооктана, октановое число которого принято за 100, в его смеси с н-гептаном, октановое число которого равно 0, эквивалентной по испытываемому топливу
- 3) цетановый индекс
- 4) определяется исследовательским методом
- 5) определяется моторным методом
- 6) значение показателя равно объемному проценту цетана в его смеси с альфа-метилнафталином, которая аналогична испытываемому топливу
- 7) октановое число
- 8) определяется методом совпадения вспышек

Задание #16

Вопрос:

Укажите октановое число, содержание серы, ароматических и олефиновых (непредельных) углеводородов для бензина АИ-92-К5-Евро

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) октановое число по моторному методу 92
- 2) Объемная доля ароматических углеводородов не более 35%
- 3) октановое число по исследовательскому методу 92
- 4) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 18%
- 5) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 35%
- 6) октановое число по моторному методу 83
- 7) Объемная доля ароматических углеводородов не более 18%
- 8) октановое число по исследовательскому методу 83
- 9) массовая доля серы не более 10 мг/кг
- 10) массовая доля серы не более 50 мг/кг

Задание #17

Вопрос:

Укажите октановое число, содержание серы, ароматических и олефиновых (непредельных) углеводородов для бензина АИ-95-К5-Евро

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) октановое число по исследовательскому методу 95
- 2) массовая доля серы не более 10 мг/кг
- 3) октановое число по исследовательскому методу 85

- 4) массовая доля серы не более 50 мг/кг
- 5) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 18%
- 6) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 35%
- 7) октановое число по моторному методу 95
- 8) Объемная доля ароматических углеводородов не более 35%
- 9) Объемная доля ароматических углеводородов не более 18%
- 10) октановое число по моторному методу 85

Задание #18

Вопрос:

Укажите октановое число, содержание серы, ароматических и олефиновых (непредельных) углеводородов для бензина АИ-98-К5-Евро

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 18%
- 2) Объемная доля олефиновых углеводородов не более 35%
- 3) октановое число по моторному методу 98
- 4) октановое число по исследовательскому методу 88
- 5) Объемная доля ароматических углеводородов не более 35%
- 6) Объемная доля ароматических углеводородов не более 18%
- 7) октановое число по исследовательскому методу 98
- 8) октановое число по моторному методу 88
- 9) массовая доля серы не более 50 мг/кг
- 10) массовая доля серы не более 10 мг/кг

Задание #19

Вопрос:

Наличие каких соединений в бензине способствуют лако- и нагарообразованию в двигателе? Каким методом и показателем оценивается стабильность бензинов, наличие активных сернистых соединений?

Выберите несколько из 9 вариантов ответа:

- 1) ароматические углеводороды
- 2) олефины (непредельные углеводороды)
- 3) стабильность бензинов оценивается методом испытаний на медной пластинке
- 4) наличие активных сернистых соединений оценивается по индукционному периоду (должен быть не менее 360 мин.)
- 5) водорастворимые неорганические кислоты и щелочи
- 6) вода
- 7) смолы
- 8) наличие активных сернистых соединений оценивается методом испытаний на медной пластинке

9) стабильность бензинов оценивается по индукционному периоду (должен быть не менее 360 мин.)

Задание #20

Вопрос:

Какие вещества, содержащиеся в бензине, вызывают коррозию деталей?

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) органические кислоты
- 2) вода
- 3) неорганические водорастворимые кислоты и щелочи
- 4) активные сернистые соединения (меркаптаны, сероводород)
- 5) смолы
- 6) ароматические углеводороды
- 7) неактивные сернистые соединения
- 8) непредельные углеводороды (олефины)

Задание #21

Вопрос:

Назовите свойства дизельного топлива, влияющие на смесеобразование.

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) поверхностное натяжение
- 2) октановое число
- 3) предельная температура фильтруемости
- 4) плотность
- 5) фракционный состав
- 6) вязкость
- 7) давление насыщенных паров
- 8) коррозионные свойства

Задание #22

Вопрос:

Какие свойства дизельных топлив существенно влияют на подачу топлива?

Выберите несколько из 7 вариантов ответа:

- 1) вязкостно-температурные свойства
- 2) поверхностное натяжение
- 3) наличие механических примесей и воды
- 4) фракционный состав
- 5) плотность
- 6) физическая и химическая стабильность

7) низкотемпературные свойства (предельная температура фильтруемости и др.)

Задание #23

Вопрос:

К чему приводит увеличение вязкости дизельного топлива?

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) к уменьшению капель топлива при распылении
- 2) к уменьшению расхода топлива
- 3) повышается нагарообразование, появляется дымление
- 4) топливо лучше сгорает
- 5) топливо сгорает не полностью
- 6) уменьшается нагарообразование
- 7) к увеличению расхода топлива
- 8) к ухудшению смесеобразования и образованию крупных капель топлива при распылении

Задание #24

Вопрос:

Какой должна быть вязкость дизельного топлива для умеренного климата, для холодного и арктического климата (ДТ-З-К5, класс 2, ДТ-А-К5, класс 3) ? С помощью каких приборов определяется вязкость дизтоплива, при какой температуре?

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) 15 градусов Цельсия
- 2) 40 градусов Цельсия
- 3) ареометр
- 4) капиллярный вискозиметр ВПЖ-4
- 5) ротационный вискозиметр или гидрометр
- 6) 2.00-4.50 мм²/с
- 7) 1.50-4.00 мм²/с
- 8) 1.40-4.00 мм²/с
- 9) 3.50-5.00 мм²/с

___ вязкость дизтоплива определяется при температуре

___ вязкость дизельного топлива для умеренного климата составляет

___ вязкость арктического дизельного топлива марки ДТ-А-К5, класс 3 составляет

___ вязкость дизельного топлива определяется прибором

___ вязкость зимнего дизельного топлива марки ДТ-З-К5, класс 2 составляет

Задание #25

Вопрос:

Дайте определение температурам, которые определяют низкотемпературные свойства дизельного топлива (температура помутнения, температура застывания, предельная температура фильтруемости). Назовите способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) температура помутнения
 - 2) предельная температура фильтруемости на холодном фильтре
 - 3) температура застывания
 - 4) является способом улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива (понижает предельную температуру фильтруемости, температуру застывания)
 - 5) не является способом улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива
- б) температура вспышки

___ Самая высокая температура, при которой данный объем топлива не протекает через стандартизованную фильтрующую установку в течение заданного времени при охлаждении в условиях настоящего метода

___ депарафинизация (удаление парафиновых углеводородов)

___ наивысшая температура, при которой топливо теряет свою текучесть

___ наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность, но не теряет текучесть

___ использование загущающих присадок

___ использование депрессорных присадок

Задание #26

Вопрос:

Какие сорта и/или классы в зависимости от предельной температуры фильтруемости предусмотрены для дизельного топлива для умеренного климата; для дизельного топлива для холодного и арктического климата по СТБ 1658? Укажите соответствующие им предельные температуры фильтруемости.

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) сорта и классы дизельного топлива для умеренного климата
- 2) сорта и классы дизельного топлива для холодного и арктического климата
- 3) -20 градусов Цельсия
- 4) -10 градусов Цельсия
- 5) - 32 градуса Цельсия

б) - 38 градуса Цельсия

- Класс 2 температуру имеет предельную фильтруемости
- Классы 0, 1, 2, 3, 4
- Класс 3 температуру имеет предельную фильтруемости
- Сорт С имеет предельную температуру фильтруемости
- Сорт F температуру имеет предельную фильтруемости
- Сорта А, В, С, D, E, F

Задание #27

Вопрос:

Какими параметрами определяется фракционный состав дизельного топлива для умеренного климата по СТБ 1658, укажите их значения (температурами, когда перегоняется определенный % топлива; объемным % процентом перегонки при заданной температуре, т.п.)?

Выберите несколько из 6 вариантов ответа:

- 1) температура, при которой перегоняется 50% объемных топлива
- 2) при 250 градусов Цельсия перегоняется менее 65% объемных топлива
- 3) температура, при которой перегоняется 10% объемных топлива
- 4) 95 % объемных топлива перегоняется при температуре не выше 360 градусов Цельсия
- 5) температура, при которой перегоняется 96% объемных топлива
- 6) при 350 градусов Цельсия перегоняется не менее 85% объемных топлива

Задание #28

Вопрос:

Какой должна быть плотность дизельного топлива для умеренного и для холодного климата (класс 2, 3, 4)? При какой температуре определяется плотность, с помощью какого прибора? К чему приводит увеличение плотности дизельного топлива?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) плотность определяется с помощью ареометра
- 2) плотность определяется с помощью вискозиметра или рефрактометра
- 3) 820-845 кг/куб. м для умеренного климата
- 4) 820-845 кг/куб. м для холодного климата (классы 2,3,4)
- 5) 800-840 кг/куб. м для умеренного климата
- 6) 800-840 кг/куб. м для холодного климата (классы 2,3,4)
- 7) при увеличении плотности увеличивается расход топлива, дымность
- 8) плотность определяется при 40 градусах Цельсия

9) плотность определяется при 15 градусах Цельсия

10) при увеличении плотности возрастает цетановое и октановое число

Задание #29

Вопрос:

Каким показателем оценивается воспламеняемость дизельного топлива. дайте ему определение ? Какие еще параметры характеризуют воспламеняемость дизельного топлива?

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) индукционный период
- 2) условный показатель, численно равный объемному проценту октана (октановое число 100) в его смеси с н-гептаном (октановое число 0), которая по самовоспламеняемости аналогична испытываемому топливу
- 3) условный показатель, численно равный объемному проценту цетана (цетановое число 100) в его смеси с альфа-метилнафталином (цетановое число 0), которая по самовоспламеняемости аналогична испытываемому топливу
- 4) период задержки воспламенения
- 5) октановое число
- 6) цетановое число
- 7) температура вспышки
- 8) температура самовоспламенения

Задание #30

Вопрос:

Каким должно быть цетановое число и цетановый индекс для дизельных топлив для умеренного климата, для дизельных топлив для холодного и арктического климата по СТБ 1658? Как соотносятся цетановые числа дизельного топлива для умеренного и для холодного и арктического климата и почему?

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) цетановое число для ДТ для умеренного климата
- 2) цетановый индекс для ДТ для умеренного климата
- 3) цетановое число у ДТ для холодного и арктического климата меньше по сравнению с ДТ для умеренного климата, т.к. в нем содержится меньше парафиновых углеводородов чтобы понизить температура фильтруемости
- 4) цетановое число для ДТ для холодного и арктического климата
- 5) цетановый индекс для ДТ для холодного и арктического климата
- 6) цетановое число у ДТ для холодного и арктического климата больше по сравнению с ДТ для умеренного климата, т.к. в нем содержится меньше парафиновых углеводородов чтобы понизить температура фильтруемости

- ___ не менее 51
- ___ не менее 46; 43 в зависимости от класса
- ___ не менее 49; 48; 47 в зависимости от класса
- ___ цетановое число у ДТ для холодного и арктического климата (больше, меньше, равно?) по сравнению с ДТ для умеренного климата
- ___ не менее 46

Задание #31

Вопрос:

Какими способами можно увеличить цетановое число дизельного топлива? К чему приводит низкое цетановое число дизельного топлива? К чему приводит очень высокое цетановое число дизельного топлива (более 55)?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) очень высокое цетановое число приводит к тому, что топливо воспламеняется вблизи форсунки, и воздух, находящийся дальше от места впрыска почти не участвует в процессе сгорания. В результате топливо сгорает не полностью, снижается экономичность двигателя.
 - 2) низкое цетановое число приводит к тому, что топливо воспламеняется вблизи форсунки, и воздух, находящийся дальше от места впрыска почти не участвует в процессе сгорания. В результате топливо сгорает не полностью, снижается экономичность двигателя.
 - 3) увеличение количества нормальный парафинов в ДТ
 - 4) уменьшение количества нормальный парафинов в ДТ
 - 5) использование кислородосодержащих присадок, выделяющих активный кислород
 - 6) низкое цетановое число приводит к резкому возрастанию давления в цилиндрах двигателя, что приводит к повышенному ударному воздействию, повышенному износу кривошипно-шатунного механизма, снижает экономичность двигателя
 - 7) использование депрессорных присадок
 - 8) уменьшение количества ароматических углеводородов в ДТ
 - 9) увеличение количества ароматических углеводородов в ДТ
 - 10) очень высокое цетановое число приводит к резкому возрастанию давления в цилиндрах двигателя, что приводит к повышенному ударному воздействию, повышенному износу кривошипно-шатунного механизма, снижает экономичность двигателя
- низкое цетановое число приводит к резкому возрастанию давления в цилиндрах двигателя, что приводит к повышенному ударному воздействию, повышенному износу кривошипно-шатунного механизма, снижает экономичность двигателя

Задание #32

Вопрос:

Какие показатели дизельного топлива влияют на нагарообразование в двигателе?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) содержание серы
- 2) коксуемость
- 3) содержание парафиновых углеводородов
- 4) зольность
- 5) давление насыщенных паров
- 6) содержание непредельных углеводородов (олефинов)
- 7) содержание фактических смол
- 8) фракционный состав (содержание тяжелых фракций)
- 9) содержание ароматических углеводородов
- 10) содержание нафтеновых углеводородов

Задание #33

Вопрос:

Расшифруйте обозначение дизельного топлива "Топливо дизельное ДТ-Л-К5, сорт С СТБ 1658". Какое цетановое число и цетановый индекс, предельная температура фильтруемости, содержание серы у данного ДТ? Наличие метиловых эфиров жирных кислот?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) содержание серы не более 10 мг/кг
- 2) цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46
- 3) предельная температура фильтруемости не выше -5 градусов цельсия
- 4) летнее дизельное топливо
- 5) содержание серы не более 50 мг/кг
- 6) цетановое число не менее 47, цетановый индекс не менее 43
- 7) предельная температура фильтруемости не выше -38 градусов цельсия
- 8) зимнее дизельное топливо
- 9) содержание метиловых эфиров жирных кислот (FAME) не более 7%
- 10) метиловые эфиры жирных кислот отсутствуют

Задание #34

Вопрос:

Расшифруйте обозначение дизельного топлива "Топливо дизельное ДТ-З-К5, сорт F СТБ 1658". Какое цетановое число и цетановый индекс, предельная температура фильтруемости, содержание серы у данного ДТ? Наличие метиловых эфиров жирных кислот?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) содержание серы не более 50 мг/кг
- 2) предельная температура фильтруемости не выше -20 градусов цельсия
- 3) содержание метиловых эфиров жирных кислот (FAME) не более 7%
- 4) содержание серы не более 10 мг/кг
- 5) метиловые эфиры жирных кислот отсутствуют
- 6) цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46
- 7) летнее дизельное топливо
- 8) цетановое число не менее 47, цетановый индекс не менее 43
- 9) зимнее дизельное топливо
- 10) предельная температура фильтруемости не выше -38 градусов цельсия

Задание #35

Вопрос:

Расшифруйте обозначение дизельного топлива "Топливо дизельное ДТ-А-К5, класс 3 СТБ 1658". Какое цетановое число и цетановый индекс, предельная температура фильтруемости, содержание серы у данного ДТ? Наличие метиловых эфиров жирных кислот?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) предельная температура фильтруемости не выше -38 градусов цельсия
- 2) содержание серы не более 50 мг/кг
- 3) зимнее дизельное топливо
- 4) содержание метиловых эфиров жирных кислот (FAME) не более 7%
- 5) цетановое число не менее 47, цетановый индекс не менее 43
- 6) содержание серы не более 10 мг/кг
- 7) метиловые эфиры жирных кислот отсутствуют
- 8) цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46
- 9) предельная температура фильтруемости не выше -20 градусов цельсия
- 10) арктическое дизельное топливо

Задание #36

Вопрос:

Расшифруйте обозначение дизельного топлива "Топливо дизельное ДТ-Л-К5-Б5, сорт В СТБ 1658". Какое цетановое число и цетановый индекс, предельная температура фильтруемости, содержание серы у данного ДТ? Наличие метиловых эфиров жирных кислот?

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) содержание метиловых эфиров жирных кислот (FAME) 5% объемных
- 2) содержание серы не более 10 мг/кг

- 3) содержание серы не более 50 мг/кг
- 4) цетановое число не менее 51, цетановый индекс не менее 46
- 5) предельная температура фильтруемости не выше -5 градусов цельсия
- 6) содержание метиловых эфиров жирных кислот (FAME) 7% объемных
- 7) предельная температура фильтруемости не выше 0 градусов цельсия
- 8) цетановое число не менее 47, цетановый индекс не менее 43
- 9) летнее дизельное топливо
- 10) зимнее дизельное топливо

Задание #37

Вопрос:

Охарактеризуйте газы углеводородные сжиженные по **СТБ 2262-2012 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия»**, используемые в качестве моторного топлива для автомобильного транспорта: марки, их состав и область применения, октановое число, давление в баллонах?

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) содержание пропана 85%
- 2) содержание пропана 75% остальное бутан
- 3) содержание пропана 50% остальное бутан
- 4) не менее 89
- 5) не менее 105
- 6) 1,6 МПа
- 7) 19,6 МПа
- 8) содержание метана 95%
- 9) не ниже -20 градусов
- 10) от -20 до -30 градусов

- ПА рекомендуется использовать при температуре
- давление в баллонах
- октановое число по моторному методу
- ПБА рекомендуется использовать при температуре
- ПБА пропан-бутан автомобильный
- ПА пропан автомобильный

Задание #38

Вопрос:

Охарактеризуйте компримированный (сжатый) природный газ по **ГОСТ 27577-2022 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия»** (состав, давление в баллоне, октановое число)?

Выберите несколько из 7 вариантов ответа:

- 1) давление в баллоне 19,6 МПа
- 2) расчетное октановое число по моторному методу не менее 89
- 3) расчетное октановое число по моторному методу не менее 105
- 4) состав - пропан-бутеновая смесь
- 5) давление в баллоне 1,6 МПа
- 6) основной компонент пропан
- 7) основной компонент метан

Задание #39

Вопрос:

Назовите достоинства и недостатки использования газообразного автомобильного топлива

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) возрастает токсичность отработавших газов
- 2) затруднен запуск при низкой температуре на газу (зависит от газобаллонной аппаратуры)
- 3) газообразные топлива имеют высокие октановые числа (не менее 89 сжиженный газ, не менее 105 сжатый газ по моторному методу)
- 4) возрастает ресурс двигателя
- 5) снижается грузоподъемность автомобилей в связи с применением тяжелых стальных баллонов высокого давления (при использовании компримированного газа)
- 6) снижается мощность и топливная экономичность газовых двигателей
- 7) повышение мощности двигателя, снижение расхода топлива
- 8) значительно снижается токсичность отработавших газов
- 9) увеличивается трудоемкость работ по ТО и ремонту автомобилей
- 10) увеличивается продолжительность работы масла между заменами

Задание #40

Вопрос:

На какие группы делятся масла в зависимости от Динамической вязкости при высоких температурах и высоких скоростях сдвига (HTHS - High Temperature High Shear Rate), что характерно для данных групп?

Укажите соответствие для всех 4 вариантов ответа:

- 1) полновязкие масле
- 2) маловязкие масла
- 3) обеспечивает энергосберегающие свойства масла, что позволяет снизить

расход топлива и, как следствие, снизить уровень выбросов вредных веществ в атмосферу

4) обеспечивает создание более толстой защитной пленки на смазываемых деталях при рабочей температуре двигателя, а значит, и более лучшую защиту двигателя от износа

___ Более низкая НТНС вязкость обеспечивает

___ Более высокая НТНС вязкость обеспечивает

___ масла, имеющие динамическую вязкость при высоких температурах и высоких скоростях сдвига НТНС 2,6-3,5 мПа*с для достижения топливной экономичности

___ масла, обеспечивающие максимальную защиту двигателя и имеющие динамическую вязкость при высоких температурах и высоких скоростях сдвига НТНС более 3,5 мПа*с

Задание #41

Вопрос:

Какая вязкость характерна для летних, зимних и всесезонных моторных масел? Как она влияет на запуск холодного двигателя, смазывание при высоких температурах?

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) зимние масла
- 2) летние масла
- 3) всесезонные масла

___ не обеспечивают надежного смазывания двигателя в летних условиях эксплуатации

___ благодаря большой вязкости, надежно смазывают двигатель при высоких температурах, но не обеспечивают холодный пуск при температуре окружающего воздуха ниже 0°C.

___ обладают небольшой вязкостью для обеспечения холодного пуска двигателя при низких температурах

___ имеет достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание при высокой температуре, но оно слишком вязкое при низкой температуре (выше уровня, при котором еще возможен пуск двигателя от стартера)

___ у данного масла вязкость не значительно изменяется с изменением температуры, оно обеспечит холодный пуск двигателя зимой и надежное смазывание летом

___ при низкой температуре обеспечит холодный пуск, но не обеспечит смазывание летом, когда температура масла приблизится к 90-100 °C или превысит эти значения

Задание #42

Вопрос:

Укажите виды, состав и методы получения базовых моторных масел. Также поясните методы получения всесезонных минеральных моторных масел.

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) минеральные базовые масла
- 2) синтетические базовые масла
- 3) HC-СИНТЕТИЧЕСКИЕ (Hydro-Cracking-Synthese-Technology) БАЗОВЫЕ МАСЛА
- 4) метод используют для получения всесезонных минеральных моторных масел с высоким индексом вязкости

___ состоят из поли-альфа-олефинов (ПАО), диэфиров (диэстеров) или их смесей, характерно высокий индекс вязкости

___ в маловязкие масла, у которых вязкость при 100°C менее 5 мм²/с, добавляют вязкостные присадки (полимерные соединения, молекулы которых с понижением температуры свертываются" в клубки и вязкость снижается, а при повышении температуры клубки макромолекул "разворачиваются" в длинные разветвленные цепи и вязкость возрастает)

___ преобразованием сырья в углеводороды необходимой структуры за счёт реакций гидрирования, крекинга, изомеризации и гидрогенолиза

___ получают гидрокаталитической переработкой сырья для получения базовых масел с высоким индексом вязкости (100 и выше), низким содержанием сернистых и ароматических углеводородов.

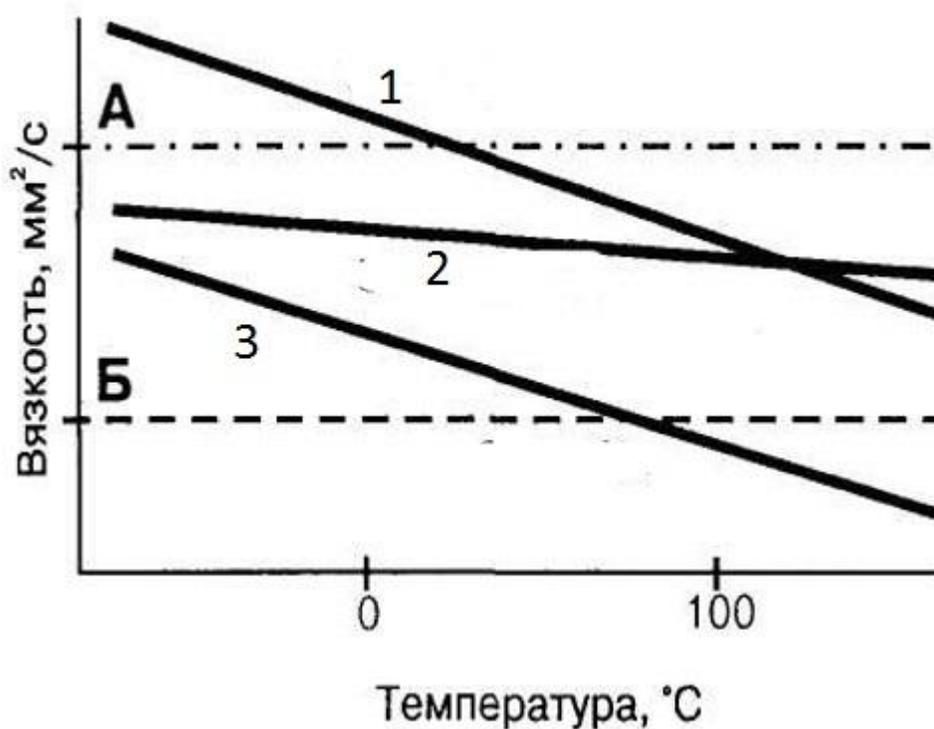
___ получают методом вакуумной перегонки мазута

Задание #43

Вопрос:

Используя приведенный рисунок зависимости изменения вязкости от температуры, укажите какому маслу (летнему, зимнему, всесезонному) соответствуют линии поз.1, 2, 3? Чему соответствуют ограничивающие линии А и Б на рисунке?

Изображение:



Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) линия поз. 1
- 2) линия поз. 2
- 3) линия поз. 3
- 4) линия А
- 5) линия Б
- 6) вязкость от линии Б до линии А
- 7) вязкость меньше линии Б и выше линии А

Зимнее масло, например с классом вязкости SAE 10W

минимально допустимая вязкость для обеспечения надежного смазывания двигателя при высоких температурах

Летнее масло, например с классом вязкости SAE 40

диапазон изменения вязкости для обеспечения нормальной работы двигателя

диапазон изменения вязкости не обеспечивающий нормальную работу двигателя

Всесезонное масло, например с классом вязкости SAE 10W-40

максимально допустимая вязкость для обеспечения холодного пуска двигателя

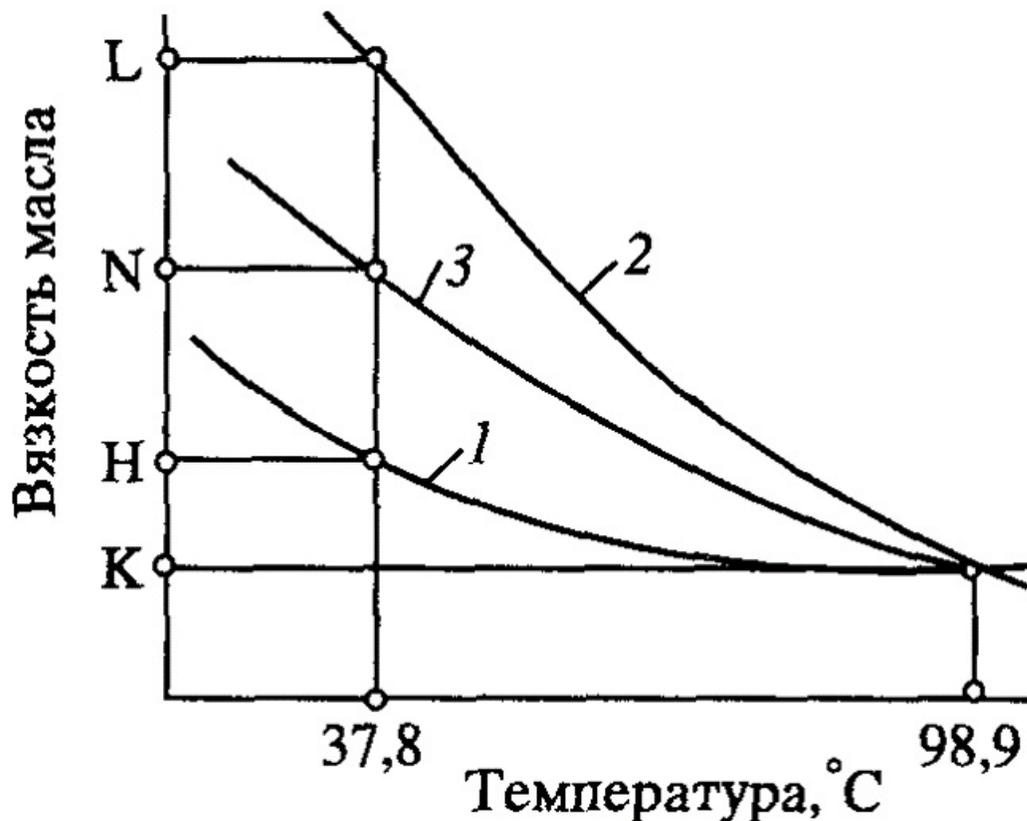
Задание #44

Вопрос:

Что такое индекс вязкости масла? Как он определяется? При определении

индекса вязкости (см. рис) какое из масел имеет индекс вязкости 0, 100, промежуточное значение? Что такое диспергирующая способность?

Изображение:



Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) индекс вязкости
- 2) диспергирующая способность
- 3) тем больше индекс вязкости
- 4) тем меньше индекс вязкости
- 5) равный 100
- 6) равный 0
- 7) в пределах от 0 до 100

___ при определении индекса вязкости масло поз. 1 имеет индекс вязкости

___ Чем больше изменение вязкости масла в заданном интервале температур, тем ...

___ при определении индекса вязкости масло поз. 3 имеет индекс вязкости

___ при определении индекса вязкости масло поз.2 имеет индекс вязкости

___ условный показатель, характеризующий степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры

___ способность масла, поддерживать продукты загрязнения во взвешенном

состоянии

___ Чем меньше изменение вязкости масла в заданном интервале температур ,
тем ...

Задание #45

Вопрос:

Охарактеризуйте свойства моторного масла (моюще-диспергирующие, нейтрализующая способность, термоокислительная стабильность, стойкость к окислению)

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) термоокислительная стабильность
- 2) моющие свойства
- 3) диспергирующие свойства
- 4) индукционный период осадкообразования
- 5) щелочное число, в мг КОН на 1 г масла

___ каким показателем оценивается стойкость к окислению масла

___ способность масла нейтрализовать кислоты, образующиеся при окислении масла или попадающее в него из продуктов сгорания топлива, оценивают по

___ способность масла под действием высокой температуры не образовывать лаковых отложений на поверхностях поршневой группы двигателя - это

___ способность масла поддерживать продукты загрязнения во взвешенном состоянии

___ какие свойства оцениваются по интенсивности лакообразования на поверхности поршня на установке ПЗВ

___ способность масла уменьшать образование углеродистых отложений и осадков на деталях двигателя - это

Задание #46

Вопрос:

Охарактеризуйте назначение присадок, входящих в состав моторных масел

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) Вязкостные (загущающие) присадки
- 2) Моющие присадки
- 3) Диспергирующие присадки
- 4) Антиокислительные и антикоррозионные присадки
- 5) Противоизносные и противозадирные присадки

- 6) Депрессорные присадки
- 7) Антифрикционные присадки (модификаторы трения)
- 8) Ингибиторы коррозии

___ Поддерживают загрязняющие примеси в масле в мелкодисперсном состоянии и предотвращают образование низкотемпературного шлама

___ Уменьшают степень изменения вязкости с изменением температуры

___ Понижают температуру застывания масла за счет снижения интенсивности образования кристаллов парафина при низких температурах

___ Уменьшают трение в сопряженных парах, снижают расход топлива двигателем

___ Предотвращают коррозию черных металлов и сплавов (сталь, чугун)

___ Уменьшают и предотвращают образование высокотемпературных отложений, обеспечивают чистоту деталей, нейтрализуют продукты окисления топлива и масла

___ Предотвращают разрушение контактирующих поверхностей деталей при граничном трении, снижают износ за счет образования на поверхности трения защитных пленок

___ Снижают скорость окисления и образования нерастворимых, а также коррозионно-агрессивных продуктов в масле. Уменьшают рост вязкости и предотвращают коррозию деталей из цветных сплавов

Задание #47

Вопрос:

Охарактеризуйте свойства синтетических моторных масел по сравнению с минеральными

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) лучшая вязкостно-температурная характеристика синтетических масел в зоне отрицательных температур
- 2) низкие показатели вязкости при рабочих температурах 250-300 °С (в 3-5 раз ниже равновязких им минеральных масел при температуре 100 °С)
- 3) более низкий индекс вязкости, являются всесезонными
- 4) высокая испаряемость и высокая склонность к образованию высокотемпературных отложений, а также низкотемпературных отложений
- 5) низкая испаряемость и малая склонность к образованию высокотемпературных отложений, а также низкотемпературных отложений
- 6) более высокий индекс вязкости, являются всесезонными
- 7) высокие показатели вязкости при рабочих температурах 250-300 °С (в 3-5 раз выше равновязких им минеральных масел при температуре 100 °С)
- 8) более низкая температура потери подвижности
- 9) снижается расход топлива благодаря созданию оптимальных условий трения.

10) большой срок службы до замены и меньший расход на угар сокращает эксплуатационный расход синтетического масла

Задание #48

Вопрос:

Расшифруйте обозначение моторного масла М-14-В₂

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) группа по эксплуатационным свойствам 14
- 2) группа по эксплуатационным свойствам - В
- 3) зимнее моторное масло
- 4) класс вязкости 14
- 5) для бензиновых двигателей
- 6) класс вязкости В₂
- 7) летнее моторное масло
- 8) для дизельных двигателей

Задание #49

Вопрос:

Расшифруйте обозначение моторного масла М-6₃/10-В

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) для бензиновых двигателей
- 2) группа по эксплуатационным свойствам 6₃/10
- 3) для дизельных двигателей
- 4) зимнее моторное масло
- 5) класс вязкости 6₃/10
- 6) класс вязкости В
- 7) группа по эксплуатационным свойствам - В
- 8) универсальное (для бензиновых и дизельных двигателей)
- 9) всесезонное моторное масло
- 10) летнее моторное масло

Задание #50

Вопрос:

Укажите обозначение классов вязкости по SAE (Society of Automotive Engineers) для летних, зимних и всесезонных масел. Укажите категории масел по эксплуатационным свойствам по API (American Petroleum Institute)

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) летнее масло
- 2) зимнее масло

- 3) всесезонное масло
- 4) Масла для 4-тактных бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, пикапов
- 5) масла для дизелей автотранспорта, промышленных и сельскохозяйственных тракторов, дорожно-строительной техники
- 6) универсальные масла (для бензиновых и дизельных двигателей)

- API SL/CF
- API SN
- SAE 30
- SAE 10W
- API CK-4
- API SM
- SAE 5W-40
- API CJ-4

Задание #51

Вопрос:

Охарактеризуйте категории масел в соответствии с ACEA (Association des constructeurs europeens d'automobiles) (Ассоциация европейских производителей автомобилей)

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) моторные масла для бензиновых и дизельных двигателей с катализаторами восстановления отработанных газов
- 2) моторные масла для бензиновых двигателей и дизелей легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов
- 3) моторные масла для тяжело нагруженных дизельных двигателей

- ACEA E
- ACEA A5/B5
- ACEA C
- ACEA E9
- ACEA C2
- ACEA A/B

Задание #52

Вопрос:

Укажите браковочные показатели работавших моторных масел (при достижении хотя бы одного из них масло считается непригодным и его необходимо заменить)

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) снижение вязкости из-за разбавления масла топливом и деструкции (разрушения) вязкостных присадок (более 20%)
- 2) снижение диспергирующих свойств (определяется по методу масляного пятна) до величины 0,3-0,35 у.е.
- 3) возрастание температуры вспышки на 20 градусов из-за разбавления масла топливом
- 4) прирост вязкости из-за разбавления масла топливом и деструкции (разрушения) вязкостных присадок (более 20%)
- 5) возрастание щелочного числа до величины 1-3 мг КОН/г для дизельных двигателей
- 6) снижение вязкости из-за накопления продуктов окисления (более 25% для дизельных двигателей)
- 7) снижение щелочного числа до величины менее 1-3 мг КОН/г для дизельных двигателей
- 8) прирост вязкости из-за накопления продуктов окисления (более 35% для дизельных двигателей)
- 9) снижение диспергирующих свойств (определяется по методу масляного пятна) до величины 0,3-0,35 %
- 10) снижение температуры вспышки на 20 градусов из-за разбавления масла топливом

Задание #53

Вопрос:

Укажите методы регенерации моторных масел. Какой индекс вязкости характерен для сезонных минеральных масел, для всесезонных синтетических моторных масел? Какое щелочное число характерно для минеральных масел, для синтетических моторных масел?

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) химические методы
- 2) физико-химические методы
- 3) физические методы
- 4) 85-105
- 5) более 140
- 6) не менее 4,8 мг КОН на 1 г масла
- 7) не менее 7,5-9,0 мг КОН на 1 г масла

___ для синтетических моторных масел щелочное число может быть равно

___ для сезонных (летних, зимних) минеральных масел индекс вязкости составляет

___ для всесезонных синтетических моторных масел индекс вязкости может составлять

___ коагуляция загрязнений поверхностно-активными веществами или контактная очистка отбеливающими глинами и селективная очистка пропаном, фенолом, фурфуролом

___ отстаивание, фильтрацию, отгон топливных фракций, центрифугирование, промывку водой, вакуумная перегонка

___ обработка сернокислотными или щелочными растворами или гидрогенизационное воздействие

___ для минеральных моторных масел щелочное число может быть равно

Задание #54

Вопрос:

Какие условия работы характерны для трансмиссионных масел?(виды трения, давление, температура, скорости скольжения)

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) температура порядка 150 градусов Цельсия в точках контакта
- 2) большие скорости скольжения трущихся поверхностей (3-10 м/с, в гипоидных и червячных редукторах - до 20 м/с)
- 3) работают в условиях граничного трения
- 4) работают в условиях жидкостного трения
- 5) невысокие давления в местах контакта зубьев, уплотнение зазоров между ними
- 6) используются для смазки механических передач в коробке передач, главной передачи
- 7) невысокие скорости скольжения трущихся поверхностей (в том числе и в гипоидных и червячных передачах)
- 8) высокие давления в местах контактов зубьев (600-1200 МПа, а в гипоидных до 4000 МПа)
- 9) используются в подъемных устройствах автомобилей-самосвалов
- 10) высокие порядка 300-800 °С температуры в точках контакта

Задание #55

Вопрос:

Расшифруйте обозначение масла ТМ-3-18 по ГОСТ 17479.2-2015

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) 3 - группа масла по области применения

- 2) зимнее трансмиссионное масло
- 3) это трансмиссионное масло для автоматических трансмиссий
- 4) летнее трансмиссионное масло
- 5) 18 - группа масла по области применения
- 6) 18 - класс кинематической вязкости

- 7) 3 - класс кинематической вязкости
- 8) это трансмиссионное масло

Задание #56

Вопрос:

Расшифруйте обозначение масла ТМ-5-9з/18 по ГОСТ 17479.2-2015

Выберите несколько из 6 вариантов ответа:

- 1) 5 - это класс кинематической вязкости
- 2) это трансмиссионное масло для автоматических трансмиссий
- 3) 5 - это группа по области применения
- 4) 9з/18 - это класс кинематической вязкости (всесезонное трансмиссионное масло)
- 5) это трансмиссионное масло
- 6) 9з/18 - это группа по области применения

Задание #57

Вопрос:

Укажите зимние классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-2015 и по SAE

Выберите несколько из 9 вариантов ответа:

- 1) SAE 85W
- 2) 34
- 3) 9
- 4) SAE 90
- 5) 18
- 6) 5з
- 7) 12з
- 8) SAE 75W-90
- 9) 9з

Задание #58

Вопрос:

Укажите летние классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2 и по SAE

Выберите несколько из 10 вариантов ответа:

- 1) SAE 110
- 2) SAE 75W-90
- 3) SAE 85
- 4) 12
- 5) 9з
- 6) 9з/18
- 7) SAE 85W
- 8) 9
- 9) 18з
- 10) 32

Задание #59

Вопрос:

Укажите область применения групп трансмиссионных масел по области применения ТМ-3, ТМ-4, ТМ-5 по ГОСТ 17479.2-2015 и групп GL-3, GL-4, GL-5 по API, ATF, масел марок "А", "Р"?

Укажите соответствие для всех 9 вариантов ответа:

- 1) Цилиндрические, конические, спирально-конические передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С
- 2) Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150°С
- 3) Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С
- 4) жидкости для автоматических трансмиссий
- 5) масло для гидромеханических передач
- 6) масло для гидрообъемных передач

- ___ Масло марки "Р"
- ___ ТМ-5
- ___ Масло марки "А"
- ___ ТМ-3

- ___ GL-4
- ___ GL-5
- ___ ATF (Automatic Transmission Fluids)
- ___ TM-4
- ___ GL-3

Задание #60

Вопрос:

Какие условия работы характерны для гидравлических масел?(виды трения, давление, температура, скорости скольжения, область применения)

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) 2) высокие порядка 300-800 °С температуры в точках контакта
- 3) давление в системе 10-15 МПа; скорость скольжения до 20 м/с
- 4) используются для смазки механических передач в коробке передач, главной передачи
- 5) большие перепады температур - от -30...-40 до +50...+80 °С
- 6) контакт с черными и цветными металлами, уплотнениями и шлангами при высоких давлениях и температурах
- 7) высокие давления в местах контактов зубьев (600-1200 МПа, а в гипоидных до 4000 МПа)
- 8) используются в гидравлических приводах систем управления

Задание #61

Вопрос:

Расшифруйте обозначение масла МГ-15-В.

Укажите соответствие групп по эксплуатационным свойствам гидравлических масел по ГОСТ 17479.3-85 и ИСО 6074-4-82. Охарактеризуйте классы вязкости гидравлических масел.

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

- 1) это минеральное гидравлическое масло с классом вязкости 15, группой по эксплуатационным свойствам В.
- 2) это минеральное масло для гидромеханических трансмиссий с классом вязкости 15, группой по эксплуатационным свойствам В
- 3) Минеральные масла без присадок. Применяется: Гидросистемы с шестеренными поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до 80 °С
- 4) Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными

присадками. Применяются: Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 80 °С

5) Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Применение: Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90 °С

6) среднему значению кинематической вязкости при 40 °С

7) среднему значению кинематической вязкости при 100 °С

Группа А по ГОСТ, группа НН по ИСО

Группа Б по ГОСТ, группа НЛ по ИСО

Класс вязкости гидравлических масел соответствует

Масло МГ-15-В

Группа В по ГОСТ, группа НМ по ИСО

Задание #62

Вопрос:

Назовите достоинства и недостатки пластичных смазок

Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа:

1) Преимущества пластичных смазок перед маслами

2) Недостатки пластичных смазок по сравнению с маслами

плохая охлаждающая способность трущихся поверхностей

отсутствие выноса продуктов износа из зоны трения

высокая экономичность

для подачи к узлу трения необходимо высокое давление

способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, т. е.

отсутствие текучести при малых и средних нагрузках

Задание #63

Вопрос:

Какие элементы входят в состав пластичной смазки?

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

1) связующее

2) пленкообразователь

3) масляная основа (минерального, синтетического, растительного или другого масла)

4) твердый загуститель (мыльного, углеводородного, неорганического или органического), кристаллы которого образуют структурный каркас

- 5) наполнители (графит, дисульфит молибдена, порошкообразные металлы или их оксиды)
- 6) стабилизатор структуры
- 7) растворитель
- 8) пигменты

Задание #64

Вопрос:

Охарактеризуйте свойства пластичных смазок (предел прочности, консистенция, температура каплепадения, эффективная вязкость)

Укажите соответствие для всех 10 вариантов ответа:

- 1) предел прочности
- 2) консистенция (густота)
- 3) превышать температуру рабочего узла на 15-20 °С
- 4) быть ниже температуры рабочего узла на 15-20 °С
- 5) эффективная вязкость
- 6) коллоидная стабильность
- 7) температура каплепадения

___ это способность смазки сопротивляться расслаиванию

___ показатель определяется с помощью пенетromетра. Другое название показателя - пенетрация

___ данный показатель определяется с помощью прибора, в котором при помощи пружины смазка продавливается через капилляр с переменной скоростью, что фиксируется самописцем

___ Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна

___ показатель определяется с помощью пластомера

___ Этот показатель определяет расход энергии на перекачку смазки при перемещении смазанных деталей, на сопротивление вращению подшипников и на легкость вращения их при низких температурах

___ этот показатель зависит от температуры и скорости перемещения

___ Этот показатель характеризует способность смазки удерживаться в узлах трения, противостоять сбросу под влиянием инерционных сил

___ это минимальное напряжение, которое нужно приложить к смазке, чтобы изменить ее форму и сдвинуть один слой смазки относительно другого, Па

___ условный показатель механических свойств смазок, численно равный глубине погружения в них конуса стандартного прибора за 5 с

Задание #65

Вопрос:

Приведите классификацию пластичных смазок в зависимости 1) от загустителя, 2) от назначения по ГОСТ ГОСТ 23258.

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) Смазки на неорганических загустителях
- 2) Смазки мыльные
- 3) Смазки на органических загустителях
- 4) Углеводородные смазки
- 5) Смазки антифрикционные
- 6) Смазки консервационные (защитные)
- 7) Смазки уплотнительные

___ данные смазки предназначены для герметизации зазоров, облегчения сборки и разборки арматуры, резьбовых, разъемных и подвижных соединений

___ загустителем этих смазок являются термостабильные, высокодисперсные органические вещества (полимерные, сажевые)

___ загустителем в этих смазках являются соли высших (жирных) кислот (например, Литол-24, Солидол)

___ В качестве загустителя в этих смазках используются высокоплавкие углеводороды - петралатум, церезин, парафин, озокерит, природные и синтетические воски

___ смазки, в которых загустителем являются термостабильные с развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества (селикагелиевые, графитные)

___ данные смазки предназначены для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации механизмов

___ данные смазки предназначены для снижения износа и трения сопряженных деталей

Задание #66

Вопрос:

Расшифруйте обозначение пластичных смазок Литол-24 М Ли 4/13-3 по ГОСТ 23258-78

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) антифрикционная смазка многоцелевая
- 2) загуститель - кальциевое мыло
- 3) класс консистенции 2
- 4) класс консистенции 3
- 5) загуститель - литиевое мыло
- 6) температурный диапазон применения от -40 до +130 °С
- 7) антифрикционная смазка общего назначения

8) температурный диапазон применения от -20 до +60 °С

Задание #67

Вопрос:

Расшифруйте обозначение пластичных смазок Солидол Ж С Ка 2/6-2 по ГОСТ 23258-78

Выберите несколько из 8 вариантов ответа:

- 1) загуститель - литиевое мыло
- 2) температурный диапазон применения от -20 до +60 °С
- 3) загуститель - кальциевое мыло
- 4) температурный диапазон применения от -40 до +130 °С
- 5) антифрикционная смазка многоцелевая
- 6) антифрикционная смазка общего назначения
- 7) класс консистенции 2
- 8) класс консистенции 3

Задание #68

Вопрос:

Как кодируется обозначение пластичной смазки (что значит каждый символ) по ГОСТ ISO 6743-9-2013:

ISO-L-X- Символ1 - Символ2 - Символ3 - Символ4 - Класс NLGI
например ISO-L-XDEGB00

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) Класс смазочного материала (Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты)
- 2) группа смазок (пластичные смазки)
- 3) минимальная температура эксплуатации
- 4) максимальная температура эксплуатации
- 5) смазывающая способность смазки при высоких нагрузках
- 6) смазывающую способность в присутствии воды и антиржавейные свойства этой смазки
- 7) Класс, обозначенный цифрой или числом, соответствующим консистенции пластичной смазки, измеренной степенью пенетрации

___ Символ 3

___ Класс NLGI (National Lubricating Grease Institute)

___ Символ 4

___ X

___ Символ 2

___ Символ 1

__ L

Задание #69

Вопрос:

Дайте определения основным понятиям в соответствии с ИНСТРУКЦИЕЙ О ПОРЯДКЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМ РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ.

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»
- 2) Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь
- 3) линейная норма расхода топлива, л/100 км или куб.м/100 км
- 4) норма расхода топлива на выполнение транспортной работы
- 5) норма расхода топлива на езду с грузом
- 6) норма расхода топлива на выполнение определенного вида работ трактором, машиной, механизмом и оборудованием, л/маш.-ч или л. на операцию
- 7) Руководитель юридического лица или индивидуальный предприниматель
- 8) временная норма расхода топлива
- 9) до 6 месяцев
- 10) до 12 месяцев

__ объем топлива, потребляемый двигателем трактора, машины, механизма и оборудования с учетом конкретных режимов работы за один машино-час или за выполненную операцию (например,заполнение (слив) одной цистерны)

__ объем топлива, потребляемый двигателем самосвала или самосвального автопоезда для выполнения операции разгрузки одного кузова

__ объем топлива, потребляемый сверх линейной нормы расхода топлива двигателем автомобиля на перевозку одной тонны груза на 100 км (тонно-километр)

__ Повышение (понижение) норм расхода топлива устанавливается приказом (чьим? ...) на основании ИНСТРУКЦИИ О ПОРЯДКЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМ РАСХОДА ТОПЛИВА .

__ В случае отсутствия установленной линейной нормы расхода топлива до ее утверждения учет расхода топлива при эксплуатации автомобиля в Республике Беларусь производится по временной норме на срок

__ объем топлива, потребляемый двигателем технически исправного автомобиля на 100 км пробега в литрах или кубических метрах, без учета повышений (понижений) и дополнительного расхода топлива

__ объем топлива, потребляемый двигателем механического транспортного средства, машины, механизма и оборудования, соответствующий контрольному расходу топлива, установленному организацией (заводом)-изготовителем для

данного механического транспортного средства
___ организация, которая разрабатывает линейные нормы расхода топлива-это

Задание #70

Вопрос:

Расшифруйте формулу для нормированного расхода топлива (см. рис).

Изображение:

$$Q = H_{л} \frac{L}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right) + B \frac{W}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right)$$

$$W = Lq\gamma\beta$$

Укажите соответствие для всех 8 вариантов ответа:

- 1) для расчета нормированного расхода топлива для грузовых автомобилей (не самосвалов)
- 2) для расчета нормированного расхода топлива для автобусов и легковых автомобилей
- 3) для расчета нормированного расхода топлива для самосвалов
- 4) пробег автомобиля, км, и надбавка, учитывающая отклонения условий эксплуатации, % (соответственно)
- 5) линейная норма расхода топлива, л/100 км
- 6) транспортная работа, тонно-километры (т-км)
- 7) 8) номинальная грузоподъемность автомобиля, т
- 9) коэффициент использования грузоподъемности и коэффициент использования пробега
- 10) расход топлива, л

___ β, γ –

___ Нл - это

___ Q - это

___ W - это

___ Данная формула используется

- L и D - это
- B - это
- q - это

Задание #71

Вопрос:

Расшифруйте формулу для нормированного расхода топлива (см. рис).

Изображение:

$$Q = H_{л} \cdot \frac{L}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right) + H_e n_e$$

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) для расчета нормированного расхода топлива для грузовых автомобилей (не самосвалов)
- 2) для расчета нормированного расхода топлива для автобусов и легковых автомобилей
- 3) для расчета нормированного расхода топлива для одиночных автомобилей-самосвалов
- 4) пробег автомобиля, км
- 5) линейная норма расхода топлива, л/100 км
- 6) число ездки с грузом
- 7) норма расхода топлива на одну ездку с грузом, л
- 8) надбавка, учитывающая отклонения условий эксплуатации, %

- Hл - это
- D - это
- Hе - это
- n_e - это
- Данная формула используется
- L - это

Задание #72

Вопрос:

Расшифруйте формулу для нормированного расхода топлива (см. рис). Как нормируется расход смазочных материалов и пластичных смазок?

Изображение:

$$Q = H_{л} \cdot \frac{L}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right).$$

Укажите соответствие для всех 6 вариантов ответа:

- 1) для расчета нормированного расхода топлива для грузовых автомобилей (не самосвалов)
- 2) для расчета нормированного расхода топлива для автобусов и легковых автомобилей
- 3) для расчета нормированного расхода топлива для одиночных автомобилей-самосвалов
- 4) L
- 5) Hл
- 6) D
- 7) по нормам на 100 л общего расхода топлива
- 8) по нормам на 100 км пробега автомобиля
- 9) замену масла при технических обслуживаниях и доливку в процессе эксплуатации
- 10) только доливку в процессе эксплуатации

___ пробег автомобиля, км - это

___ Расход смазочных материалов (л) и пластичных смазок (кг) рассчитывается (как?)

___ Данная формуля используется

___ надбавка, учитывающая отклонения условий эксплуатации, % - это

___ линейная норма расхода топлива, л/100 км - это

___ Нормированный расход смазочных материалов включает ...

Задание #73

Вопрос:

Охарактеризуйте низкозамерзающие охлаждающие жидкости (антифризы): что входит в состав антифризов, при каком содержании воды обеспечивается минимальная температура замерзания антифриза, какие приборы используются для определения концентрации воды в антифризе и температуры его замерзания,

Укажите соответствие для всех 10 вариантов ответа:

- 1) входит в состав низкозамерзающих охлаждающих жидкостей

- 2) используются для определения температуры замерзания охлаждающих жидкостей
- 3) температура застывания $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 4) температуру начала кристаллизации не выше минус $65\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 5) температуру начала кристаллизации не выше минус $40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 6) не входит в состав охлаждающей жидкости
- 7) не используется для определения температуры замерзания охлаждающей жидкости
- 8) нет соответствия

- охлаждающая жидкость ОЖ-40 по ГОСТ 28084-89 имеет
- охлаждающая жидкость ОЖ-65 по ГОСТ 28084-89 имеет
- декстрин, декстрин, молибденовый натрий
- при содержании 67 % этиленгликоля и 33 % воды в охлаждающей жидкости достигается
- метанол
- Этиленгликоль и дистиллированная вода
- при содержании 67 % воды и 33 % этиленгликоля в охлаждающей жидкости достигается
- нефтенсиметр
- рефрактометр
- ареометр и гидрометр

Задание #74

Вопрос:

Охарактеризуйте состав современных охлаждающих низкотемпературных жидкостей

Укажите соответствие для всех 10 вариантов ответа:

- 1) Традиционные антифризы. «Traditional coolants», «Conventional coolants», IAT (Inorganic Acid Technology). G11
- 2) Гибридные антифризы. «hybrid coolants». HOAT (Hybrid Organic Acid Technology).
- 3) Карбоксилатные антифризы . «Carboxylate coolants». OAT (Organic Acid Technology). G12 , G12+
- 4) Антифризы Lobrid , SOAT (Silicated Organic Acid Technology), G12++
- 5) Антифризы G13

- содержат ингибиторы коррозии на основе органических (карбоновых) кислот
- не образуют защитного слоя по всей поверхности системы, адсорбируются лишь в местах (очагах) возникновения коррозии с образованием защитных слоев толщиной не более 0,1 микрометра

___ содержат в основном неорганические ингибиторы (силикаты, нитриты, фосфаты) с небольшим количеством органических (карбоксилатных) ингибиторов, срок службы 3-5 лет

___ срок службы более 5 лет, лучше защищают металлы от коррозии и кавитации, что обеспечивает оптимальное охлаждение двигателя

___ в процессе эксплуатации покрывают всю внутреннюю поверхность системы охлаждения силикатным слоем, что ухудшает теплообмен и снижает эффективность охлаждения двигателя.

___ производятся на основе пропиленгликоля, с пакетом органических присадок, не содержащих силикатов.

___ в качестве ингибиторов коррозии содержит неорганические вещества - силикаты, фосфаты, бораты, нитриты, амины, нитраты и их комбинации, имеют небольшой (не более 2 лет) срок службы, от 30 000 до 60 000 километров пробега

___ Антифриз «Тосол-А40МН» относится к ...

___ более экологичны, поскольку пропиленгликоль не ядовит и быстрее разлагается

___ состоят в основном из карбоксилатов с добавлением небольшого количества (не более 10%) неорганических компонентов, как правило, силикатов

Задание #75

Вопрос:

Охарактеризуйте свойства тормозных жидкостей

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) тормозные жидкости на основе минеральных масел
- 2) Гликолевые тормозные жидкости
- 3) Силиконовые тормозные жидкости
- 4) соответствуют стандартам FMVSS No. 116 DOT 3, DOT 4, DOT 5.1
- 5) соответствуют стандартам FMVSS No. 116 DOT 5

___ При удовлетворительных смазывающих свойствах эти жидкости имеют высокую начальную температуру кипения и низкую температуру застывания, однако, будучи гигроскопичными, при насыщении влагой снижают температуру кипения

___ практически не обладают гигроскопичностью, поэтому температура их кипения (при отсутствии абсорбции влаги) не снижается. Для обеспечения меньшей зависимости вязкости от температуры в тормозную жидкость добавляют специальные присадки

___ не абсорбируют влагу, имеют худшие смазывающие свойства, высокая

степень аэрации из-за высокого показателя растворимости воздуха в жидкости
___ изготавливаются на основе различных соединений гликолей
(полиэтиленгликоль в сочетании с полиэфирами борной кислоты)
___ гликолевые тормозные жидкости соответствуют стандарту
___ Минеральная гидравлическая жидкость LHM PLUS относится к
___ Силиконовые тормозные жидкости соответствуют стандарту

Задание #76

Вопрос:

Охарактеризуйте свойства тормозных жидкостей в соответствии со стандартом FMVSS No. 116 DOT 3, DOT 4, DOT 5.1, DOT 5.

Укажите соответствие для всех 10 вариантов ответа:

- 1) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для свежей тормозной жидкости по DOT 3
- 2) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для свежей тормозной жидкости по DOT 4
- 3) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для свежей тормозной жидкости по DOT 5.1 и DOT 5
- 4) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для увлажненной тормозной жидкости по DOT 3
- 5) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для увлажненной тормозной жидкости по DOT 4
- 6) Наименьшая установившаяся температура кипения, °C для увлажненной тормозной жидкости по DOT 5.1 и DOT 5
- 7) Вязкость кинематическая при температуре -40 °C, мм²/с по DOT 3
- 8) Вязкость кинематическая при температуре -40 °C, мм²/с по DOT 4
- 9) 10) Вязкость кинематическая при температуре +100 °C, мм²/с для всех типов тормозных жидкостей

- ___ не менее 155
- ___ не более 1500
- ___ не менее 180
- ___ не менее 230
- ___ не менее 1,5
- ___ не менее 140
- ___ не более 900
- ___ не менее 260
- ___ не менее 205
- ___ не более 1800

ОТВЕТЫ:

1) (1 б.) Верные ответы:

2;
6;
5;
4;
3;
1;

2) (1 б.) Верные ответы:

1;
3;
2;
4;
5;
4;
1;
5;

3) (1 б.) Верные ответы:

1;
2;
1;
1;
2;
2;

4) (1 б.) Верные ответы:

2;
4;
5;
6;
3;
2;
1;

5) (1 б.) Верные ответы:

1;
2;
2;
1;
2;
1;

6) (1 б.) Верные ответы:

1;
4;

- 1;
3;
3;
7) (1 б.) Верные ответы: 4; 6; 7; 8; 9;
8) (1 б.) Верные ответы:
4;
1;
2;
3;
5;
9) (1 б.) Верные ответы: 2; 3; 4; 5; 6;
10) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 5;
11) (1 б.) Верные ответы: 3; 5; 6;
12) (1 б.) Верные ответы:
3;
1;
3;
2;
3;
3;
1;
13) (1 б.) Верные ответы:
1;
4;
4;
3;
4;
2;
4;
4;
14) (1 б.) Верные ответы: 3; 5; 6; 7; 8;
15) (1 б.) Верные ответы: 2; 4; 5; 7;
16) (1 б.) Верные ответы: 2; 3; 4; 6; 9;
17) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 5; 8; 10;
18) (1 б.) Верные ответы: 1; 5; 7; 8; 10;
19) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 7; 8; 9;
20) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 3; 4; 7;
21) (1 б.) Верные ответы: 1; 4; 5; 6; 7;
22) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 6; 7;
23) (1 б.) Верные ответы: 3; 5; 7; 8;
24) (1 б.) Верные ответы:
2;

6;

8;

4;

7;

25) (1 б.) Верные ответы:

2;

4;

3;

1;

5;

4;

26) (1 б.) Верные ответы:

5;

2;

6;

4;

3;

1;

27) (1 б.) Верные ответы: 2; 4; 6;

28) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 6; 7; 9;

29) (1 б.) Верные ответы: 3; 4; 6; 8;

30) (1 б.) Верные ответы:

1;

5;

4;

3;

2;

31) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 5; 6; 8;

32) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 4; 6; 7; 8; 9;

33) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 3; 4; 10;

34) (1 б.) Верные ответы: 2; 4; 5; 6; 9;

35) (1 б.) Верные ответы: 1; 5; 6; 7; 10;

36) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 4; 7; 9;

37) (1 б.) Верные ответы:

10;

6;

4;

9;

3;

1;

38) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 7;

39) (1 б.) Верные ответы: 2; 3; 4; 6; 8; 9; 10;

- 40) (1 б.) Верные ответы:
3;
4;
2;
1;
- 41) (1 б.) Верные ответы:
1;
2;
1;
2;
3;
1;
- 42) (1 б.) Верные ответы:
2;
4;
3;
3;
1;
- 43) (1 б.) Верные ответы:
3;
5;
1;
6;
7;
2;
4;
- 44) (1 б.) Верные ответы:
5;
4;
7;
6;
1;
2;
3;
- 45) (1 б.) Верные ответы:
4;
5;
1;
3;
2;
2;
- 46) (1 б.) Верные ответы:

3;
1;
6;
7;
8;
2;
5;
4;

47) (1 б.) Верные ответы: 1; 5; 6; 7; 8; 9; 10;

48) (1 б.) Верные ответы: 2; 4; 7; 8;

49) (1 б.) Верные ответы: 5; 7; 8; 9;

50) (1 б.) Верные ответы:

6;
4;
1;
2;
5;
4;
3;
5;

51) (1 б.) Верные ответы:

3;
2;
1;
3;
1;
2;

52) (1 б.) Верные ответы: 1; 2; 7; 8; 10;

53) (1 б.) Верные ответы:

7;
4;
5;
2;
3;
1;
6;

54) (1 б.) Верные ответы: 2; 3; 6; 8; 10;

55) (1 б.) Верные ответы: 1; 4; 6;

56) (1 б.) Верные ответы: 3; 4; 5;

57) (1 б.) Верные ответы: 1; 6; 7; 9;

58) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 4; 8; 10;

59) (1 б.) Верные ответы:

6;
3;
5;
1;
2;
3;
4;
2;
1;

60) (1 б.) Верные ответы: 1; 3; 5; 6; 8;

61) (1 б.) Верные ответы:

3;
4;
6;
1;
5;

62) (1 б.) Верные ответы:

2;
2;
1;
2;
1;

63) (1 б.) Верные ответы: 3; 4; 5; 6;

64) (1 б.) Верные ответы:

6;
2;
5;
3;
1;
5;
5;
1;
1;
2;

65) (1 б.) Верные ответы:

7;
3;
2;
4;
1;
6;
5;

66) (1 б.) Верные ответы: 1; 4; 5; 6;

67) (1 б.) Верные ответы: 2; 3; 6; 7;

68) (1 б.) Верные ответы:

6;

7;

5;

2;

4;

3;

1;

69) (1 б.) Верные ответы:

6;

5;

4;

7;

9;

3;

8;

1;

70) (1 б.) Верные ответы:

9;

5;

10;

6;

1;

4;

7;

8;

71) (1 б.) Верные ответы:

5;

8;

7;

6;

3;

4;

72) (1 б.) Верные ответы:

4;

7;

2;

6;

5;

9;

73) (1 б.) Верные ответы:

5;
4;
1;
3;
6;
1;
8;
7;
2;
2;

74) (1 б.) Верные ответы:

3;
3;
2;
3;
1;
5;
1;
1;
5;
4;

75) (1 б.) Верные ответы:

2;
1;
3;
2;
4;
1;
5;

76) (1 б.) Верные ответы:

5;
7;
6;
2;
10;
4;
9;
3;
1;
8;

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ М.В. Нерода
. .2024

Регистрационный № /уч.

Эксплуатационные материалы

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

6-05-0715-07 Эксплуатация наземных транспортных
и технологических машин и комплексов

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 6-05-0715-07-2023 Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов и учебных планов специальности.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Монтик С. В., заведующий кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Концевич П.С., заместитель директора ООО «ДжиЭсДжи Групп»;
Голуб В.М., заведующий кафедрой машиноведения учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей
Заведующий кафедрой С.В. Монтик
(протокол № 9 от 10.05.2024);

Методической комиссией машиностроительного факультета
Председатель методической комиссии В.П. Горбунов
(протокол № _____ от _____ 2024);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Эксплуатационные материалы» относится к компоненту учреждения высшего образования, модуль «Автомобили и их техническая эксплуатация» и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Цель данной дисциплины является формирование знаний по основным эксплуатационным свойствам, показателям качества, маркам топливо-смазочных материалов и специальных жидкостей, конструкционно-ремонтных материалов.

Основными задачами учебной дисциплины являются:

- изучение основ технологии переработки нефти и газов на автомобильные топливо-смазочные материалы; получения и использования синтетических топлив и масел, использования на автотранспорте сжиженного и сжатого природных газов и др.;

- изучение основных физико-химических показателей и эксплуатационных характеристик жидких и газообразных топлив, моторных и трансмиссионных масел, консистентных смазок;

- приобретение знаний о методах, приборами и оборудовании для определения показателей характеристик топливо-смазочных материалов;

- изучение влияния показателей и характеристик топливо-смазочных материалов на мощностные, экономические параметры, надежность и долговечность автомобилей;

- изучение вопросов правильного и рационального использования, хранения топливо-смазочных материалов в различных климатических условиях, контроля их качества;

- изучение характеристик применяемых на автомобилях технических жидкостей, пластмасс, резины, лаков и красок, других конструкционно-ремонтных материалов;

- изучение вопросов охраны труда и защиты окружающей среды при использовании эксплуатационных материалов.

В результате изучения учебной дисциплины «Эксплуатационные материалы» формируются следующие специальные компетенции:

СК-5: Осуществлять контроль качества и обоснованное применение топливо-смазочных и других расходных материалов при техническом обслуживании автомобилей.

В результате изучения учебной дисциплины «Эксплуатационные материалы» студент должен:

знать:

- показатели качества эксплуатационных материалов;

- химический состав топливно-смазочных материалов;

- основные эксплуатационные свойства топливно-смазочных материалов и других эксплуатационных материалов;

- марки эксплуатационных материалов и область их применения;

- организацию рационального использования топливно-смазочных материалов;

уметь:

- оценивать качество эксплуатационных материалов;

- применять марки эксплуатационных материалов в зависимости от технических характеристик автомобилей и условий эксплуатации;

- выявлять факторы, разрабатывать мероприятия, обеспечивающие экономию эксплуатационных материалов.

владеть:

- методами оценки качества эксплуатационных материалов;

- методами нормирования расхода топливно-смазочных материалов.

Связь с другими учебными дисциплинами.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин, как: «Химия», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения таких дисциплин как «Автомобили», «Экология и ресурсосбережение на автомобильном транспорте», «Обслуживание и ремонт автомобилей», «Техническая эксплуатация автомобилей», «Сервис легковых автомобилей».

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовую работу	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0715-07	Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов	2	3	120	3	50	34	16	-	-	-	Зачет

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Введение.

Цели, задачи и содержание учебной дисциплины «Эксплуатационные материалы», ее связь с другими дисциплинами учебного плана, значение в системе подготовки специалистов. Химмотология как наука, ее основные задачи.

Раздел 1 Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов

Тема 1.1. Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов.

Физические свойства нефти, ее элементный и групповой состав. Углеводородные, кислородные, сернистые соединения нефти, смолисто-асфальтеновые вещества: влияние на качество топлива и смазочных материалов.

Тема 1.2. Методы переработки нефти

Прямая перегонка нефти. Химические способы переработки нефти. Термический крекинг. Каталитический крекинг. Гидрокрекинг. Каталитический риформинг. Синтезирование. Методы очистки автомобильных топлив и масел. Производство масел.

Раздел 2. Автомобильные топлива

Тема 2.1. Автомобильные бензины.

Эксплуатационные требования к бензинам. Свойства и показатели бензинов, влияющие на смесеобразование. Свойства и показатели бензинов, влияющие на подачу топлива. Свойства и показатели бензинов, влияющие на процесс сгорания. Детонационная стойкость бензинов. Способы повышения детонационной стойкости бензинов. Свойства и показатели бензинов, влияющие на образование отложений в двигателе. Коррозионные свойства топлив.

Техническим регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

СТБ 1656-2016 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированные бензины. Технические условия». Марки бензинов, их свойства.

Тема 2.2. Автомобильные дизельные топлива

Эксплуатационные требования к качеству дизельного топлива (ДТ). Свойства и показатели ДТ, влияющие на подачу и смесеобразование. Свойства и показатели ДТ, влияющие на самовоспламенение и процесс сгорания. Коррозионные свойства ДТ. Свойства ДТ, влияющие на образование отложений.

Техническим регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

СТБ 1658-2015 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия». Марки дизельных топлив, их свойства.

Тема 2.3. Газообразные топлива

Экономическая и экологическая целесообразность использования газового топлива для автомобилей. Виды газообразных топлив. Требованиями, предъявляемыми к качеству топлив для газобаллонных автомобилей. Газ сжиженный нефтяной (ГСН). Компримированные (сжатый) природный газ (КПГ). Преимущества и недостатки использования.

СТБ 2262-2012 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия».

Межгосударственный стандарт ГОСТ 27577-2022 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия».

Тема 2.4. Основы применения нетрадиционных топлив

Синтетические спирты (этанол, метанол). Метил-трет-бутиловый эфир. Применение водорода. Топливные элементы. Дизельное биотопливо. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME). СТБ 1657-2016 «Топлива жидкие. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей и отопления. Технические условия». Преимущества и недостатки использования альтернативных топлив.

Раздел 3. Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др.

механизмов

Тема 3.1. Назначение смазочных материалов.

Назначение смазочных материалов. Основные виды трения и изнашивания.

Тема 3.2. Моторные масла

Основные функции моторных масел. Эксплуатационные требования, предъявляемые к ним. Состав и классификация моторных масел.

Эксплуатационные свойства моторных масел: смазывающие свойства, противокислительные свойства, моюще-диспергирующие свойства, антикоррозионные свойства, показатели огнеопасности масел. Присадки к моторным маслам.

Особенности синтетических и полусинтетических моторных масел, их преимущества.

Классификация и обозначение моторных масел в соответствии с ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение».

Системы классификации масел за рубежом. Вязкостная (SAE) и качественные (API и ACEA) классификации моторных масел. Обозначение моторных масел со-гласно классификациям SAE, API и ACEA.

Контроль качества и оценка старения масел. Регенерация моторных масел.

Промывочные масла и жидкости

Тема 3.3. Трансмиссионные масла

Трансмиссионные масла: условия работы и выполняемые функции. Состав трансмиссионных масел. Основные эксплуатационные свойства: вязкостно-температурные, смазывающие (противоизносные и противозадирные), защитные (консервационные), термоокислительная, химическая и физическая стабильность.

Классификация трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам и вязкости. Марки трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение».

Системы классификации трансмиссионных масел за рубежом: вязкостная (SAE) и качественная (API). Обозначение трансмиссионных масел согласно классификациям SAE, API.

Тема 3.4 Масла для автоматических коробок передач

Масла для автоматических коробок передач: условия работы, выполняемые функции, состав, основные эксплуатационные свойства, спецификации, марки.

Тема 3.5 Масла для гидравлических систем.

Условия работы. Эксплуатационные требования. Классификация гидравлических масел, их маркировка.

Тема 3.6. Пластичные смазки

Область применения, структура. Эксплуатационные требования к их качеству. Основные показатели качества смазок: коллоидная, термическая, химическая, механическая стабильность, водостойкость, испаряемость, температура каплепадения, предел прочности, эффективная вязкость, коррозионные и пенетрационные свойства.

Классификация пластичных смазок. Маркировка пластичных смазок. Примеры пластичных смазок, область их применения.

Тема 3.7. Нормирование расхода топливно-смазочных материалов

Раздел 4. Специальные жидкости.

Тема 4.1. Охлаждающие жидкости

Эксплуатационные требования к качеству охлаждающих жидкостей. Вода как охлаждающая жидкость. Низкотемпературные замерзающие жидкости. Ассортимент низкотемпературных охлаждающих жидкостей, рекомендации по применению. Исправление качества антифриза

Тема 4.2. Тормозные жидкости

Эксплуатационные требования к тормозным жидкостям. Состав основы тормозных жидкостей. Эксплуатационные свойства тормозных жидкостей. Ассортимент и потребительские свойства тормозных жидкостей, рекомендации по применению

Тема 4.3. Амортизаторные жидкости

Эксплуатационные требования к амортизаторным жидкостям. Потребительские свойства и ассортимент амортизаторных жидкостей.

Тема 4.4. Пусковые жидкости

Эксплуатационные требования к пусковым жидкостям. Ассортимент и потребительские свойства пусковых жидкостей

Раздел 5. Конструкционно-ремонтные материалы

Тема 5.1. Пластические массы

Назначение пластмасс. Состав пластмасс. Классификация пластмасс. Свойства пластмасс. Термопластические пластмассы. Терморезистивные пластмассы.

Тема 5.2. Клеящие материалы

Состав клеев. Эксплуатационные требования к качеству клея. Классификация и ассортимент клеев, их область применения.

Тема 5.3. Лакокрасочные материалы

Назначение лакокрасочных материалов (ЛКМ), требования к ним. Строение лакокрасочного покрытия. Классификация обозначений лакокрасочных материалов. Компоненты лакокрасочных материалов. Свойства лаков и красок.

Тема 5.4. Резиновые материалы

Свойства и состав резины, вулканизация резины. Физико-механические свойства резины. Армирование резиновых изделий. Особенности эксплуатации резиновых изделий.

Тема 5.5. Ремонтно-восстановительные препараты

Реметаллизанты (металлоплакирующие композиции). Полимерсодержащие препараты. Геомодификаторы. Кондиционеры поверхности. Слоистые добавки. Нанопрепараты (наноалмазы, фуллерены, рекондиционеры).

Тема 5.6. Обивочные, уплотнительные и изоляционные материалы

Назначение, состав, примеры обивочных, уплотнительных и изоляционных материалов.

1.2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ, ИХ НАЗВАНИЕ

1. Определение качества бензина (оценка бензина по внешнему виду, определение наличия непредельных углеводородов, определение смолистости и загрязненности топлива, определение наличия водорастворимых кислот и щелочей, определение плотности бензина)

2. Определение фракционного состава бензина

3. Определение качества дизельного топлива (оценка топлива по внешнему

виду, определение плотности и вязкости дизельного топлива, наличия непредельных углеводородов, водорастворимых кислот и щелочей)

4. Определение качества моторного масла (определение наличия воды и механических примесей, определение диспергирующих свойств моторных масел с помощью метода капельной пробы)

5. Определение вязкостно-температурных характеристик моторных масел (кинематической вязкости, индекса вязкости).

6. Определение качества охлаждающей жидкости (оценка антифриза по внешним признакам, определение состава и температуры застывания антифриза с помощью гидрометра и рефрактометра, исправление качества антифриза)

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ КАРТЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	3-й семестр						
	Введение.	0,5				2	опрос
1	Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов						опрос
1.1	Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов	0,5				2	опрос
1.2	Методы переработки нефти	1				2	опрос
2	Автомобильные топлива						опрос
2.1	Автомобильные бензины	4	6			2	опрос
2.2	Автомобильные дизельные топлива	4	4			2	опрос
2.3	Газообразные топлива	2				2	опрос
2.4	Основы применения нетрадиционных топлив	1				4	опрос
3	Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др. механизмов						опрос
3.1	Назначение смазочных материалов	0,5				2	опрос
3.2	Моторные масла	4	4			4	опрос
3.3	Трансмиссионные масла	2				4	опрос
3.4	Масла для автоматических коробок передач	0,5				3	опрос
3.5	Масла для гидравлических систем	0,5				3	опрос
3.6	Пластичные смазки	3,5				4	опрос
3.7	Нормирование расхода топливно-смазочных материалов	1				4	опрос
4	Специальные жидкости						опрос
4.1	Охлаждающие жидкости	2	2			2	опрос
4.2	Тормозные жидкости	2				2	опрос
4.3	Амортизаторные жидкости	0,5				2	опрос
4.4	Пусковые жидкости	0,5				2	опрос
5	Конструкционно-ремонтные материалы						опрос
5.1	Пластические массы	0,5				6	опрос
5.2	Клеящие материалы	0,5				4	опрос
5.3	Лакокрасочные материалы	1				4	опрос
5.4	Резиновые материалы	1				2	опрос

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
5.5	Ремонтно-восстановительные препараты	0,5				4	опрос
5.6	Обивочные, уплотнительные и изоляционные материалы	0,5				2	опрос
	Всего часов по дисциплине	34	16			70	

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

Основная

1. Хитрюк, В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. пособие / В. А. Хитрюк, А. К. Трубилов. – Минск : РИПО, 2013. – 323 с. : ил. – Гриф Министерства образования Республики Беларусь. – ISBN 978-985-503-332-6.

2. Ивандиков, М.П. Эксплуатационные материалы: учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания», 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис» / М. П. Ивандиков, А. Е. Миронович ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания». – Минск : БНТУ, 2022. – 71 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/123381> – Дата доступа: 21.10.2023.

Дополнительная

3. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. для вузов. Изд. 2-е / Л. С. Васильева — М.: Наука-Пресс, 2004. — 421 с.

4. Кузнецов А. В. Топливо и смазочные материалы. – М.: КолосС, 2007. – 199 с.

5. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] : учебное издание : в 3 ч. / Е. Л. Савич, А. С. Сай ; под ред. Е. Л. Савича. - Мн. : Новое знание, 2015. - (Высшее образование).

Ч. 1 : Теоретические основы технической эксплуатации. - 2015. - 426 с. : ил. - Библиогр.: с. 425-426.

Ч. 2 : Методы и средства диагностики и технического обслуживания автомобилей : учебное пособие. - 2015. - 364 с

Ч. 3 : Ремонт, организация, планирование, управление. - 2015. - 632 с.

6. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Эксплуатационные материалы» для специальности: 1-37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям), направление специальности 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей» (автотранспорт общего и личного пользования) / Брестский государственный технический университет, Кафедра машиностроения и эксплуатации автомобилей ; сост.: С. В. Монтик, С. О. Березуцкая. – Брест : БрГТУ, 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bstu.by/handle/data/18069>

– Дата доступа: 10.05.2024.

7. Эксплуатационные материалы : конспект лекций для студентов специальности 1-37 01 06 "Техническая эксплуатация автомобилей" (заочная форма обучения) : в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра "Техническая эксплуатация автомобилей" ; сост.: С. В. Монтик. – Брест : БрГТУ, 2009. – Ч. 2. – 47 с.

8. Эксплуатационные материалы : конспект лекций для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» (заочная форма обучения) : в 2 частях / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» ; сост.: С. В. Монтик. – Брест : БрГТУ, 2009. – Часть 1. – 62 с.

9. Трофименко, И. Л. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие / И. Л. Трофименко, Н. А. Коваленко, В. П. Лобах. – Минск: Новое знание, 2008. – 232 с.

10. Трофименко И. Л., Коваленко Н. А., Лобах В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы. Лабораторный практикум. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 96 с.

11. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. Лабораторный практикум. – М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2002. – 208 с.

12. Кириченко Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие для сред. проф. образования / Н. Б. Кириченко. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 208 с.

13. Афанасьев С. И. Эксплуатационные материалы для автомобилей и тракторов: учеб. пособие / С. И. Афанасьев, В. Г. Безносков, В. В. Беднарский. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 384 с.

14. Колесник П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте: учебник для студ. высш. учеб. заведений / П. А. Колесник, В. С. Кланица. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 320 с.

15. Синельников А. В., Балабанов В. И. Автомобильные масла, топлива и технические жидкости. Краткий справочник. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 160 с.

16. СТБ 1656-2016 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтило-лиро-ванные бензины. Технические условия».

17. СТБ 1658-2015 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические условия».

18. СТБ 1657-2016 «Топлива жидкие. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей и отопления. Технические условия».

19. СТБ 2262-2012 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия».

20. ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение».

21. ГОСТ 17479.2-2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение».

22. ГОСТ 17479.3-85 «Масла гидравлические. Классификация и обозначение».

23. ГОСТ 27577-2022 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия».

24. ГОСТ 28549.9-90 «Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты. (Класс L). Классификация. Группа X (пластичные смазки)».

4.2. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

Методические указания

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1- 37 01 07 «Автосервис» В 3 частях. Часть 1 / С. В. Монтик, О. Е. Кондратенко ; БрГТУ: в 3 ч. – Брест, 2012. – Ч. 1. – 28 с.

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1- 37 01 07 «Автосервис» В 3 частях. Часть 2 / С. В. Монтик, О. Е. Кондратенко ; БрГТУ: в 3 ч. – Брест, 2012. – Ч. 2. – 28 с.

3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатационные материалы» для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1- 37 01 07 «Автосервис» В 3 частях. Часть 3 / С. В. Монтик, О. Е. Кондратенко; БрГТУ: в 3 ч. – Брест, 2014. – Ч. 3. – 48 с.

Электронные средства обучения и контроля

1. Набор электронных презентаций MS Power Point к лекциям по дисциплине «Эксплуатационные материалы».

2. Программное обеспечение и набор тестов для компьютерного тестирования для зачета по дисциплине «Эксплуатационные материалы».

Перечень основного лабораторного оборудования

1. Устройство термостатирующего измерительного «Термостат А2»
2. Установка для определения фракционного состава нефтепродуктов (анализатор фракционного состава) АФС-02

Наглядные пособия

1. Комплект плакатов по дисциплине «Эксплуатационные материалы»

4.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Средства диагностики результатов учебной деятельности включают:

1. Текущая аттестация
2. Письменные отчеты по аудиторным лабораторным занятиям с их устной защитой.
3. Письменный зачет в виде тестирования или электронных тестов.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в виде:

- контрольный опрос в письменной форме;
- письменные отчеты по аудиторным лабораторным занятиям с их устной защитой.

При расчете итоговой отметки по текущей аттестации учитывается объем качественно выполненных к моменту аттестации лабораторных работ (в соответствии с учебно-методической картой учебной дисциплины).

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация.

Обучающиеся допускаются к промежуточной аттестации по учебной дисциплине при условии успешного прохождения текущей аттестации.

Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме письменного зачета в виде тестирования или электронных тестов.

4.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06.2020:

- самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам и методическим указаниям, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 4 настоящей программы;

- самостоятельная подготовка к выполнению лабораторных работ по методическим указаниям, разработанным на кафедре машиностроения и эксплуатации автомобилей и указанным в разделе 4 настоящей программы;

- самостоятельная работа под контролем преподавателя во время лабораторных занятий по расписанию по индивидуальным заданиям;

- самостоятельная подготовка к зачету.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Основные сведения о производстве топлив и смазочных материалов	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
1.1	Нефть как сырье для производства топливно-смазочных материалов	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
1.2	Методы переработки нефти	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
2	Автомобильные топлива	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
2.1	Автомобильные бензины	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
2.2	Автомобильные дизельные топлива	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
2.3	Газообразные топлива	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
2.4	Основы применения нетрадиционных топлив	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3	Смазочные материалы для двигателей, агрегатов трансмиссий и др. механизмов	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.1	Назначение смазочных материалов	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.2	Моторные масла	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.3	Трансмиссионные масла	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.4	Масла для автоматических коробок передач	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.5	Масла для гидравлических систем	[1, 3, 4, 6, 7, 8]

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
3.6	Пластичные смазки	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
3.7	Нормирование расхода топливно-смазочных материалов	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
4	Специальные жидкости	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
4.1	Охлаждающие жидкости	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
4.2	Тормозные жидкости	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
4.3	Амортизаторные жидкости	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
4.4	Пусковые жидкости	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5	Конструкционно-ремонтные материалы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.1	Пластические массы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.2	Клеящие материалы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.3	Лакокрасочные материалы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.4	Резиновые материалы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.5	Ремонтно-восстановительные препараты	[1, 3, 4, 6, 7, 8]
5.6	Обивочные, уплотнительные и изоляционные материалы	[1, 3, 4, 6, 7, 8]

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1.Автомобили	МЭА	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол № № 9 от 10.05.2024) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик
2.Экология и ресурсосбережение на автомобильном транспорте	МЭА	нет	
3.Обслуживание и ремонт автомобилей	МЭА	нет	
4. Техническая эксплуатация автомобилей	МЭА	нет	

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик