

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Товароведение и маркетинг химической продукции

правление подготовки/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело
правление (профиль)/специализация	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта, хранения и переработки нефти и газа
форма обучения	Очная
д начала обучения	2026
лизуется	7 семестре

Разработано
Доцент кафедры ТПНиПЭ
Пикалов С.Г.

Ставрополь 2026г.

Содержание

Введение.....	5
Практическое занятие № 1. Потребители нефтяных топлив.....	6
Практическое занятие № 2. Газовые топлива.....	14
Практическое занятие № 3. Автомобильные бензины.....	17
Практическое занятие № 4. Авиационные бензины.....	23
Практическое занятие № 5. Перспективы получения высокооктановых бензинов.....	26
Практическое занятие № 6. Основные требования к физико-химическим свойствам реактивных топлив.....	31
Практическое занятие № 7. Получение и перспективы производства реактивных топлив.	37
Практическое занятие № 8. Основные требования к физико-химическим свойствам дизельных топлив.....	40
Практическое занятие № 9. Получение и перспективы производства дизельных топлив.	45
Практическое занятие № 10. Печные и газотурбинные топлива.....	50
Практическое занятие № 11. Судовые тяжёлые дизельные топлива и котельные топлива.....	54
Практическое занятие № 12. Моторные масла.....	63
Практическое занятие № 13. Трансмиссионные, гидравлические и энергетические масла.	71
Практическое занятие № 14. Индустриальные масла и пластичные смазки.....	77
Практическое занятие № 15. Нефтепродукты специального назначения: жидкие парафины и нефтяные битумы.....	84
Практическое занятие № 16. Нефтепродукты специального назначения: технический углерод и нефтяной кокс, пластификаторы и мягчители.....	90
Практическое занятие № 17. Нефтепродукты специального назначения: нефтяные растворители и осветительный керосин.....	94
Практическое занятие № 18. Нефтепродукты специального назначения: парафины, церезины, вазелины и СОЖ.....	97
Список рекомендуемой литературы.....	102

Введение

Целью изучения дисциплины «Товароведение и маркетинг химической продукции» является формирование набора профессиональных компетенций выпускника по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело.

В задачи изучения дисциплины входит формирование у студентов знаний о принципах устойчивого функционирования отрасли нефтеобеспечения, о существующем и разрабатываемом ассортименте нефтепродуктов; также для эффективной работы предприятий нефтепереработки и нефтеобеспечения необходимо понимать суть, методы и принципы маркетинга нефтепродуктов.

Дисциплина Б1.В.08.15 «Технология глубокой переработки нефти» относится к дисциплинам направленности (профиля) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта, хранения и переработка нефти и газа». Ее освоение происходит в 7 семестре. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Индекс	Формулировка:
Профессиональные компетенции	
ПК-1	Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья.
ПК-2	Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья

Практическое занятие № 1. Потребители нефтяных топлив.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать классификацию и конструктивные особенности энергетических установок;

Умения: уметь рекомендовать технологические варианты производства в зависимости от конструктивных особенностей конечных потребителей;

Компетенции или их части:

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть ОСНОВНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ТОПЛИВ

Все топлива, вырабатываемые из нефти или газа, делятся на две группы:

- **моторные топлива**, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (ДВС), преобразующих энергию топлива в механическую работу;

- **немоторные топлива**, предназначенные для печей, котлов и т.д., преобразующих энергию топлива в тепловую энергию другого энергоносителя - пара, горячей воды, горячего металла и др.

Что касается потребителей немоторных топлив, то, несмотря на большое разнообразие, их можно обозначить одним термином - "печи". Термин "печи" в данном случае объединяет такие конверторы тепла, как бытовые печи, разнообразные промышленные печи, топки котельных установок и различных сушильных установок и т.д.

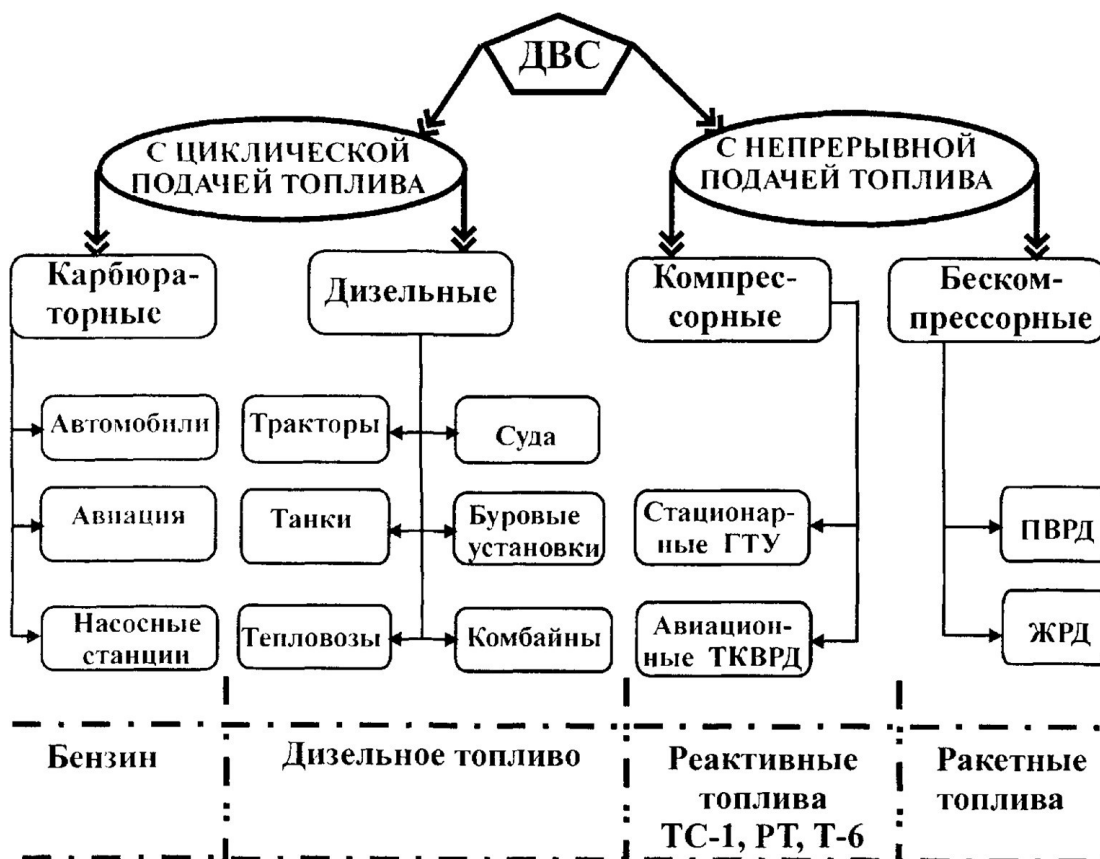


Рис. 1.2. Классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС):

ГТУ - газотурбинная установка; ТКВРД - турбокомпрессорный воздушно-реактивный двигатель; ЖРД - жидкостный реактивный двигатель; ПВРД - прямоточный воздушно-реактивный двигатель

Устройство таких печей, конечно, различно, но сжигание топлива в них происходит по одному и тому же принципу: как можно более полное сгорание и как можно более эффективное преобразование тепловой энергии топлива в тепловую энергию целевого энергоносителя (пара, расплавленного или нагретого металла, горячей воды и др.).

На рис. 1.2 приведена классификация основных потребителей моторных топлив - двигателей внутреннего сгорания (ДВС) - по принципу действия.

Кроме того, ДВС делят по областям применения: транспортные и стационарные:

- **транспортные** - это двигатели наземных (автомобили, тракторы, тепловозы и др.), водных (все типы кораблей), воздушных (самолеты, вертолеты) транспортных средств;

- **стационарные** - это двигатели буровых установок, насосных станций, электрических станций и др.

КАРБЮРАТОРНЫЕ ДВС

Основной отличительный принцип этих двигателей - образование топливновоздушной смеси (ТВС) вне цилиндра двигателя, сжатие ТВС в цилиндре и принудительное ее зажигание. Для образования ТВС имеется устройство - карбюратор. Он устроен так, что в поток засасываемого в цилиндр воздуха под действием создаваемого разрежения через жиклер подсасывается определенная порция бензина; по пути в цилиндр она испаряется, образуя ТВС.

Цикл работы карбюраторного ДВС (рис. 1.3) следующий:

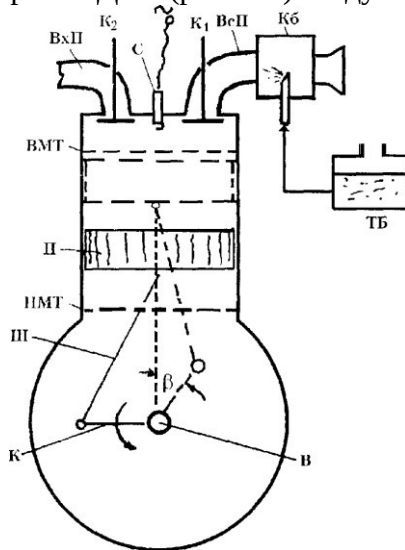


Рис. 1.3. Схема карбюраторного ДВС:

В - вал; к - кривошип; Ш - шатун; П - поршень; С - свеча зажигания; ВхП - выхлопной патрубок; ВсП - всасывающий патрубок; К₁ - всасывающий клапан; К₂ - выхлопной клапан; Кб - карбюратор; Тб - топливный бак; ВМТ - верхняя мертвая точка; НМТ - нижняя мертвая точка; β - угол опережения зажигания

а) ход поршня вниз (принудительный) - клапан К₁ открыт, воздух через ВсП засасывается в цилиндр, по пути проходя через Кб и образуя ТВС, которая заполняет цилиндр (кривошип К из верхнего вертикального положения переходит в нижнее вертикальное);

б) ход поршня вверх (принудительный) - клапаны К₁ и К₂ закрыты, ТВС сжимается поршнем от НМТ до ВМТ, но в момент, когда поршень чуть-чуть не дошел до ВМТ (кривошип образует с вертикалью угол β, через свечу С пропускают высокое

напряжение и между ее электродами проскакивает электрическая искра, которая поджигает ТВС; давление в цилиндре резко растет (кривошип описывает следующий полукруг от нижнего вертикального до верхнего вертикального);

в) ход поршня вниз (рабочий) - продукты горения, расширяясь, давят на поршень, и он через шатун и кривошип совершает работу на валу;

г) ход поршня вверх (принудительный) - открывается клапан K_2 , и продукты горения, уже отработавшие, выбрасываются в атмосферу. Затем клапан K_2 закрывается и открывается клапан K_1 .

После этого цикл повторяется.

Рассмотрим некоторые важные параметры работы двигателя.

Карбюратор имеет устройства для регулирования дозы топлива, т.е. обогащения или обеднения ТВС. Различают два вида ТВС: богатая (коэффициент избытка воздуха составляет 0,6-0,8) и бедная (этот коэффициент равен 0,9-1,1).

Степень сжатия - это отношение объема цилиндра, когда поршень находится в НМТ, к объему цилиндра, когда поршень находится в ВМТ. Обычно это отношение может быть равным от 4 до 10, причем чем оно выше, тем экономичность двигателя выше. Но, к сожалению, в карбюраторном двигателе повышать степень сжатия сверх 10 нельзя, так как при адиабатном сжатии со степенью сжатия выше 10 температура среды возрастает настолько, что ТВС самовозгорается (самовзрывается), а этого допустить нельзя.

Угол опережения зажигания (УОЗ) - это угол, на который кривошип не дошел до ВМТ, и именно в этот момент подается искра зажигания. В зависимости от качества ТВС этот угол составляет от 10° до 20° и регулируется специальным устройством на блоке зажигания.

Эти ДВС бывают 4-тактные (цикл описан выше) и 2-тактные.

Они бывают с водяным охлаждением (цилиндр снаружи омывается водой) и с воздушным охлаждением (цилиндр снаружи оребрен и принудительно омывается потоком воздуха).

Топливо для них - бензин с пределами кипения $30-180^\circ\text{C}$ с разными октановыми числами.

Используются они на автомобилях, мотоциклах и самолетах, причем их мощность колеблется от 1 до 3000 кВт.

Удельный расход топлива (УРТ) в этих двигателях - 250-400 г/кВт·ч (типичный УРТ - 320 г/кВт·ч).

Карбюраторные ДВС имеют ряд существенных недостатков.

- высокий УРТ (малая экономичность);
- неудовлетворительное регулирование состава ТВС в зависимости от режима работы двигателя;
- неполное сгорание топлива и выброс больших количеств СО и углеводородов в атмосферу;
- невозможность увеличить степень сжатия выше 10 и повысить за счет этого экономичность двигателя.

ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВС

Принцип действия этих двигателей существенно отличается от карбюраторных: засасывание и сжатие чистого воздуха и впрыск в среду сжатого воздуха строго дозированной порции топлива, которое воспламеняется от сжатия. Для точного дозирования порций топлива в сжатую воздушную среду имеется топливный плунжерный насос высокого давления.

Цикл работы дизельного двигателя (рис. 1.4) следующий:

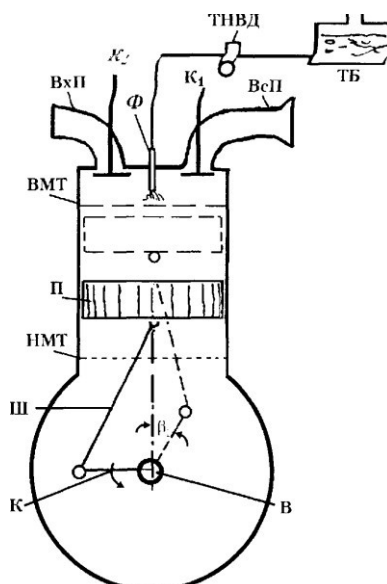


Рис. 1.4. Схема дизельного ДВС:

ТНВД - топливный насос высокого давления; Ф -форсунка; β_1 - угол опережения впрыска топлива; остальные обозначения - см. рис. 1.3

а) ход поршня вниз (принудительный) – клапан K_2 закрыт, клапан K_1 открыт; воздух через Всп засасывается и заполняет полость цилиндра (кривошип из верхнего вертикального положения переходит в нижнее вертикальное);

б) ход поршня вверх (принудительный) – клапаны K_1 и K_2 закрыты; засосанный воздух сжимается поршнем от НМТ и ВМТ, но в момент, когда поршень чуть-чуть не дошел до ВМТ (кривошип образует с вертикалью угол β_1), топливный насос высокого давления ТНВД через форсунку Ф подает порцию топлива в цилиндр, очень тонко распыляя его; попадая в атмосферу сжатого и поэтому раскаленного воздуха, распыленное топливо вспыхивает; давление в цилиндре еще больше растет (кривошип за этот период из нижнего вертикального положения переходит в верхнее вертикальное);

в) ход поршня вниз (рабочий) - продукты горения, расширяясь, давят на поршень, и он через шатун и кривошип совершает работу на валу;

г) ход поршня вверх (принудительный) - при закрытом клапане K_1 открывается клапан K_2 , и отработавшие продукты горения выбрасываются в атмосферу; затем клапан K_2 закрывается и открывается клапан K_1 . После этого весь цикл повторяется.

При сжатии чистого воздуха нет ограничений в степени сжатия (кроме прочности цилиндра), которая для дизельных двигателей может составлять от 20 до 40, и поэтому дизельный двигатель намного экономичней карбюраторного.

Порции топлива, впрыскиваемого в цилиндр, таковы, чтобы при горении обеспечивался коэффициент избытка воздуха порядка 1,0-1,2. В зависимости от режима работы двигателя (от холостого до форсированного режима) регулируются и порции подаваемого топлива.

Дизельный двигатель намного сложнее и тяжелее, чем карбюраторный. Это объясняется следующими причинами:

- он рассчитан на высокие степени сжатия, поэтому у него цилиндровая группа прочнее и массивнее;
- ТНВД представляет собой сложное устройство с прецизионно притертыми плунжерными парами, регулируемой подачей порций топлива, рассчитанное на давление до 10-12 МПа;
- форсунки в каждом цилиндре - это очень сложные по устройству изделия с зазорами в распылительной части сопла порядка долей миллиметра, и поэтому топливоподающая часть должна иметь фильтры тонкой очистки высокого давления.

Тем не менее несмотря на эти конструктивные сложности, дизельные двигатели все больше применяются благодаря следующим преимуществам:

- более высокая экономичность: УРТ - порядка 200-250 г/кВт·ч, т.е. на 20-30 % ниже, чем карбюраторного ДВС;
- при довольно низком УРТ дизели используют более дешевое топливо - фракцию 180-360 °С (а в последние годы - еще более широкую фракцию 180-400 °С), что создает им преимущество в отношении ресурсов сырья;
- мощности двигателей выше: максимальная - до 10000 кВт, что делает их универсальными во всех сферах применения (на автотранспорте, тракторах, тепловозах, мощных судах, танках, буровых установках и т.д.).

СТАЦИОНАРНЫЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

В отличие от поршневых ДВС газотурбинные двигатели имеют непрерывную подачу топлива. В них происходят те же 4 такта цикла, которые были описаны для поршневых двигателей, но в газотурбинных они рассредоточены геометрически, т.е. происходят в разных конструктивных узлах.

На рис. 1.5 показана схема стационарной газотурбинной установки (ГТУ). На одном валу здесь расположен осевой компрессор (ОК), газовая турбина (ГТ) и генератор (Г) или иная нагрузка (например, насос, газодувка и пр.). Вал вращается с частотой 15-20 тыс. об/мин и при больших частотах ОК сжимает воздух до 10-12 атм (1-1,2 МПа). Воздух перетекает в камеры сгорания, куда через форсунки (Ф) подается топливо. Давление продуктов горения еще больше повышается, и они поступают на лопатки газовой турбины, где, расширяясь, совершают работу. Разность между этой работой и работой, затрачиваемой на сжатие воздуха в компрессоре, является избыточной работой, которая и идет на привод избыточной нагрузки - генератора (Г). Отработавшие продукты сгорания через регенеративный теплообменник выбрасываются в атмосферу, а в теплообменнике подогревается до 150-180 °С воздух, который поступает затем в компрессор.

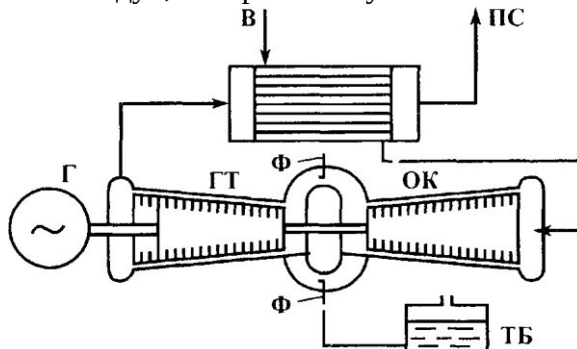


Рис. 1.5. Схема стационарной газотурбинной установки (ГТУ):

ОК - осевой компрессор; ГТ - газовая турбина; Г - генератор; Ф - форсунки; ТБ - топливный бак; В - воздух; ПС - продукты сгорания

Таким образом, здесь разделены всасывание и сжатие воздуха, сжигание топлива в камерах сгорания, работа продуктов сгорания на турбине и выброс их в атмосферу.

Топливом для таких ГТУ являются широкие фракции нефти - от керосино-дизельных до мазута (марка ТГ) условной вязкостью не более 3 при 50 °С и со специальными требованиями по примесям.

Степень сжатия в компрессоре обычно равна 10-12 (для турбин она считается как отношение давления нагнетания к давлению всасывания).

Число ступеней газовой турбины (и, соответственно, ее мощность) подбирается таким, чтобы оно было достаточным для привода во вращение вала компрессора, а избыточная мощность была максимальной и вся тратилась на привод нагрузки.

АВИАЦИОННЫЕ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫЕ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

На рис. 1.6 схематически показан ТКВРД. По принципу работы он схож со стационарной ГТУ, но конструктивно выполнен иначе.

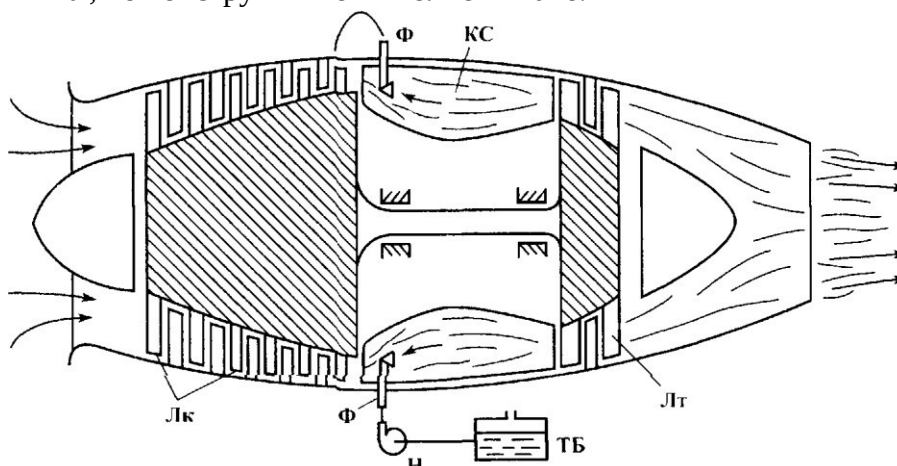


Рис. 1.6. Схема авиационного турбокомпрессорного воздушно-реактивного двигателя (ТКВРД):

Лк - лопатки компрессора; Лт - лопатки газовой турбины; Ф - форсунки; КС - камеры сгорания; Н - насос; ТБ - топливный бак

В сигарообразном корпусе на общем валу находятся воздушный компрессор и газовая турбина. Между ними по окружности корпуса расположены 6-8 жаропрочных камер сгорания, куда подается топливо. Лопатками компрессора (Лк) воздух засасывается и сжимается до 1-1,5 МПа, после чего он, сжатый и горячий, поступает в камеры сгорания (КС). В эти камеры через форсунки (Ф) под давлением 2-3 МПа роторным насосом подается распыленное топливо. Там оно сгорает, и раскаленные продукты сгорания (температура 1200-1300 °С) с огромной скоростью поступают на лопатки газовой турбины (Лт).

Обычно газовая турбина имеет 1 или 2 ступени, что вполне достаточно для привода осевого компрессора, а остальная энергия продуктов сгорания (их температура на выходе из газовой турбины - около 850-900 °С) идет на создание реактивной тяги через сопло (до 200-300 кН). Это чисто реактивный ТКВРД.

Есть турбовинтовые двигатели, у которых турбина мощнее и вращает не только компрессор, но и винт самолета, а остальная энергия газов (уже значительно меньшая) идет на создание реактивной тяги.

Наконец, есть вертолетные реактивные двигатели (ВРД), у которых реактивная тяга равна нулю и газовая турбина срабатывает всю энергию газов, тратя мощность на привод компрессора и на привод несущего винта.

Кроме обычного ТРД существуют его разновидности:

- ТРД с форсажем (ТРД-Ф), у которых топливо подается не только в камеру сгорания, но в нужный момент форсирования двигателя оно подается еще и за турбиной (на истребителях, когда нужно нарастить скорость и перехватить цель);

- двухконтурные ТРД (Д-ТРД), когда у двигателя имеются два корпуса, образующие два контура - внутренний и внешний, по которым внутренним и внешним компрессорами нагнетается воздух, а турбина вращает валы обоих компрессоров; Д-ТРД - один из самых экономичных двигателей, устанавливаемых на современных лайнерах (табл. 1.4).

Основные показатели работы ТРД и двух его разновидностей (ТРД-Ф и Д-ТРД) приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Основные показатели работы ТРД

Показатели	ТРД	ТРД-Ф	Д-ТРД
Тяга, кН	1-150	20-200	10-300
Удельный расход топлива, кг/(кН·ч)	70-100	180-250	35-70

Удельная масса двигателя, кг/кН	12-35	12-26	12-30
---------------------------------	-------	-------	-------

Эти двигатели в основном сжигают керосин (фр. 130-240 °С), но на сверхскоростных самолетах используется более тяжелое топливо (фр. 195-315 °С), глубоко гидроочищенное.

Недостатками всех типов ТРД является сложное устройство двигателя и большие удельные расходы топлива.

ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Схема устройства жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) очень проста (рис. 1.7).

Камера сгорания (КС) через узкое горло переходит в специально профилированный раструб - сопло (Сп). В КС имеется две форсунки (Фо и Фт) для распыления окислителя и топлива, которые подаются насосами (Н) из баков окислителя (БО) и топлива (ТБ). По пути из баков к форсункам окислитель и топливо проходят по змеевикам (З), навитым снаружи сопла и охлаждающим стенки сопла от нагрева и пережога.

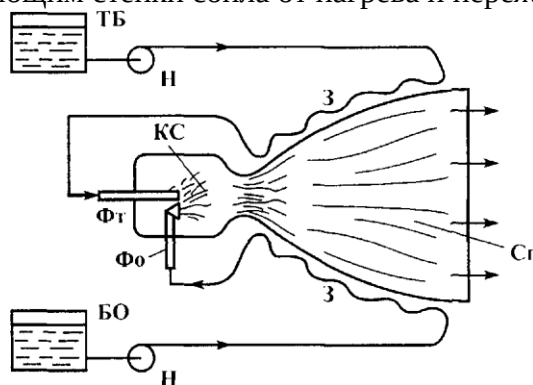


Рис. 1.7. Схема жидкостного ракетного двигателя (ЖРД):

КС - камера сгорания; Сп - сопло; Фт - форсунка топливная; Фо - форсунка окислителя; ТБ - топливный бак; БО - бак окислителя; Н - насосы; З - змеевики охлаждения сопла и подогрева компонентов горения

Таким образом, в этих двигателях, за исключением насосов, нет движущихся и вращающихся частей, и вся энергия горения идет на создание реактивной тяги.

Тяга отечественных ЖРД РД-214 и РД-119 составляла примерно 700-1000 кН, и они стояли на I и II ступенях ракеты "Космос".

Удельный импульс тяги у ЖРД (это тяга в кГ на 1 кг топлива в секунду) составляет от 280 до 350 кП(кг·с).

Отсюда и огромные расходы топлива - от 50 до 270 кг/с, т.е. насос, подающий топливо, должен иметь очень большую производительность.

Топлива для этих двигателей используются либо синтетические (например, нитрометан), либо из природных углеводородов в паре с окислителем.

Прогнозировать перспективы развития моторостроения очень трудно, но основные их тенденции можно отметить. К ним относятся:

- перевод значительной части автомобильного транспорта (грузового и легкового) на дизельные двигатели; как уже отмечалось, это дает ощутимый эффект в виде экономии топлива, переход на менее дефицитное топливо и определенные экологические преимущества;
- переход на топливо широкого фракционного состава для дизелей (фр. 50-450 °С), что расширит топливные ресурсы для самого массового двигателя; однако такое расширение состава потребует специальных исследовательских работ, так как вовлечение бензиновых фракций (50-80 °С) серьезно отразится на воспламеняемости топлива, а использование тяжелых фракций (360-450 °С) приведет к неполноте сгорания и коксовости на внутренних деталях двигателя;
- перевод карбюраторных бензиновых двигателей на СПГ и СНГ;

- перевод уже существующих двигателей на газовое топливо проблем не составляет, хотя и ухудшает их эксплуатационные показатели работы; проблема состоит в том, чтобы перейти на новые конструкции ДВС, специально рассчитанные на газовое топливо;

- комбинирование мото- и электротяги, что позволит переходить с одного вида тяги на другой, когда это потребуется по экологическим соображениям;

- использование водорода в качестве экологически самого чистого топлива, но в этом вопросе много нерешенных проблем (дешевое производство водорода, хранение водорода в баках, безопасное его использование и др.).

Цель всех этих путей развития - увеличение пробега транспорта на 1 кг добываемой нефти.

Вопросы и задания

1. Группы топлив, вырабатываемых из нефти или газа.
2. Классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
3. Принцип работы и недостатки карбюраторных двигателей.
4. Принцип работы дизельных двигателей. Их отличие и преимущества перед карбюраторными двигателями.
5. Принцип работы газотурбинных двигателей;
6. Принцип работы ТКВРД;
7. Принцип работы ЖРД.

Список литературы:

1. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Практическое занятие № 2.

Газовые топлива.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество газовых топлив;

Умения: объективно оценивать степень пригодности газовых топлив;

Компетенции или их части:

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Продуктами переработки природных и нефтяных попутных газов являются:

- товарный природный газ, направляемый по газопроводам как газовое промышленное и бытовое топливо;
- широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ) от C_3 до C_6 , выделенных из состава газа в процессе его переработки;
- сжиженный газ - концентрат углеводородов C_3 и C_4 , выделенный из ШФЛУ;
- стабильный газовый конденсат;
- одорант - смесь тиолов (меркаптанов), выделенная из состава сернистых примесей природного газа и используемая для одорирования газа в газовых сетях.

ШФЛУ, выделяемая из природных газов в процессе их переработки (на ступенях сепарации высокого давления и отбензинивания), является исходным продуктом для получения сжиженного газа и газового бензина (углеводороды C_{5+}). Нормами установлены три марки ШФЛУ, показатели качества которых приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Технические требования на ШФЛУ [в % (мас.)]

Компоненты	Марки		
	А	Б	В
C_1+C_2 , не более	3	5	-
C_3 , не менее	15	-	-
C_4+C_5 , не менее	45	40	35
C_{6+} , не более	11	25	50
Сера, не более	0,025	0,05	0,05
H_2S , не более	0,003	0,003	0,003

Показатели качества сжиженных углеводородных газов, используемых, для коммунально-бытового потребления, приведены в табл. 2.5. Они выпускаются трех марок СПБТЗ - смесь пропан-бутановая техническая зимняя, СПБТЛ - то же - летняя, БТ - бутан технический.

Таблица 2.5. Технические требования на сжиженные газы

Показатели	Марки		
	СПБТЗ	СПБТЛ	БТ
Содержание:			
метан + этан + этилен, % (мас.), не более	4	6	6
пропан - пропилен, % (мас.), не менее	75	Не норм.	Не норм.
бутаны + бутилены, % (мас.), не менее	Не норм.		60
жидкий остаток (C_5) при 20 °С, % (об.), не более	1	2	2
Давление насыщенных паров, МПа:			
при 45 °С, не более	1,6	1,6	1,6
при 20 °С, не менее	0,16	-	-

Содержание сернистых соединений (сероводород + тиолы), %, не более	0,015	0,015	0,015
---	-------	-------	-------

Из табл. 2.5 видно, что в составе сжиженных газов предусматривается содержание не только пропана и бутана (насыщенных углеводородов), но также олефинов от этиленов и выше, т.е. в их состав вовлекаются как пропан-бутановая фракция ШФЛУ из природных газов, так и олефины из вторичных газов.

Остаточная фракция ШФЛУ - газовый бензин, содержащий в основном углеводороды от пентана и выше. Для него нормами установлены два основных показателя - температура начала кипения (не ниже 30 °С) и давление насыщенных паров, характеризующее наличие в нем легких углеводородов (не более 67 кПа летом и не более 93 кПа зимой).

Газовый бензин является также источником получения одоранта - концентрата легких меркаптанов. Так, на Оренбургском газоперерабатывающем заводе этот концентрат содержит в своем составе этантиол (33 % мас), 2-пропантиол (42 %), 1-пропантиол (10 %), 2-бутантиол (14 %).

Первичные природные газы находят применение в трех областях: как бытовое и промышленное топливо, как моторное топливо и как нефтехимическое сырье.

Бытовое и промышленное топливо. Это - основное использование газа, позволившего произвести настоящую революцию в быту и заменить экологически "грязные" топлива - такие, как нефть и уголь, - в промышленности (электроэнергетика, металлургия, нефтехимия и др.).

Моторное топливо. Начало применения природного газа как моторного топлива относится к 80-м годам, когда начали применять газ, сжатый до 20 МПа. С тех пор применение сжатого природного газа (СПГ) получило широкое распространение, что обусловлено следующими причинами:

- он экологически более "чист" (дает меньше оксида углерода в выхлопных газах);
- он обладает высокой детонационной стойкостью ($ОЧ_m = 100 \div 105$) и позволяет поэтому повысить эффективность двигателя внутреннего сгорания за счет повышения степени сжатия до 12-15;
- снижается износ цилиндра и поршня, так как нет смыва пленки масла каплями топлива;
- не разжижается масло в картере;
- образуется более равномерная по составу топливовоздушная смесь ТВС (однородная среда), чем повышается полнота сгорания, снижается количество нагара и СО.

Моторные параметры природного газа вполне благоприятны:

- теплота сгорания низшая - 35-36 МДж/м³ (или 45 МДж/кг);
- октановое число, как уже упоминалось, - 100÷105 (моторным методом);
- содержание влаги - не более 0,5 г/м³ (летом) и 0,7 г/м³ (зимой); влага ограничивается, так как при дросселировании резко падает температура, и возможна закупорка трубок льдом.

Основные недостатки сжатого природного газа:

- тяжелые, массивные баллоны (один баллон емкостью 50 л весит примерно 65 кг), но сейчас созданы баллоны из легких сплавов, хотя и более дорогих;
- его применение в конвертируемых ДВС на 10-20 % снижает мощность двигателя, потому что в цилиндр засасывается меньше по массе газа, чем бензина, и в итоге теплота сгорания единицы массы ТВС снижается.

Нефтехимическое сырье. До сих пор речь шла о сухом газе и газе газоконденсатных месторождений (ГКМ), на нужды же нефтехимии идет попутный нефтяной газ. Как правило, после промысловой подготовки этот газ поступает на газофракционирование на установки ЦГФУ, где из него выделяют все индивидуальные углеводороды от пропана до пентанов. Все выделенные концентраты индивидуальных углеводородов направляются на нефтехимический синтез (производство каучуков, растворителей, получение уксусной кислоты и др.).

По упрощенной схеме получают пропан-бутановую фракцию и фракцию C₅₊, использование которых будет не нефтехимическим, а моторным. В этом случае пропан-бутановая фракция используется по двум направлениям:

- как сжиженный нефтяной газ (СНГ) в двигателях внутреннего сгорания автомобилей;
- как бытовой газ для газобаллонных газовых плит.

Фракция же C₅₊ в смеси с головками бензина (температура начала кипения 62 °С) идет на изомеризацию и получение высокооктанового компонента легкой части бензина.

ВТОРИЧНЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГАЗЫ

На НПЗ эти газы перерабатываются на газофракционирующих установках (ГФУ) — либо нейтральных заводских, либо находящихся, в составе комбинированных установок.

Как правило, эти установки работают по варианту выделения сухого газа, пропан-бутановой фракции пентан-гексановой фракции.

Сухой газ используется как печное топливо на этом же заводе.

Сжиженный газ, как сказано выше, используется как бытовое топливо в баллонах емкостью 40 л под давлением 0,8-1,0 МПа и как моторное топливо.

Моторное топливо вырабатывается по ГОСТ 20448 марок: СПБТЗ, СПБТЛ, БТ (бутан технический).

Сжиженный нефтяной газ (СНГ) имеет высокое октановое число (95-102 моторным методом) и низшую теплоту сгорания - 45-47 МДж/м³. Он является хорошим моторным топливом, но имеет один недостаток: по мере его использования меняется состав газа, так как из баллона расходуется преимущественно паровая фаза, в результате концентрация бутана в газе растет, и двигатель хуже запускается.

СНГ применяется как резервное (альтернативное) топливо для конвертируемых карбюраторных двигателей, т.е. работающих как на бензине, так и на СНГ. Но при этом преимущества СНГ не реализуются, так как у бензинового двигателя степень сжатия мала (6-8), мало для газа сечение впускных патрубков и к тому же они подогреваются (газ расширяется и снижается массовое заполнение цилиндра газом). В итоге у конвертируемых двигателей при работе на СНГ снижается на 6-8 % мощность и растет на 10-12 % удельный расход топлива.

Пентан-гексановая фракция является остаточной фракцией ГФУ. Ее фракционный состав по ГОСТ - 30-62 °С или 30-70 °С и ее использование следующее:

- как непосредственный компонент автобензинов, повышающий давление насыщенных паров, но поскольку у этой фракции невысокое октановое число ($ОЧ_m = 70 \div 75$), она годится только для низкооктановых бензинов А-76 и Аи-80;

- как сырье для процесса изомеризации, т.е. превращение н-пентана и н-гексана в изопентан и изогексан и повышения за счет этого октанового числа до 85-88, благодаря чему становится возможным включение этой фракции в бензин Аи-93.

Вопросы и задания

8. Продукты переработки природных и нефтяных попутных газов.
9. Технические требования на ШФЛУ.
10. Технические требования на сжиженные газы.
11. Моторные параметры природного газа.
12. Продукты переработки вторичных предельных газов

Список литературы:

1. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Практическое занятие № 3. Автомобильные бензины.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество автомобильных бензинов;

Умения: объективно оценивать степень пригодности автомобильных бензинов;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Автомобильные бензины вырабатываются по нескольким ГОСТ и требования к ним приведены в табл. 2.8-2.11 [5].

В табл. 2.8 приведены характеристики автомобильных бензинов по прежним стандартам, а в табл. 2.9-2.11 - по более новым.

Остановимся на основных показателях качества автомобильных бензинов и рассмотрим их химмотологическое значение.

Фракционный состав. Нормируются четыре точки кипения по ГОСТ:

- температура начала кипения (НК) не ниже 35 °С;
- температура выкипания 10 % (об.), не ниже; (Обе эти точки нормируются исходя из того, чтобы не происходило самовыкипания бензина в топливной системе трубопроводов и не образовывались паровые пробки, прерывающие его течение.)
- температура выкипания 50 % (об.) бензина; (Эта точка нормируется из условия хорошей испаряемости на переходных режимах, т.е. хорошей приемистости бензина.)
- температура выкипания 90 % (об.);
- температура конца кипения (КК); (Эти точки нормируются из условия полноты испарения бензина на любом режиме.)

Для автомобильных бензинов есть сезонные нормы (лето и зима). Интересно сопоставить приведенные точки кипения (в °С, не выше) по различным ГОСТ:

	По ГОСТ 2084-77	Экспортные бензины	По ГОСТ Р-51105- 97
10% (об.)	70 (55)*	70	75ч-55**
50 % (об.)	115(100)	120	120ч-100
90 % (об.)	180(160)	190	190-160
КК.....	205 (195)	215	215

* Для лета (зимы).

** Для классов 1ч-5 (см. ниже).

Видно, что новый российский ГОСТ Р-51105-97 для 1-го класса дает нормы, сходные с таковыми для экспортных бензинов, а поскольку Россия имеет широкий диапазон климатических зон (классов), то для зон с более холодным климатом фракционный состав бензинов облегчается.

Таблица 2.8. Характеристики автомобильных бензинов по ГОСТ 2084-77

Показатели	А-76		АИ-91	АИ-93	АИ-95
	неэтили- рованный	этилиро- ванный	неэтилиро- ванный	неэтилиро- ванный	неэтилиро- ванный
Детонационная стойкость - октановое число, не менее:					
моторный метод	76	76	82,5	85	85
исследовательский метод	Не нормируется		91	93	95

Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже:					
летнего	35	35	35	35	30
зимнего	Не нормируется				
10 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:					
летнего	70	70	70	70	75
зимнего	55	55	55	55	55
50 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:					
летнего	115	115	115	115	120
зимнего	100	100	100	100	105
90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:					
летнего	180	180	180	180	180
зимнего	160	160	160	160	160
конец кипения бензина, °С, не выше:					
летнего	195	195	205	205	205
зимнего	185	185	195	195	195
Остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:					
летнего, не более	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
зимнего	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	1,0	3,0	3,0	0,8	2,0
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более:					
на месте производства	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
на месте потребления	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	1200	900	900	1200	900
Содержание серы, % (мае), не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Примечания: 1. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке выдерживают; водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода отсутствуют; плотность при 20 °С не нормируется, определение ее обязательно. 2. Для городов и районов, а также предприятий, где главным санитарным врачом запрещено применение этилированных бензинов, предназначаются только неэтилированные. 3. Допускается вырабатывать бензин, предназначенный для применения в южных районах, со следующими показателями по фракционному составу: 10 % перегоняется при температуре не выше 75 °С; 50 % перегоняется при температуре не выше 120 °С; 4. Для бензинов, изготовленных с применением компонентов каталитического риформинга, допускаемая температура конца кипения не выше 205 °С для летнего и не выше 195 °С - для зимнего.					

Таблица 2.9. Характеристики автомобильных экспортных бензинов и АИ-98

Показатели	Л-80	А-92	А-96	ЛИ-98
Плотность при 20 °С, кг/м ³ не более	755	770	770	Не нормируется
Детонационная стойкость -октановое				Определение

число, не менее:				обязательно
моторный метод	76	83	85	88
исследовательский метод	80	92	96	98
Содержание свинца, г/дм ³ , не более:				
бензин этилированный	0,15	0,15	0,15	-
бензин неэтилированный	0,013	0,013	0,013	0,013
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	35	35	35	-
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	70	70	70	70
50%	120	120	120	120
90%	190	190	190	190
температура конца кипения, °С, не выше	215	215	215	215
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
остаток потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт.ст.), не более	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)
Кислотность, мг КОН/100см ³ , не более	3,0	3,0	3,0	3,0
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	5,0	5,0	5,0	5,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	600	600	600
Содержание:				
серы, % (мас), не более	0,05	0,05	0,05	0,1
меркаптановой серы, % (мас), не более	0,001	0,001	0,001	-
бензола, % (об.), не более	-	-	-	5,0
МТБЭ, % (мас), не более	-	-	-	12
Примечание. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке выдерживают; водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода отсутствуют.				

Таблица 2.10. Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов по ГОСТ Р-51105-97

Показатели	Нормаль-80	Регуляр-91	Премиум-95	Супер-98	Метод испытания
Октановое число, не менее: моторный метод	76,0	82,5	85,0	88,0	По ГОСТ 51-82 или ASTM D 2700, ИСО 5163-90
исследовательский метод	80,0	91,0	95,0	98,0	По ГОСТ 8226-82 или ASTM D 2699-94, ИСО 5164-90
Содержание:					
свинца, г/дм ³ , не более	0,010	0,010	0,010	0,010	По ГОСТ 28828-90 или ASTM D 3237-90, EN 237
марганца, мг/дм ³ , не более	50	18	-	-	По п. 7.2 ГОСТ Р 51105-97 или ASTM D3831-94
фактических смол, мг/100 см ³ , не более	5,0	5,0	5,0	5,0	По ГОСТ 1567-83 или ASTM D 381-94, EN5
Индукционный период бензина, мин, не менее	360	360	360	360	По ГОСТ 4039-88 или ASTM D 525-95, ИСО 7536-94
Содержание серы, % (мас), не более	0,05	0,05	0,05	0,05	По ГОСТ Р 5044-92 или ASTM D1266-91, ASTM D 2622-94, ASTM D 4294-90,
Объемная доля бензина,	5	5	5	5	По ГОСТ 29040-90 или ASTM

%, не более					D 44220-94, ASTM D 3606-92, ASTM 4053-91, EN 238
Плотность при 15 °С, кг/м ³	700-750	725-780	725-780	725-780	По ГОСТ Р 51069-97 или ASTM D 1298-90 ASTM D 4052-91, ИСО 3675-93, ИСО 3838-83
Примечания: 1. Содержание марганца определяют только для бензинов с марганцевым антидетонатором (МЦТМ). 2. Автомобильные бензины, предназначенные для длительного хранения (5 лет) в Госрезерве и Министерстве обороны, должны иметь индукционный период не менее 1200 мин.					

Таблица 2.11. Характеристики испаряемости автомобильных бензинов всех марок

Показатели	Класс					Метод испытания
	1	2	3	4	5	
Давление насыщенных паров бензина, кПа	35-70	45-80	55-90	60-95	80-100	По ГОСТ 1756-52 или ГОСТ 28781-90, ASTM D 23-94, ASTM D 4953-93, EN 12
Фракционный состав: температура начала перегонки, °С, не ниже	35	35	Не нормируется			По ГОСТ 2177-82 или ASTM D 86-95, ИСО 3405-88
перегоняется при температуре, °С, не выше:						
10%	75	70	65	60	55	
50%	120	115	110	105	100	
90%	190	185	180	170	160	
температура конца кипения, °С, не выше	215	215	215	215	215	
Остаток в колбе, % (об.), не более	2	2	2	2	2	
Остаток и потери, %, не более	4	4	4	4	4	
Доля испарившегося бензина, % (об.), при температуре:						По ГОСТ 2177-82 или ASTM D 86-95, ИСО 3405-88
70 °С	10-45	15-45	15-47	15-50	15-50	
100 °С,	35-65	40-70	40-70	40-70	40-70	
180 °С, не менее	85	85	85	85	85	
Индекс испаряемости, не более	900	1000	I 100	1200	1300	По п. 7.4 EN 228
Примечание:						
Классы климатических зон:						
1-й класс-с 01.04 по 01.10			(зима от -4 до 0 °С)			
2-й класс-с 01.04 по 01.10			(зима от -30 до -8 °С)			
3-й класс - с 01.04 по 01.10			(зима от -50 до -15 °С)			
И с 01.10по01.04			(зима 1-го класса)			
4-й класс - с 01.10 по 01.04			(зима 2-го класса)			
5-й класс - с 01.10 по 01.04			(зима 3-го класса)			
Указаны зимние среднемесячные температуры для Одессы, Москвы, Якутска и Салехарда.						

Давление насыщенных паров (ДНП). Оно определяет пусковые характеристики двигателя и возможность образования паровых пробок в топливоподающей системе. Определяют ДНП легкие фракции бензина. Нормы на ДНП таковы:

- для автомобильных бензинов всех марок по ГОСТ 2084-77: для летнего - не более 67 кПа, для зимнего - от 67 до 93 кПа;
- для экспортных бензинов - 80 кПа;
- для бензинов по новому российскому ГОСТу Р-51105-97 в зависимости от климатических зон (1-5 классы) установлены разные нормы ДНП (в кПа):

Для 1-го класса.....	35-70
Для 2-го класса.....	45-80
Для 3-го класса.....	55-90
Для 4-го класса.....	60-95
Для 5-го класса.....	80-100

Доля испарившегося бензина (И) нормируется только по ГОСТ Р-51105-97 и составляет: при 70 °С - от 10-45% (мас.) (1-й кл.) до 15-50 % (мас.) (5-й кл.) при 100 °С - от 35-65 % (мас.) (1-й кл.) до 40-70 % (мас.) (5-й кл.) при 180 °С - не менее 85 % (мас.) для всех классов.

Эта величина наряду с фракционным составом и ДНП регламентирует долю паровой фазы бензина при определенных температурах.

Индекс испаряемости является результирующей расчетной величиной. Он определяется как 10-кратное значение ДНП плюс 7-кратное значение испаряемости бензина при 70 °С, т.е. I_{70} :

$I_{70} = 10 \text{ ДНП} + 7 I_{70}$.

Нормы по индексу испаряемости для 1-5 классов, не более:

900, 1000, 1100, 1200 и 1300.

Содержание смол. Смолы в бензине - это продукты окисления углеводородов и полимеризации олефинов. Они являются причиной нагарообразования в цилиндрах двигателя и на клапанах. Поскольку источник образования смол - окисление и полимеризация, то чем дольше контакт бензина с воздухом, тем больше вероятность образования смол. Поэтому сроки хранения бензинов ограничиваются до 1-2,5 года в резервуарах и до 3-6 месяцев в баках автомобилей. Отсюда и двойная норма для автобензинов на месте производства - более 5 мг/100 мл бензина, а у потребителя - не более 10 мг/100 мл бензина.

Для подавления смолообразования вводят присадки - ДСА или ФЧ-16.

Содержание серы. В автомобильных бензинах по ГОСТ 2084-77 ее количество нормируется не более 0,1 % (мас), а в экспортных бензинах и российских по ГОСТ Р-51105-97 - более 0,05 % (мас).

Присутствие серы в бензинах вызывает коррозию деталей двигателя, а главное - способствует загрязнению окружающей среды продуктами сгорания серы.

Кислотность определяет коррозионные свойства бензина в жидкой фазе (особенно в присутствии даже следов воды). Измеряется она в мг КОН, пошедших на нейтрализацию кислот (100 мл). Норма для автобензинов - не более 0,8-3 мг КОН/100 мл бензина.

Вопросы и задания

1. Фракционный состав автомобильных бензинов.
2. Нормируемые показатели автомобильных бензинов по ГОСТ 2084-77.
3. Нормируемые показатели автомобильных экспортных бензинов и АИ-98.
4. Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов по ГОСТ Р-51105-97.
5. Характеристики испаряемости автомобильных бензинов всех марок.
6. Нормы ДНП автомобильных бензинов.
7. Регламентирование доли паровой фазы автомобильных бензинов.
8. Регламентирование содержания смол в автомобильных бензинах.
9. Регламентирование содержания серы в автомобильных бензинах.
10. Регламентирование кислотности автомобильных бензинов.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Капустин, В. М. Технология производства автомобильных бензинов / В. М. Капустин. – М. : Химия, 2015. – 256 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 253-254. – ISBN 978-5-98109-106-3.

3. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.

Практическое занятие № 4. Авиационные бензины.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество авиационных бензинов;

Умения: объективно оценивать степень пригодности авиационных бензинов;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Авиационные бензины несколько отличаются от автомобильных тем, что эксплуатируются на высоте при низких температурах и должны обеспечивать максимальную мощность двигателя.

Таблица 2.12. Характеристики авиационных бензинов

Показатели	Б-95/130 ГОСТ 1012-72	Б-91/1 15 ГОСТ 1012-72	Б-92 ТУ 38, 401- 58-47-92	Б-70 ТУ-38, 101913-82
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг бензина, не более	3,1	2,5	2,0	-
Детонационная стойкость: октановое число по моторному методу, не менее	95	91	91,5	70
сортность на богатой смеси, не менее	130	115	—	—
Удельная теплота сгорания, кДж/кг (ккал/кг), не менее	42947 (10250)	42947 (10250)	4273 (1020)	-
Фракционный состав: температура начала перегонки, °С, не ниже перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10%	40	40	40	40
50 %	82	82	82	88
90 %	105	105	105	105
97,5 %	145	145	145	145
остаток, %, не более	180	180	180	180
	1,5	1,5	1,5	1,5
Давление насыщенных паров, Па	33325- 45422	29326- 47988	29326-47988	47988
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	0,3	0,3	1,0	1,0
Температура начала кристаллизации, °С, не выше:	-60	-60	-60	-60
Йодное число, г иода/100 г бензина, не более	6,0	2,0	2,0	2,0
Содержание: ароматических углеводородов, % (мас), не более	35	35	Не нормируемся. Определение обязательно	12-20
фактических смол, мг/100 см ³ бензина, не более	4,0	3,0	3,0	2,0
серы, % (мас), не более	0,03	0,03	0,05	0,05
параоксидифениламина, % (мас.)	0,002- 0,005	0,002- 0,005	--	--
Период стабильности, ч, не менее	12	12	8	

Цвет	Желтый	Зеленый	Зеленый	Бесцветный
Примечания: 1. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке выдерживают водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода - отсутствие; прозрачность, плотность при 20 °С не нормируется, определение ее обязательно. 2. Для авиационного бензина марки В-91-115. получаемого на основе компонента каталитического крекинга, устанавливаются: а) йодное число – 100 г йода/100 г бензина; б) содержание фактических смол - не более 4 мг/100 см³ бензина. 3. Для авиационных бензинов марок Б-95/130 и 13-91/115. выработанных из бакинских нефтей, допускается содержание п-оксидифениламина 0,004-0,010 % (мас), а на базе бензинов каталитического крекинга - не менее 0,004 % (мас). 4. С 1 мая по 1 октября нижний предел давления насыщенных паров авиационных бензинов не служит браковочным признаком, за исключением отгружаемых на длительное хранение. 5. Для авиационных бензинов, сдаваемых после длительного хранения (более 5 лет), допускаются отклонения при определении фракционного состава по ГОСТ 2177-82 для температуры перегонки: 10 и 50 % - на 2 °С; 90 % - на 1 °С. Этилированные авиационные бензины после длительного хранения допускается сдавать с периодом стабильности не менее 2 ч. 6. Норма по удельной теплоте сгорания для бензинов с добавлением базового компонента крекинга должна быть не менее 43157 кДж/кг (10300 ккал/кг). 7. По согласованию с потребителями допускается изготавливать авиационные бензины с нормой по показателю "период стабильности" не менее 8 ч.				

Если сравнить их фракционный состав, то видно, что по началу кипения авиационные бензины несколько тяжелее, а по конечным точкам - наоборот (табл. 2.12). Соответственно, значительно ниже у них норма и по давлению насыщенных паров (ДНП) - от 29 до 47 кПа.

Но есть показатели, нормируемые специально для авиабензинов.

Удельная теплота сгорания. Это показатель энергоемкости топлива, имеющий особо важное значение для авиационных бензинов, где мощностные характеристики топлива играют большую роль. Поэтому норма устанавливается только для авиационных бензинов и составляет не менее 42947 кДж/кг (10250 ккал/кг).

Температура начала кристаллизации. Это низкотемпературная характеристика бензина, указывающая на то, при какой минимальной температуре в топливе не выпадают кристаллы, могущие забить фильтры.

Поскольку очень низкие температуры встречаются только в авиации, то и норма введена только для авиационных бензинов: температура начала кристаллизации - не выше минус 60 °С.

Йодное число нормируется потому, что в составе авиационного бензина ограничивается количество образующихся в процессе термодеструкции бензина. Норма установлена не более 2 г йода на 100 г бензина (кроме марки Б-95/130, для которой эта величина установлена не более 6 г йода на 100 г бензина).

Массовая доля ароматических углеводородов для авиабензинов регламентируется потому, что превышение нормы по ароматике снижает теплоту сгорания.

Вопросы и задания

1. Характеристики авиационных бензинов.
2. Показатели, нормируемые специально для авиабензинов.
3. Регламентирование удельной теплоты сгорания авиационных бензинов.
4. Регламентирование температуры начала кристаллизации авиационных бензинов.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.

2. Капустин, В. М. Технология производства автомобильных бензинов / В. М. Капустин. – М. : Химия, 2015. – 256 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 253-254. – ISBN 978-5-98109-106-3.

Практическое занятие № 5. Перспективы получения высокооктановых бензинов.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать требования предъявляемые к высокооктановым бензинам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности высокооктановых бензинов и рекомендовать технологические варианты их производства в соответствии с нормативными требованиями;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Практически значимой проблемой является оптимизация ОЧ по фракциям. В качестве примера на рис. 2.3 показана кривая октановых чисел отдельных фракций бензина в чистом виде (кривая 1). При среднем ОЧ = 90 низкокипящие фракции имеют ОЧ ниже (84-88), а высококипящие - выше. Это важно, потому что при нажатии педали газа автомобиля впрыскивается увеличенная порция бензина (самый опасный по детонации режим "богатой" смеси) и в первый момент преимущественно испаряются легкие фракции (самые низкооктановые), поэтому начинает сильно детонировать.

Если к такому бензину добавить компонент с высоким ОЧ, кипящий в пределах 50-100 °С, то можно добиться некоторого спрямления этой кривой (кривая 2 на рис. 2.3). Это можно сделать, если добавить смесь двух эфиров - МТБЭ и МТАЭ; к.п.д. использования бензина при этом возрастет.

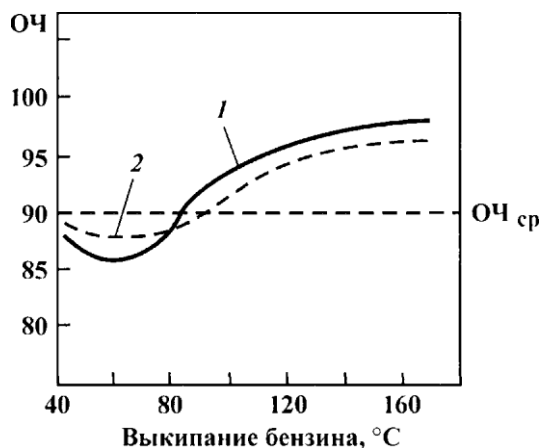


Рис. 2.3. Распределение октановых чисел по фракциям бензина каталитического риформинга в чистом виде (1) и после добавления смеси МТБЭ и МТАЭ в соотношении 1 : 1 в количестве 11 % (2)

Использование ТЭС в бензинах приводит к отравлению окружающей среды соединениями свинца (в виде аэрозоля).

Однако "живучесть" ТЭС объясняется следующими причинами:

- стоимость его в 50-100 раз ниже углеводородной высокооктановой добавки (например, АрУ) той же эффективности;
- снижение ОЧ на 1 пункт влечет перерасход бензина на 1,3 % (в частности, перевод ГАЗ-24 с Аи-93 на А-76 ведет к перерасходу бензина на 10%);
- уменьшение степени сжатия на 1 единицу ведет к росту расхода бензина на 7,5 %.

В России доля неэтилированных бензинов составляет в настоящее время 50 %, а в США - 95 % и это показывает, что страна располагает огромными ресурсами высокооктановых добавок. Глобальное решение задачи в перспективе - полное исключение ТЭС за счет:

- ввода углеводородных высокооктановых добавок;
- широкого использования сжатых и сжиженных газов;
- применения альтернативных топлив.

К высокооктановым компонентам относят ароматические углеводороды, алкилбензин, эфиры и спирты.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Крупнотоннажное производство ароматических углеводородов (АрУ) налажено, но объем их выпуска несоизмеримо мал по сравнению с выпуском бензинов и стоимость их высока.

Октановые числа АрУ - самые высокие, но при большом содержании АрУ в бензине растут его нагарообразующие свойства и уменьшается низшая теплота сгорания (так как АрУ имеют низкое соотношение Н:С). Растет токсичность выхлопных газов двигателя (повышается содержание в них оксидов СО, NO, а также несгоревших углеводородов). Поэтому простое увеличение содержания АрУ в бензине - дело неперспективное и их общее количество должно быть около 25-30 %. В качестве иллюстрации приведем структуру бензинов России и США (в %):

	Россия	США
Бензин каталитического крекинга	12	43
Бензин каталитического риформинга	72	22
Бензин прямой перегонки	3	24
Содержание АрУ (в среднем)	45	28

Из этих данных следует, что в бензинах России преобладают ароматизированные компоненты. Все дело здесь в том, что дефицит бензина каталитического крекинга вынуждает Россию компенсировать его бензином риформинга.

АЛКИЛБЕНЗИН

Алкилбензин - это продукт синтеза изобутана с бутиленами - представляет собой концентрат углеводородов (изосоединений) C_8H_{18} и C_7H_{16} . В настоящее время алкилбензин является самым массовым высокооктановым компонентом автомобильных и авиационных бензинов (ОЧм = 90-93). Кроме бутиленов, в производство алкилбензина вовлекаются также пропилен, а в последнее время и амилены.

На базе бутиленов и частично (до 20 %) пропилен в разных странах вырабатывается следующее количество алкилбензина (в млн т/год):

США.....	43,6
Западная Европа.....	4,0
Канада.....	3,2
Россия.....	0,6

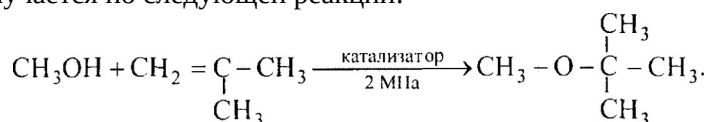
Приведенные данные свидетельствуют о существенном отрыве США от всех стран по мощности более чем в 10 раз, а от России - почти в 70 раз. Это объясняется отсутствием ресурсов бутан-бутиленовой фракции от процесса каталитического крекинга из-за его слабой развитости в России. В России он составляет 5,5 % от мощности всей переработки нефти (в США - 32 %). К тому же у нас отстала техника и технология самого процесса алкилирования, поэтому имеющееся сырье используется не полностью и даже сжигается.

Алкилбензин на базе амиленов производится пока мало (в США - всего около 1 млн т/год), хотя это очень перспективный продукт. Его основные преимущества: давление насыщенных паров (ДНП) составляет всего 20 кПа, ОЧср - около 90, выход алкилата - около 2 м³/м³ олефина.

При совмещении алкилирования с получением МТАЭ (когда изоамилен вовлекается в производство МТАЭ) алкилируют нормальные амилены и алкилат получается с ОЧ ниже на 0,5 пункта.

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ

Это один из самых высокооктановых компонентов, представляющий собой продукт синтеза метанола с изоолефинами C_3 , C_4 , C_5 . Например, наиболее известный метил-трет-бутиловый эфир получается по следующей реакции:



Основные структурные формулы эфиров и их свойства приведены в табл. 2.15.

Сложные эфиры все больше используются как компоненты бензинов, так как они позволяют:

- понизить точку выкипания 50 % (об.) бензина и улучшить его испаряемость на переходных режимах;
- повысить ОЧ смеси без добавки ТЭС;
- сократить содержание СО в выхлопных газах за счет более полного сгорания ТВС благодаря наличию химически связанного кислорода в эфире -примерно 16-18 % (мас.) от молекулярной массы.

Производство сложных эфиров в мире приведено в табл. 2.16.

Таблица 2.15. Свойства некоторых сложных эфиров

Эфир	Формула	ОЧ _и	ОЧ _м	ОЧ _{ср}	Температура кипения
МТБЭ	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	118	110	109	55
ЭТБЭ	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	118	102	110	70
МТАЭ	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	111	98	104,5	87
ДИПЭ	$\begin{array}{cc} \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \\ & \\ \text{CH}_3 - \text{O} - & \text{CH} \\ & \\ \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \end{array}$	110	99	104,5	69

Таблица 2.16. Производство сложных эфиров в мире

Страны	Производство, млн т/год		
	МТБЭ	МТАЭ	ЭТЭБ
США	12	0,9	0,3
Остальные страны	11	-	-
в том числе Россия	0,5	-	-

Несмотря на то что МТБЭ - самый легкокипящий из эфиров, он остается самым распространенным. При смешении его с бензином - около 11 % (мас.) -ДНП смеси будет около 60-70 кПа, а если смешать ЭТБЭ и МТАЭ в соотношении 1:1 в том же количестве, то ДНП понизится до 20-30 кПа, что очень важно для бензина.

Но у эфиров есть и недостатки:

- низкая теплота сгорания (35-37 МДж/кг) по сравнению с бензинами (42-43 МДж/кг), т.е. при добавлении их к бензинам снижается энергетический потенциал последних;
- высокая теплота испарения (320-350 кДж/кг) по сравнению с бензинами (180 кДж/кг); это приводит к тому, что на их испарение тратится очень много тепла, что отрицательно сказывается на работе ДВС.

Эфиры добавляют к бензинам в количестве около 10-12 %, причем не один МТБЭ (он имеет относительно низкую температуру кипения и повышенное давление насыщенных паров), а в смеси с МТАЭ (1:1). В этом случае улучшается кривая ОЧ_{ср} по легким фракциям.

СПИРТЫ

Спирты могут служить альтернативными топливами и добавками к бензинам. Их некоторые свойства приведены в табл. 2.17.

По таким показателям, как теплота сгорания и испарения, спирты уступают даже эфирам. Кроме того, они неограниченно растворимы в воде (т.е. гигроскопичны). Тем не менее благодаря их низкой себестоимости они могут найти самое широкое применение. Так, в Бразилии в 80-х годах производство этанола из тростника составляло около 3 млн т/год и его стоимость была около 0,4 долл./л (для сравнения: бензин стоил 0,76 долл./л). В стране в этот период примерно 10 % всех автомобилей работало на чистом этаноле.

Таблица 2.17. Свойства спиртов и бензина

Показатели	Метанол	Этанол	Изопропанол	Бензин
Относительная плотность	0,796	0,794	0,789	0,770
Температура кипения, °С	65	78	82	30-180
Теплота сгорания, МДж/кг	20	27,7	30,4	42,7
Теплота испарения, кДж/кг	1156	913	741	180
ОЧи/ОЧм	1 14/95	111/94	106/99	98/88
Растворимость в воде, %	Не ограничена			0,02

Годовая выработка спиртов по всем странам неизвестна; в США она составляет (млн т/год):

Метанол.....6,8
 Этанол.....4,5
 Изопропанол.....0,5

Чаще всего к бензинам добавляют метанол и этанол в количестве до 20 % (мас.) и такая смесь называется "газохол". Однако расход его на 15-20 % выше, чем чистого бензина, и в этом состоит недостаток такой смеси.

Подытоживая проблему выработки высокооктановых бензинов, можно привести данные фирмы "ПЕЙС" (США), которая провела сопоставление различных путей получения таких бензинов. Результаты этого сопоставления таковы:

- развитие и совершенствование процессов получения базовых компонентов бензинов позволит повысить ОЧ суммы неэтилированных бензинов, в частности:
- развитие и совершенствование каталитического риформинга за счет новых катализаторов, реакторов и схем - на 4,0 пункта;
- развитие и совершенствование каталитического крекинга за счет новых катализаторов - на 1,5 пункта;
- введение эфиров и спиртов в бензины (в объемах прогнозных количеств спиртов) обеспечит рост ОЧ суммы неэтилированных бензинов на 0,8-1,0 пункт.

Таким образом, самый перспективный путь - это развитие и совершенствование процессов риформинга и крекинга; в рамках углубления переработки нефти реализуется именно этот путь.

Вопросы и задания

1. Основная проблема бензиновой фракции при производстве высокооктановых бензинов.
2. Использование в производстве высокооктанового бензина ароматических углеводородов.
3. Использование в производстве высокооктанового бензина алкилбензина.
4. Использование в производстве высокооктанового бензина сложных эфиров.
5. Недостатки эфиров.
6. Использование в производстве высокооктанового бензина спиртов.
7. Сопоставление различных путей получения высокооктановых бензинов.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Капустин, В. М. Технология производства автомобильных бензинов / В. М. Капустин. –

М. : Химия, 2015. – 256 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 253-254. – ISBN 978-5-98109-106-3.

3. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.

Практическое занятие № 6.
Основные требования к физико-химическим свойствам реактивных топлив.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к реактивным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности реактивных топлив;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

В табл. 2.19 приведены нормы на показатели качества всех марок реактивных топлив.

Рассмотрим основные физико-химические свойства реактивных топлив и определим, какое значение они имеют для работы двигателей самолетов.

Фракционный состав определяется в основном нормами на плотность, вязкость и температуру начала кристаллизации. Но в стандартах указаны предельные значения температур кипения (см. табл. 2.19).

Американское топливо JP-4 имеет пределы кипения 120-250 °С. В зависимости от конкретной нефти состав подбирается таким, чтобы были в норме плотность, вязкость и температура начала кристаллизации.

Таблица 2.19. Характеристики реактивных топлив

Показатели	ТС-1	Т-1	Т-1С	Т-2	РТ	Т-6	Т-8В
Плотность, 20 °С, кг/м ³ , не менее	780	800	810	755	775	840	800
Фракционный состав: температура начала перегонки, °С:							
не ниже	-	-	-	60	165	195	165
не выше	150	150	150	-	155	-	-
перегоняется при температуре, °С, не выше:							
10 %	165	175	175	145	175	220	185
50 %	195	225	225	195	225	255	Не нормируется
90 %	230	270	270	250	270	290	
98 %	250	280	280	280	280	315	280
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:							
20 °С, не менее	1,30	1,50	1,50	1,05	1,25	<4,5	>1,5
-40 °С, не более	8	16	16	6	16	60	
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120	42900	42900	43100	43120	42900	42900
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	25	20	20	25	25	20	20
Кислотность, мг КОН/100 см ³ топлива	<0,7	<0,7	0,7	<0,7	0,2-0,7	0,4-0,7	0,4-0,7
Йодное число, г I ₂ /100 г топлива, не более	2,5	2,0	2,0	3,5	0,5	0,8	0,9
Температура, °С:							
вспышки в закрытом тигле, не ниже	28	30	30	—	28	62	45

начала кристаллизации, не выше	-60	-60	-60	-60	-55	-60	-50
Термоокислительная стабильность в статических условиях при 150 °С не более:							
содержание осадка, г 100 см ³ топлива	18	35	6	18	6	6	6
содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более		6	6	5	4	4	4
Содержание, % (мас), не более:							
ароматических углеводородов	22	20	20	22	22	10	22
общей серы	0,20	0,10	0,10	0,25	0,10	0,05	0,10
меркаптановой серы	0,003	—	0,001	0,005	0,001	Отсутствует	0,001
нафталиновых углеводородов	-	-	-		1,5	0,5	2,0
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Люминометрическое число, не ниже	-	-	-	-	50	45	50
Термоокислительная стабильность динамическим методом при 150-180 °С:							
перепад давления на фильтре за 5 ч, кПа, не выше					10	10	10
отложения на подогревателе, баллы, не более					2	1	1
Удельная электрическая проводимость, пСм/м:							
при температуре заправки техники, не менее	50			50	50		50
при 20 °С, не более	600	-	-	600	600	-	600
Давление насыщенных паров, кПа, не более				133			

Примечания:

1. Для всех топлив: сероводород, водорастворимые кислоты и щелочи, мыла нафтенных кислот, механические примеси и вода - отсутствие; испытание на медной пластинке при 100 °С в течение 4 ч - выдерживают.
2. Удельная электрическая проводимость нормируется только для топлив, содержащих антистатическую присадку "Сигбол".
3. Топлива ТС-1 высшего и первого сорта, Т-2 и РТ, предназначенные для применения во всех климатических зонах, за исключением района I₁ (по ГОСТ 16350-80), допускается вырабатывать с температурой начала кристаллизации не выше - 50 °С. Допускается применять в климатическом районе I₁ (ГОСТ 16350-80) топлива ТС-1 и РТ с температурой начала кристаллизации не выше - 50 °С при температуре воздуха у земли не ниже -30 °С в течение 24 ч до вылета. Топливо для применения в климатическом районе I₁ с температурой начала кристаллизации не выше - 55 °С (РТ) и - 60 °С (ТС-1) вырабатывают по требованию потребителей.
4. Топливо Т-1С предназначено для специального потребления.
5. В топливе после длительного хранения (более 3 лет) допускается отклонение от норм: по кислотности - на 0,1 мгКОН/100 см³ топлива; по содержанию фактических смол - на 2 мг/100 см³ топлива; по количеству осадка при определении термоокислительной стабильности в статических условиях - на 2 мг/100 см³ топлива.

Вязкость, иначе называемая "противоизносное свойство", определяет распыляемость топлива, его прокачиваемость в топливной системе и износ плунжеров насоса.

Чем меньше вязкость, тем лучше топливо распыляется и выше дисперсность микрокапель. Прокачиваемость также улучшается с уменьшением вязкости.

А вот износ насоса зависит от вязкости сложнее: при увеличении вязкости смазка насоса улучшается, и износ уменьшается, но до определенных пределов - когда вязкость увеличивается так сильно, что затрудняется прокачиваемость и растут затраты энергии на привод насоса.

Поэтому при больших значениях вязкости существует верхнее ограничение по вязкости, а при малых - нижнее. Исходя из этого, нормы на кинематическую вязкость таковы, что при 20 °С для всех топлив, кроме Т-6, действует нижнее ограничение (норма "не менее"), а во всех остальных случаях действует верхнее ограничение (норма "не более").

Температура начала кристаллизации, иначе называемая "низкотемпературное свойство", является для авиационных топлив очень важной эксплуатационной характеристикой, поскольку температура в верхних слоях атмосферы порядка минус 50 °С и в случае образования кристаллов в топливе нарушится прокачиваемость топлива, начнут забиваться фильтры тонкой очистки топлива, и двигатель остановится (что чревато самыми тяжелыми последствиями).

Поэтому для всех марок топлив эта температура начала кристаллизации нормируется "не выше минус 60 °С" (кроме топлив РТ и Т-8В, для которых эта норма - "не выше минус 55 °С" и "не выше минус 50 °С").

Кстати, этот показатель для топлива JP-5 равен всего минус 46 °С, что свидетельствует о том, что наши нормы сильно занижены и тут существует определенный резерв ресурсов реактивных топлив.

Нагарообразующие свойства. Они определяются такими показателями, как содержание смол и ароматических углеводородов и высота некоптящего пламени.

Нагар может образовываться у устья форсунок и на стенках камер сгорания.

При образовании нагара у устья форсунок искажается форма факела горения топлива, вместо соосного с камерой факел становится направленным под углом и "бьет" в стенку камеры. Это может привести к местному пережогу стенки и, как следствие, к пожару в двигателе.

При отложении нагара непосредственно на стенках камеры сгорания растет термическое сопротивление стенок, что также приводит к перегреву стенок, их прогару и также к пожару.

Наиболее нагарообразующим компонентом являются смолы (фактические). Их нормы различны и составляют (в мг/100 мл, не более):

ТС-1	3	Т-6.....	4
Т-1	6	Т-8В	4
РТ	4		

Ароматические углеводороды также относятся к нагарообразующим компонентам, поскольку у них самое низкое отношение Н:С (обедненность водородом), вследствие чего при горении они дают сильно светящееся пламя, усиливающее лучистый теплообмен; все это ведет к отложению нагара и прогару камер сгорания. Особо вредны бициклические ароматические соединения, так как их нагарообразующие свойства значительно сильнее, чем у моноциклических ароматических углеводородов.

Соответственно, нормы содержания ароматических углеводородов для топлив (в %, не более):

ТС-1, Т-2, РТ.....	22
Т-6.....	10

Содержание бициклических ароматических соединений нормируется значением люминометрического числа, т.е. светимостью пламени:

ТС-6.....	не ниже 45
РТ, Т-8В.....	не ниже 50

Наиболее характерный показатель нагарообразующих свойств -это высота некоптящего пламени (определяется в лабораторной фитильной лампе по высоте пламени без копоти). Чем выше высота некоптящего пламени (ВНП), тем меньше нагар.

На рис. 2.4 показано, что при увеличении ВНП от 15 до 30 мм нагар уменьшается от 10 до 1 гр.

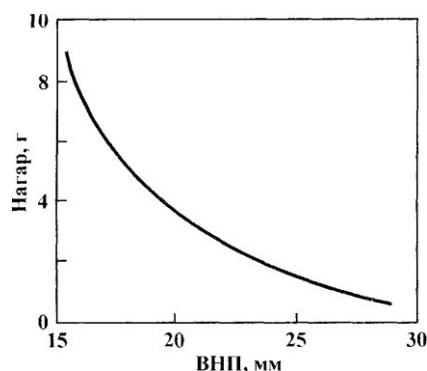


Рис. 2.4. Зависимость нагара от высоты некоптящего пламени (ВНП)

Характеристики горения топлива, в том числе данные по нагару, приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20. Характеристики горения топлива

Показатели	Изооктан	Циклогексан	Ал килциклогексан	Т-1	Толуол	Бензол	Метил-нефталин
Длина факела при $\alpha = 4$, %	100	104	-	1 14	120	144	
Нагарообразование относительно Т-1, %	12	-	30	100	475	640	1020
Нагар, гр.	0,45	-	0,92	3,8	18	24,4	48,2
Отношение С:Н (по массе)	5,33	6,0	5,58	6,22	10,5	12,0	13,2

Нормы на ВНП (в мм, не менее):

ТС-1, РТ.....25
Т-1, Т-6, Т-8В.....20

Содержание серы косвенно характеризует нагарообразующие свойства, но в основном сера вредна из-за коррозии. Поэтому нормы на содержание серы минимальны и составляют (в %, не более):

ТС-1.....0,2
Т-1, РТ и Т-8В.....0,1
Т-6.....0,05

Термостабильность характеризует топливо по его склонности к образованию смолистых веществ при контакте с воздухом при высокой температуре. При скорости самолета, в 2-5 раз превышающей скорость звука, топливные баки самолета разогреваются до 150-200 °С, а отсюда - образование смол в топливе и, как следствие - отложение нагара при горении. Мерой термостабильности в статистических условиях является количество смол (в мг), образовавшихся в 100 мл топлива при 150 °С и контакте с воздухом в течение 4 или 5 часов. Определяют для образцов топлива по 50 мл в металлических сосудах с крышками, помещенных в термостат, нагретый до 150 °С, и выдерживаемых в течение указанного выше времени.

Нормы по термостабильности (в мг/100 мл, не более):

ТС-1.....18
Т-6, РТ.....6

Для топлив, предназначенных к использованию в сверхзвуковой авиации, помимо термостабильности в статистических условиях определяется термоокислительная стабильность динамическим методом. В этих испытаниях топливо, нагретое до 150-180 °С, прокачивается через специальный фильтр в течение 5 ч. Нормируется перепад давления на фильтре (не выше 10 кПа) и отложения на подогревателе не более 1-2 баллов.

Энергетические свойства характеризуются низшей теплотой сгорания, плотностью и содержанием ароматических углеводородов.

Массовая теплота сгорания топлива должна быть максимальной и для нее установлены нормы (в МДж/кг, не менее):

ТС-1, РТ.....43,12
Т-6, Т-8В.....42,9

Но не менее важна и объемная теплота сгорания, т.е. количество тепла, выделяющегося при сгорании 1 литра топлива (МДж/л), поскольку в самолете объемы баков ограничены и важно, сколько энергии даст единица объема топлива.

Объемная теплота сгорания равна массовой теплоте, умноженной на плотность топлива, поэтому чем выше плотность топлива, тем больше объемная теплота сгорания. Плотность же топлива тем выше, чем больше в топливе содержится нафтеновых и ароматических углеводородов.

Ароматические углеводороды имеют наибольшую плотность и поэтому наиболее выгодны с точки зрения объемной теплоты сгорания. Но, с другой стороны, они имеют наименьшее отношение Н:С и наименьшую массовую теплоту сгорания, а также дают нагар при горении.

Исходя из сказанного, подбирается оптимальный состав топлива, который бы обеспечивал его максимальные энергетические свойства.

Этот оптимальный состав складывается из нафтенов (60-80 %), изоалканов (15-30 %) и ароматических углеводородов (5-10 %).

Таблица 2.21 Энергетические характеристики некоторых углеводородов и топлив

Углеводороды и топлива	Плотность, кг/м ³	Теплота сгорания		Температура, °С	
		массовая, МДж/кг	объемная, МДж/л	кристаллизации	кипения
н-Тетрадекан	763	43,57	33,62	+6	254
Тетрациклононан	991	42,7	42,37	-51	469
Трициклодекан	922	43,11	39,76	+ 10	444
Смесь моноциклических АрУ	910	41,57	37,71	-69	200-242
Смесь бициклических АрУ	963	39,34	37,98	-37	240-280
Топливо ТС-1	776	42,9	33,5	-60	140-240
Топливо РТ	800	43,19	34,5	-60	140-280
Топливо Т-6	850	42,9	36,47	-60	120-250
Топлива США:					
JP-4	770	42,7	32,9	-53	120-250
JP-5	830	41,94	34,31	-46	-
JP-9	940	42,11	39,6	-54	-
JP-10	940	42,11	39,58	-79	-
Ракетные топлива:					
RJ-4	940	41,47	38,58	-50	-
RJ-5	1080	41,7	44,9	-18	-
RJ-6	1020	41,76	42,58	-	-

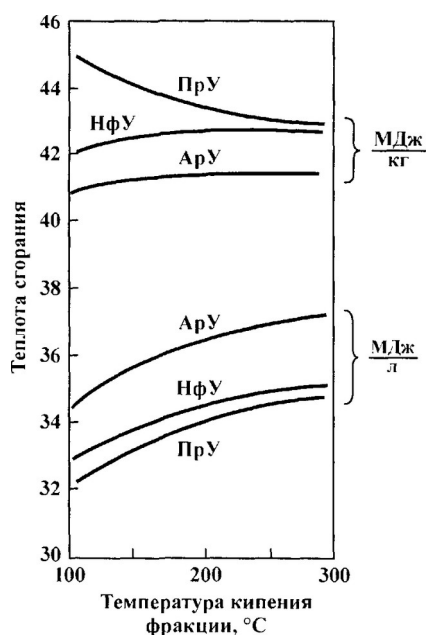


Рис. 2.5. Зависимость массовой (МДж/кг) и объемной (МДж/л) теплот сгорания от температуры кипения фракций для парафиновых (ПрУ), нафтеновых (НфУ) и ароматических (АрУ) углеводородов

Видно, что для веществ с плотностью, близкой к единице (тетрациклононан, ракетные топлива), массовая и объемная теплоты сгорания близки, а для *n*-алканов (*n*-тетрадекан) их разница максимальна. У топлива Т-6 и у некоторых топлив США разница составляет 3-6 МДж/л, что вполне удовлетворяет требованиям авиации.

На рис. 2.5 показано изменение массовой и объемной теплоты сгорания различных групп углеводородов от их температуры кипения. Кривые располагаются почти зеркально. Из этого рисунка следует, что нафтеносодержащие углеводороды наиболее предпочтительны.

Присадки к топливам вводятся для улучшения некоторых свойств, не обеспечиваемых групповым составом и технологией получения топлива.

Обычно число присадок, вводимых в реактивные топлива, крайне ограничено -1-2 присадки:

- антиокислительные, улучшающие термостабильность топлива;
- противоизносные, улучшающие смазывающую способность топлива. Иногда (за рубежом) вводится антистатическая присадка.

Вопросы и задания

1. Основные физико-химические свойства реактивных топлив.
2. Регламентирование вязкости у реактивных топлив.
3. Регламентирование температуры начала кристаллизации у реактивных топлив.
4. Нагарообразующие свойства реактивных топлив.
5. Зависимость нагара от высоты не коптящего пламени.
6. Регламентирование содержания серы в реактивных топливах.
7. Термостабильность реактивных топлив.
8. Энергетические свойства реактивных топлив.
9. Зависимость массовой (МДж/кг) и объемной (МДж/л) теплот сгорания керосиновых фракций.
10. Присадки к реактивным топливам.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

Практическое занятие № 7.

Получение и перспективы производства реактивных топлив.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать требования предъявляемые к реактивным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности реактивных топлив и рекомендовать технологические варианты их производства в соответствии с нормативными требованиями;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Массовыми реактивными топливами в настоящее время практически являются топлива двух марок: ТС-1 (высшего и первого сортов), РТ (высшей категории качества).

Основное сырье для производства массовых реактивных топлив - средне-дистиллятная фракция нефти, выкипающая в температурном интервале 140— 280 °С.

Топливо ТС-1. В зависимости от качества перерабатываемой нефти (содержания меркаптанов и общей серы в дистиллятах) топливо получают либо прямой перегонкой, либо в смеси с гидроочищенным или демеркаптанизованным компонентом (смесевое топливо). Содержание гидроочищенного компонента в смеси не должно быть более 70 % во избежание значительного снижения противоизносных свойств. Гидроочистку используют, когда в керосиновых дистиллятах нефти содержание общей и меркаптановой серы не соответствует требованиям стандарта, демеркаптанизацию - когда содержание только меркаптановой серы не соответствует требованиям стандарта.

Топливо РТ получают, как правило, гидроочисткой прямогонных дистиллятов с пределами выкипания 135-280 °С. В качестве сырья для гидроочистки используют дистилляты, из которых нельзя получить топливо ТС-1 из-за повышенного сверх нормы содержания общей и меркаптановой серы.

Проблемы, связанные с топливами для реактивной авиации и ракет, в настоящее время заключаются в следующем:

- топлива можно получить не из всех нефтей, а только из специальных, которые обеспечивают нормируемые показатели качества;

- низкий потенциал топливных фракций в нефтях (10-12 %), что сильно уменьшает ресурсы топлива;

- жесткие нормы по таким показателям, как содержание А_{рУ}, температура начала кристаллизации, вязкость и фракционный состав, накладывают такие ограничения, что в итоге резко сокращаются ресурсы топлива.

Использование потенциала топлива РТ составляет сейчас 70-75 %, так как при увеличении этой доли не соблюдаются показатели качества дизельного топлива.

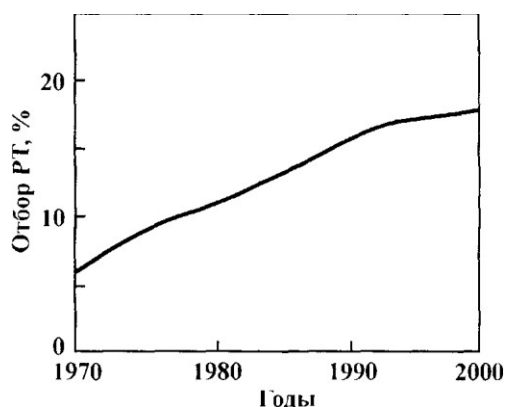


Рис. 2.6. Рост фактического отбора реактивных топлив по годам (по данным США)

На рис. 2.6 показан практический отбор топлива от нефти за 30 лет (по данным США). Из рисунка видно, что в ранние годы он был на уровне 6-7 %, а затем неуклонно рос, составив 17-18 % в 90-е годы XX века. Такой рост шел за счет совершенствования технологии и ослабления требований по нормам на некоторые показатели. С учетом тенденции снижения добычи легких нефтей, пригодных для получения топлив ТС-1 и РТ, возможны следующие варианты.

1. Повышение нормы на содержание Ару до 23-25 %. Тогда для получения РТ будут пригодны до 75 % всех нефтей. Но это потребует некоторых конструктивных изменений турбореактивного двигателя, так как при этом увеличивается возможность нагароотложений.

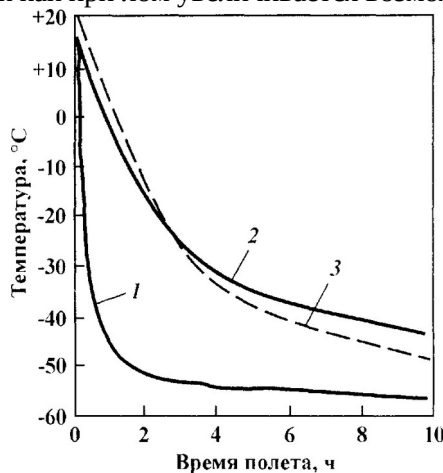


Рис. 2.7. Изменение температуры топлива в баках самолетов во время полета:

1 - температура окружающего воздуха; 2 - температура топлива в баках ИЛ-62; 3 - температура топлива в баках БОИНГ-747

2. Повышение нормы на температуру начала кристаллизации до значений "не выше минус 50 °C", а на некоторые марки топлива - до "не выше минус 40 °C", поскольку топливо в баках никогда не охлаждается до минус 50 °C. Это видно на примере двух лайнеров - ИЛ-62 и БОИНГ-747 (рис.2.7). Кривые изменения (снижения) температуры топлива в баках показывают, что у ИЛ-62 через 10 ч полета топливо в баках охлаждается до минус 43 °C, а в баках БОИНГ-747 - до минус 48 °C. В самолете ИЛ-86 топливо в баках охлаждается всего до минус 35 °C.

Топливо с температурой начала кристаллизации не выше минус 40 °C серийно вырабатывается в Англии.

Все это говорит о том, что по низкотемпературным свойствам у отечественных реактивных топлив есть большие резервы и за счет их можно увеличить ресурсы топлив.

3. Расширение фракционного состава как по началу, так и по концу кипения. Первым шагом в этом направлении в ближайшие годы стал бы переход на использование топлива Т-2 (100-280 °C). В дальнейшем повышение конца кипения до 340 или даже 350 °C позволило бы вообще снять проблему с ресурсами реактивных топлив, но для этого потребуется пересмотреть конструкции ТРД и самолета в целом, так как по-иному должна быть построена система топливоподготовки, топливоподогрева, сжигания топлива и др.

4. Применение сжиженного водорода в авиации. Попытки его использования как топлива в обычных авиадвигателях уже делались, но были прекращены из-за сложностей хранения водорода на самолете. В дальнейшем возможно возобновление работ по применению водорода, но уже в

новом качестве: как параллельного топлива для малых жидкостных ракетных двигателей - ЖРД (вместе с окислителем), которые могут выполнять роль разгонных двигателей или ускорителей.

Вопросы и задания

1. Основные, используемые в настоящее время реактивные топлива.
2. Проблемы, связанные с топливами для реактивной авиации и ракет.
3. Пути увеличения выработки реактивных топлив.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.

Практическое занятие № 8. Основные требования к физико-химическим свойствам дизельных топлив.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к дизельным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности дизельных топлив;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Рассмотрим основные физико-химические свойства дизельных топлив.

Фракционный состав в какой-то мере является функцией важнейших показателей качества - вязкости и температур застывания и вспышки. Но две точки этого состава все-таки нормируются - 50 % (об.) и 96 % (об.).

	л	з	л
50 % (об.) выкипаем при температуре, не выше	280	280	255
96 % (об.) выкипает при температуре, не выше	360	340	330

Первая определяет испаряемость на переходных режимах, а вторая - полноту испарения, т.е. дымность выхлопа.

В последние годы было введено ТУ на дизельное топливо расширенного фракционного состава (ДТ РФС). Для него были введены нормы: 50 % (об.) выкипает при температуре не выше 290 °С; при 360 °С выкипает не более 90 % (об.). Это было сделано для увеличения ресурсов топлив не в ущерб работы двигателей.

Фракционный состав определяет также смолистость топлива (особенно температуру конца кипения) и, как следствие, нагарообразующие свойства. Кроме того, он влияет также на испаряемость и поэтому чем быстрее двигатель, тем легче должен быть состав.

Испаряемость и воспламеняемость. Испаряемость определяется фракционным составом и качеством распыления, а от испаряемости зависит и воспламеняемость.

Мерой оценки воспламеняемости служит цетановое число. Для этого введена 100%-я шкала, в которой за нуль принята воспламеняемость α -метил нафталина ($C_{11}H_{10}$), а за 100 % - воспламеняемость н-гексадекана $C_{16}H_{34}$ (техническое название - цетан).

Таким образом, цетановым числом дизельного топлива называется содержание [в % (об.)] цетана в смеси с α -метилнафталином, при котором воспламеняемость смеси (по совпадению вспышек) идентична испытываемому дизельному топливу.

Экспериментально цетановое число определяется на стандартном двигателе ИТ-9-3 методом совпадения вспышек при переводе с испытываемого топлива на эталонную смесь.

Воспламеняемость тем лучше, чем богаче вещество водородом, т.е. чем больше отношение Н:С, поэтому ряд углеводородов по убыванию цетановых чисел будет таким:

н-алканы > изо-алканы > нафтенy > ароматические углеводороды: Для разных групп углеводородов значения ЦЧ различны:

Парафиновые	60-102
Олефиновые	50-90
Нафтенyвые	20-40
Ароматические	0-30

Существует много методов расчетного определения ЦЧ по формулам, полученным эмпирически, в зависимости от группового углеводородного состава, например:

$$\text{ЦЧ} = t_A - 15,5$$

или

$$\text{ЦЧ} = 0,85 \cdot \text{ПрУ} + 0,1 \cdot \text{НфУ} - 0,2 \cdot \text{АрУ},$$

где t_A - температура анилиновой точки; ПрУ, НфУ, АрУ - содержание *a* топливе парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов в % (мае.) соответственно.

Анилиновая точка - это температура взаимной растворимости равных объемов данного топлива и анилина. Она зависит от группового углеводородного состава топлива: чем больше в нем ПрУ, тем выше эта температура, а чем больше АрУ, - тем ниже. Таким образом, в первой эмпирической формуле величина t_A отражает в скрытой форме все тот же углеводородный состав.

Норма на ЦЧ по ГОСТ для всех топлив для быстроходных дизелей - не менее 45 (для ДЭК-Л - не менее 49). Для топлив тяжелых (для среднеоборотных и тихоходных двигателей) ЦЧ не нормируется, потому что, как известно, чем тяжелее фракции нефти, тем для них ниже температура самовоспламенения и поэтому для них проблема воспламенения топлива не стоит.

Оптимальным значением ЦЧ является диапазон 40-50. Ниже 40 наблюдается жесткая работа двигателя, а при значении более 50 увеличивается расход топлива за счет уменьшения полноты его сгорания. Летом двигатель запускается на топливе с ЦЧ = 40÷45, а зимой - с ЦЧ = 45÷50 (при ЦЧ = 55 и больше замедляется горение топлива и двигатель дымит).

За рубежом вместо ЦЧ принято воспламеняемость характеризовать величиной *дизельного индекса* (ДИ), учитывающего как ЦЧ, так и испаряемость топлива. Величина ДИ в большей степени является пусковой характеристикой топлива (особенно при низких температурах). Определяется ДИ по формулам или номограмме, показанной на рис. 2.8, где он назван *цетановым индексом*.

Наиболее известными являются две формулы:

$$\text{ДИ} = a(t_A + b) \left(\frac{c}{\rho + c_1} - 1 \right),$$

где a , b , c , c_1 - эмпирические коэффициенты; t_A - температура анилиновой точки, °С; ρ - относительная плотность топлива при 15 °С;

$$\text{ДИ} = t_A^1 \cdot \rho^1 / 100,$$

где t_A^1 - температура анилиновой точки, °F (°F -- 1,8 °С + 32); ρ^1 - плотность в °API. Для расчета по второй формуле используется соотношение:

$$^\circ\text{API} = \frac{141,5}{\rho_{15}^{15}} - 131,5,$$

или в цифровом выражении:

ρ_{15}^{15}	0,9	0,85	0,8	0,75	0,70
°API	24,5	34,0	44,5	56,5	69,5

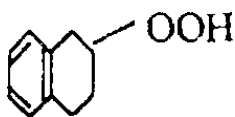
Для быстроходных ДВС ДИ=53÷55, а для тихоходных - примерно 40. Соотношение ДИ и ЦЧ можно видеть из следующих данных:

ДИ	20	30	40	50	60	70	80
цч	30	35	40	45	55	60	68

Норма для дизельного индекса экспортных топлив - не менее 53. Методы повышения ЦЧ (ДИ) могут применяться следующие:

- изменение группового углеводородного состава при компаундировании товарного дизельного топлива;

- введение присадок, повышающих воспламеняемость топлива; это - пероксид тетралина $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$



и этилнитрат $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2$. Введение этих присадок в количестве 1-3 % повышает ЦЧ на 15-20 пунктов.

Индукционный период - это время от начала впрыска топлива до начала его воспламенения. От индукционного периода (ИП) зависит время опережения впрыска топлива до ВМТ. Чем выше ИП, т.е. затягивается момент воспламенения, тем аномальнее эпюра давления в

цилиндре. На рис. 2.9 показано два случая с разными ИП (одно топливо вспыхивает лучше - ИП₁, чем другое - ИП₂).

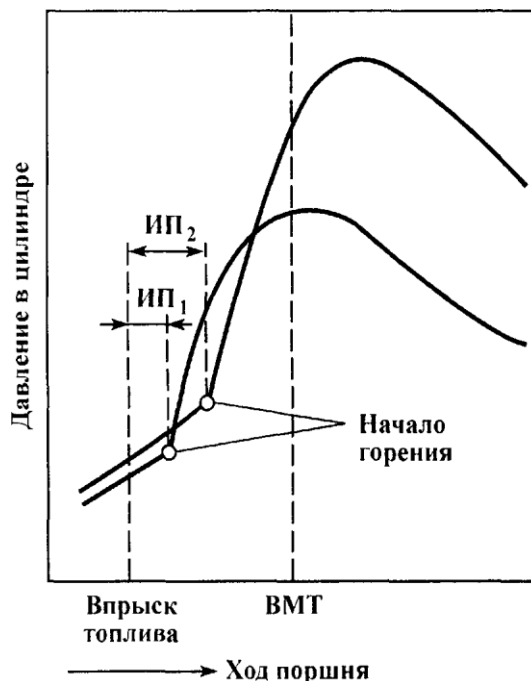


Рис. 2.9. Влияние индукционного периода на максимальное давление в цилиндре:

ИП₁ и ИП₂ - индукционные периоды топлив 1 и 2

При большом ИП (ИП₂) вспышка запаздывает, топливо воспламеняется ближе к ВМТ, когда почти все топливо уже впрыснуто, и поэтому давление в цилиндре растет очень резко и даже продолжает расти после ВМТ. Это является причиной механического стука двигателя, т.е. жесткой его работы. Это не детонация, как у карбюраторного ДВС, а стук из-за аномального роста давления в цилиндре.

Если же ИП мал (ИП₁), то топливо успевает полностью сгореть до самой ВМТ, и кривая давления имеет нормальный пологий вид.

Вязкость (противоизносное свойство) так же, как для реактивных топлив, оптимизируется по прокачиваемости, распыляемости и смазывающей способности. Последнее связано с тем, что с уменьшением вязкости растет просачиваемость топлива через зазоры плунжерных пар, а с увеличением вязкости возрастает сопротивление топливной системы и сокращается коэффициент заполнения насоса.

Поэтому нормы на кинематическую вязкость даются предельные - от и до (в мм²/с):

Лл	3,0-6,0
З	1,8-5,0
А	1,5-4,0
РФС	3,0-6,5

Низкотемпературные свойства - основной параметр, определяющий марку топлива. Эти свойства характеризуются тремя температурами: применения, помутнения и застывания. Вторая и третья температуры нормированы ГОСТ, а первая на 5 °С выше температуры помутнения, которая определяется содержанием н-алканов, выпадающих в виде отдельных кристаллов ("мути") и свидетельствующих о предельной температуре фильтруемости.

Нормы низкотемпературных свойств (в °С, не выше):

	Температура помутнения, °С, не выше	Температура застывания, °С, не выше
Л	-5	-10
З	-25	-35
ЗС	-35	-45
А	-	-55
РФС	+5	0

Содержание серы нормируется не выше 0,2 и 0,5 %, а для экспортных - 0,2 и 0,3 % (указано в марках). Поскольку наиболее коррозионно-активной является меркаптановая сера, а в дизельных топливах есть легкокипящие фракции (ниже 200 °С), то введена норма по содержанию меркаптановой серы (не более 0,01 %).

По экологическим соображениям сейчас за рубежом все больше получает распространение норма по сере не более 0,05 %, а в Швеции - даже не более 0,002 % (т.е. не более 20 ppm). Такие жесткие нормы оправданы с точки зрения охраны окружающей среды, но одновременно они требуют кардинальной перестройки технологии очистки топлив (создания новых высокоэффективных катализаторов, новых реакторных устройств, схем и т.д.). Такая норма введена для городского топлива (Москва) - 0,05 (I вид) и 0,1 (II вид), но такого топлива пока выпускается мало.

Температура вспышки - характеристика пожароопасных свойств топлива. Она является функцией содержания в топливе низкотемпературных фракций: чем ниже температура начала кипения, тем ниже температура вспышки.

Нормы установлены для двух видов топлив:

- для дизелей общего назначения;
- для дизелей тепловозных, судовых и газовых турбин.

Дизели второй группы эксплуатируются в стесненных помещениях, в которых создается большое скопление паров топлива и поэтому условия для возникновения пожара - благоприятны. Для них температура вспышки (°С, не ниже) устанавливается выше, чем для топлив, используемых в дизелях общего назначения:

	Л	З	А	РФС
Общего назначения	40	35	30	40
Тепловозные и судовые	62	40	35	61
Экспортные	65	60	-	-

Содержание смол - показатель нагарообразования и коксоотложений у форсунок - явлений, нарушающих дисперсность распыления и приводящих к местным перегревам. Измеряют содержание смол в мг/100 мл топлива и нормируют этот показатель не более 40 (Л) и 30 (З и А). Кроме того, устанавливается величина коксуемости 10%-го остатка не более 0,3 % для марок Л и всех городских; для остальных - 0,2 %.

Кислотность характеризует коррозионную активность топлива при хранении из-за наличия в топливе органических кислот. Измеряется количеством щелочи (КОН), пошедшей на нейтрализацию кислот. Для всех марок топлив норма установлена не более 5 мг КОН/100мл, кроме экспортных, для которых норма - не более 3 мг КОН/100 мг.

Фильтруемость - характеристика прокачиваемости топлива через фильтры и срока их беспрерывной работы. Определяется стандартным методом следующим образом (рис. 2.10).

При закрытом кране 4 в бюретку 2 заливают испытуемое топливо немного выше отметки А. Затем открывают кран и секундомером измеряют время прохождения уровня топлива от отметки А до отметки Б (объем между отметками - 2 мл). Записывают время - T_1 . После этого доливают 45 мл топлива, поддерживая его уровень выше отметки А, и в конце, когда долиты все 45 мл, опять измеряют время прохождения топлива между этими отметками - T_2 (последняя порция - 2 мл). Вычисляют коэффициент фильтруемости $K = T_2:T_1$, который должен быть не более 3 для марок топлив Л, З и А, а для городских - не более 2.

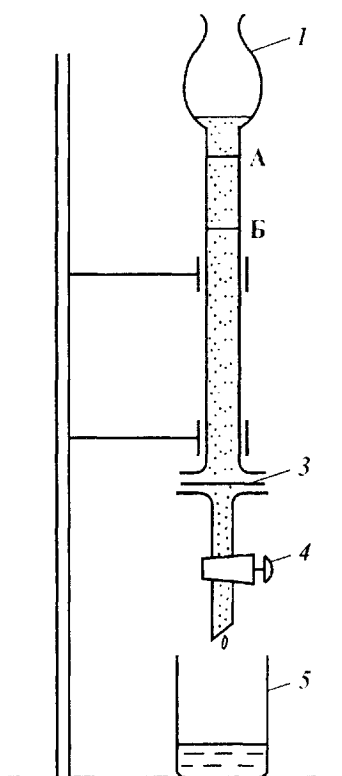


Рис. 2.10. Схема прибора для определения фильтруемости дизельных топлив:

1 - емкость для пробы; 2 - бюретка; 3 - бумажный фильтр; 4 - кран; 5 - стакан; А и Б метки на бюретке

Вопросы и задания

1. Фракционный состав дизельных топлив.
2. Испаряемость и воспламеняемость дизельных топлив.
3. Цетановое число дизельного топлива.
4. Методы расчетного определения ЦЧ дизельных топлив.
5. Дизельный индекс дизельных топлив.
6. Методы повышения ЦЧ (ДИ) дизельных топлив.
7. Индукционный период дизельных топлив.
8. Вязкость дизельных топлив.
9. Низкотемпературные свойства дизельных топлив.
10. Нормирование содержания серы в дизельных топливах.
11. Нормирование температуры вспышки дизельных топлив
12. Характеристика прокачиваемости дизельного топлива.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
4. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Практическое занятие № 9. Получение и перспективы производства дизельных топлив.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать требования предъявляемые к дизельным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности дизельных топлив и рекомендовать технологические варианты их производства в соответствии с нормативными требованиями;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Эти топлива, как правило, однокомпонентные, получают их первичной перегонкой нефти (любой).

На рис. 2.11 показана общая схема получения топлив марок Л, З и А. Перегонкой в АВТ получают в общем случае фракцию 180-360 °С. Если нефть малосернистая, то после защелачивания эта фракция получается как товарное дизельное топливо марки Л (или - при пониженном конце кипения - марки З).

Если нефть сернистая, то прямая фракция проходит гидроочистку и направляется на вторичную перегонку, с выделением целевой фракции 200-320 °С. Эта фракция подвергается более глубокой гидроочистке и депарафинизации адсорбцией на установке "Парекс", где получают жидкий парафин (Сю-С₄₀) и глубоко депарафинированное дизельное топливо. Из этого топлива и смежных фракций НК-200 и 320-360 °С компаундируются топлива любой марки - Л, З, ЗС и А. Если на заводе имеется установка каталитического крекинга с блоком гидроочистки, то фракция 180-350 °С крекинга до 25 % может вовлекаться в компаунд Л, З, а остальное количество (или полностью все) - направляться в тяжелое топливо марки ДТ.

Тяжелые топлива для среднеоборотных и тихоходных дизелей, в отличие от легких, являются многокомпонентными. Их получают смешением (рис. 2.12) различных фракций от разных вторичных процессов.

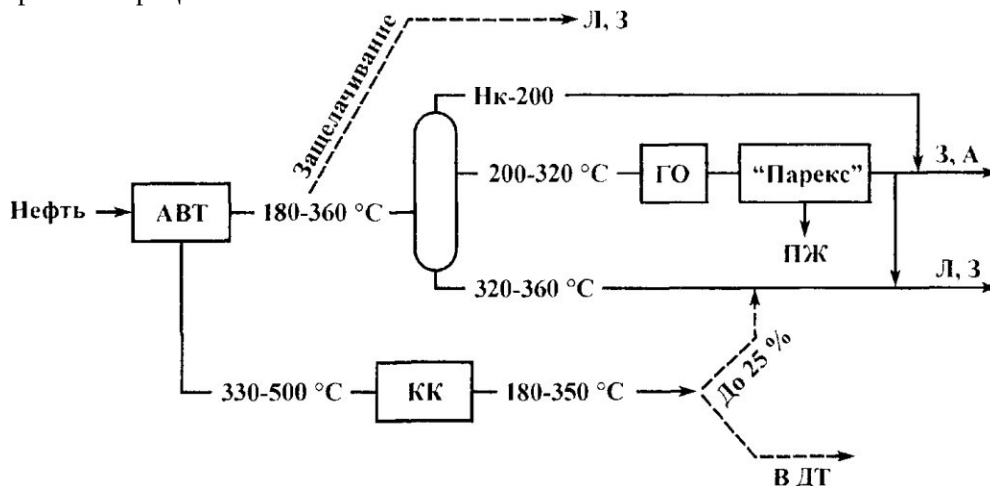


Рис. 2.11. Схема получения дизельных топлив различных марок:

АВТ - атмосферно-вакуумная трубчатка; КК - каталитический крекинг; ГО - гидроочистка; ДТ - дизельное топливо; Л, З, А - марки дизельных топлив "летнее", "зимнее" и "арктическое"; ПЖ - парафин жидкий

Перспективы получения дизельных топлив состоят в следующем.

Расширение фракционного состава. Из двух главных моторных топлив -бензинов и дизельных топлив последнее предпочтительнее, потому что:

- технология получения дизельных топлив значительно проще;
- их удельный расход на 25-30 % ниже, т.е. их использование в двигателях значительно эффективнее;
- вредность выхлопа у дизеля меньше, т.е. топливо экологически предпочтительнее.

Отсюда и относительно большой рост производства дизельных топлив по сравнению с бензинами: за 30 лет (с 1970 по 2000 год) их производство выросло в 2,3 раза. Этот рост продолжается за счет ряда мер, в том числе за счет расширения фракционного состава.

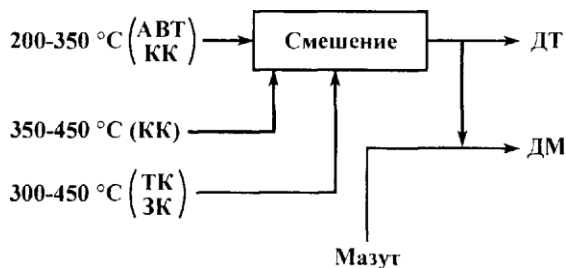


Рис. 2.12. Схема получения тяжелых дизельных топлив ДТ и ДМ:

ТК - термкрекинг; ЗК - замедленное коксование

Для этой цели используется несколько способов. Во-первых, это утяжеление дизельного топлива по концу кипения, реализованное в топливе РФС. Это позволило повысить ресурсы топлива на 1,5 млн т/год. Есть предпосылки дальнейшего увеличения конца кипения до 400-410 °C. Во-вторых, это переход на топливо широкого фракционного состава с пределами кипения 100-400 °C, с добавлением соответствующих присадок. Но в этом случае возникают проблемы с ЦЧ, вязкостью и температурами вспышки и воспламенения. Решение их связано как с улучшением показателей качества топлива, так и с изменением конструкции двигателя внутреннего сгорания.

В частности, проблемы, связанные с низкотемпературными свойствами, могут быть решены с помощью процессов депарафинизации:

- удаление н-алканов (выделение жидкого парафина) на установке "Па-рекс";
- трансформация н-алканов в изо-алканы процессом Селектоформинг (селективный гидрокрекинг), позволяющий понизить температуру застывания от +10 до -18 °C.

Снижение содержания серы до 0,05 % и ниже. Это позволит решить не проблемы ресурсов, а проблемы качества, связанные с экологией. В США снижение содержания серы уже достигнуто, а в нашей стране к решению этой задачи мы только приступили.

Развитие процесса легкого гидрокрекинга. При гидроочистке вакуумного газойля для каталитического крекинга переход на легкий гидрокрекинг позволяет получать до 10-15 % высококачественного дизельного топлива с высоким ЦЧ и одновременно углубить очистку от серы газойля.

Легкий гидрокрекинг обычно реализуется при давлении 5-7 МПа, температуре 350-420 °C и позволяет получать как реактивное топливо марки РТ (5-8 %), так и дизельное топливо (до 15 %).

К сожалению, отсутствие катализаторов для этого процесса стало основным тормозом на пути к его широкому внедрению, но в перспективе этот процесс станет решающим в увеличении ресурсов хорошего топлива.

Максимальное извлечение фракций дизельного топлива. В первую очередь, речь идет о том, чтобы утяжелить сырье каталитического крекинга до начала кипения не ниже 350 °C, так как сейчас оно иногда содержит фракций до 350 °C порядка 20-25 %. Это прямая потеря ресурсов дизельного топлива, поэтому реализация этого пути - задача первостепенной важности.

Вторая задача максимального извлечения дизельных фракций касается топочных мазутов. Для снижения их вязкости и температуры застывания в них часто добавляют дизельные фракции или специально недоизвлекают эти фракции в колоннах АВТ. Поскольку мы сжигаем много мазутов, то извлечение дизельных фракций из них позволило бы существенно повысить ресурсы топлива, при этом качество мазутов надо доводить до кондиции с помощью присадок, депрессаторов и вовлечением вторичных дистиллятов.

Увеличение доли вторичных дизельных фракций. В первую очередь речь идет о легком газойле каталитического крекинга (фракции 180-350 °С), который богат ароматическими углеводородами (60-70 %) и поэтому имеет низкое ЦЧ и высокие нагарообразующие свойства. Ресурсы такого газойля достаточно велики: (в США - около 26 млн т/год, или 3,5 % от первичной переработки нефти (ППН), в России эти цифры скромнее - 3 млн т/год, или 0,5 % от ППН. Тем не менее даже по российским меркам это солидная прибавка к дизельным топливам.

Реализовать эти ресурсы можно, добавляя газойль крекинга непосредственно в прямогонное дизельное топливо (10-15 %) либо перед гидроочисткой; во втором случае долю газойля можно увеличить до (25-30 %), потому что при гидроочистке часть ароматики гидрируется.

Возможны еще два пути. Первый - это гидродеароматизация самого газойля крекинга, но этот путь связан с большой затратой водорода (65-70 нм³/м³ газойля). Второй путь - это экстракция ароматических углеводородов из газойля (например, фурфуролом) с вовлечением экстракта в состав котельного топлива. Это очень перспективный путь, хотя технологически более сложный.

Получение топлив из природных битумов и угля. Это вариант будущего, так как и переработка природных битумов, и получение жидких углеводородных топлив из углей находятся пока в зачаточном состоянии (на стадии исследований) и начнут развиваться не раньше 2010-2020 гг. Но тем не менее запасы битумов и угля очень велики, в случае истощения запасов обычных нефтей восполнение ресурсов дизельных топлив вполне реально за счет наращивания переработки битумов и углей.

Применение водно-топливной эмульсии. Это модифицирование топлива путем добавления к нему воды и увеличение за счет этого ресурсов топлива. Работы по водно-топливным эмульсиям (ВТЭ) ведутся давно, но пока они не вышли из опытной стадии из-за ряда проблем.

Многочисленные испытания показали (рис. 2.13), что с ростом содержания воды в ВТЭ снижается ЦЧ смеси, а удельный расход топлива (УРТ) вначале падает на 4-6 %, а затем вновь растет. Все это говорит о том, что оптимальное содержание воды должно быть не более 10 %.

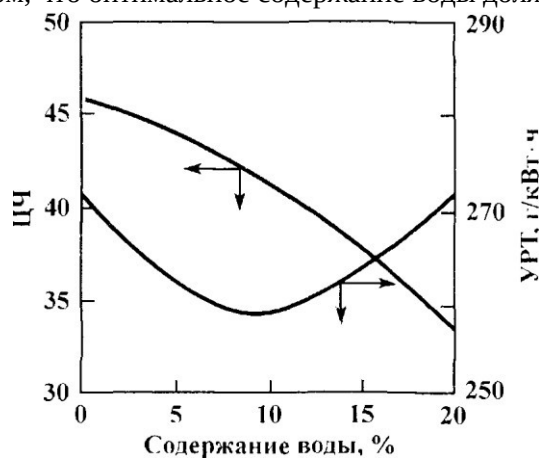


Рис. 2.13. Зависимость цетанового числа (ЦЧ) и удельного расхода топлива (УРТ) от содержания воды в водно-топливной эмульсии (ВТЭ)

Теоретически закономерности горения ВТЭ не до конца ясны. Эффект снижения УРТ объясняется тем, что эмульгированные капли воды попадают в цилиндр в оболочках из концентратов смолистых веществ (трудносжигаемых) и при достижении температуры такой капли точки кипения воды она мгновенно испаряется, создавая эффект микровзрыва. Это позволяет, во-первых, сильно диспергировать оболочку и, во-вторых, создать локальный центр турбулизации в точке взрыва. Поскольку капель таких по объему цилиндра много, то за счет диспергирования и турбулизации топливо по всему объему полнее сгорает.

Проблемы широкого применения ВТЭ заключаются в приготовлении мелкодисперсной эмульсии воды в топливе, в стойкости такой эмульсии (особенно при низких температурах) и в фильтровании эмульсии без нарушения ее дисперсности количественного состава.

Но эти проблемы стоят остро для быстроходных дизелей.

На судах же, где используют тяжелые топлива с содержанием воды по ГОСТ до 1,5 % (т.е. топливо изначально представляет собой низкоконцентрированную ВТЭ) эти проблемы существуют, но они не так остры.

Стойкость ВТЭ обычно повышают введением в них поверхностно активных веществ (ПАВ), которые являются сильными эмульгаторами, в количествах от 0,5 до 2,5 %.

В качестве фильтров для ВТЭ могут использоваться только никелевые сетки, так как бумажные фильтры задерживают воду.

Альтернативные дизельные топлива. Создание альтернативных дизельных топлив может пойти по следующим направлениям.

1. Синтетические дизельные топлива. Получаются синтезом углерода с водородом (синтез Фишера - Тропша), открытым около 80 лет назад. Процесс включает генерацию синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) путем паровоздушной газификации угля, очистку газа от вредных примесей, конверсию газа в реакторе на железоникелевом катализаторе и разделение продуктов реакции на фракции, включая дизельное топливо (примерно, 25-30 %) (см. разд. 5.2).

2. Водно-угольные суспензии (ВУС) - это нечто среднее между первоначальной идеей Дизеля и ВТЭ. В этом направлении ведутся лишь исследования, но проблем, которые здесь предстоит решить, больше, чем в случае водно-топливных эмульсий.

Во-первых, это проблема золы, количество которой в углях составляет от 5 до 30 %, и резкое возрастание износа цилиндра, поршня и клапанов.

Во-вторых, проблема оптимальной влажности суспензии с точки зрения ее сохранения, перекачки и впрыска в цилиндр.

В-третьих, проблема тонкого помола угля, обеспечения необходимого дисперсного состава частиц и решение вопроса о том, должен ли помол быть централизованным или его следует осуществлять на месте.

В-четвертых, проблема новой конструкции двигателя, позволяющего работать на ВУС.

3. Растительные масла. Из-за ограниченности ресурсов, высокой стоимости и широкого применения в пищевой и химической промышленности эти масла вряд ли получат широкое применение как дизельные топлива. Тем не менее исследования по их применению проводятся, поскольку в определенных условиях (региональных) они могут конкурировать с нефтяными топливами. К этим маслам относятся: соевое, арахисовое, пальмовое, хлопковое и подсолнечное.

У них ЦЧ = 36÷41, содержание серы не более 0,03 %, несколько повышенная кинематическая вязкость (при 38 °С - порядка 35-40 мм²/с), несколько ниже, чем у нефтяных топлив, теплота сгорания (37-39 МДж/кг) и высокая температура помутнения (13-30 °С).

Вопросы и задания

1. Схема получения дизельных топлив различных марок.
2. Схема получения тяжелых дизельных топлив ДТ и ДМ.
3. Перспективы получения дизельных топлив путём расширения фракционного состава.
4. Решение проблем расширения топливной базы, связанных с низкотемпературными свойствами дизельных топлив.
5. Перспективы получения дизельных топлив путём развития вторичных процессов.
6. Роль оптимизации процессов ректификации в расширении топливной базы дистиллятных фракций.
7. Перспективы получения дизельных топлив из альтернативных источников.
8. Применение водно-топливной эмульсии.
9. Альтернативные дизельные топлива.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.

3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
4. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Практическое занятие № 10. Печные и газотурбинные топлива.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к печным и газотурбинным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности печных и газотурбинных топлив;

Компетенции или их части:

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

ТОПЛИВО ПЕЧНОЕ БЫТОВОЕ

Топливо печное бытовое (ТПБ) предназначено для мелких коммунальных печей и в домах индивидуального пользования, а также в печах животноводческих ферм.

Получают ТПБ компаундированием дистиллятов первичной перегонки нефти и компонентов, полученных во вторичных процессах. По свойствам они напоминают облегченное дизельное топливо (табл. 2.27 и 2.28).

Фракционный состав у них нормируется точками 10 % (об.) (не менее 160 °С) и точкой 96 % (об.) (не более 360 °С), причем для разных образцов (табл. 2.28) он может колебаться от 187-200 °С до 300-360 °С. Вязкость (при 20 °С не выше 8 мм²/с) задается из условия обеспечения нормальной текучести и подачи топлива самотеком к горелке, а для разных образцов она может быть от 2,95 до 4,12 мм²/с; температура вспышки (не менее 45 °С) - исходя из требований пожарной безопасности в быту (фактически 54-79 °С); температура застывания (не выше минус 15 °С) - для обеспечения нормальной работы печей в зимних условиях (без подогрева топлива); содержание серы - не более 0,5 % из малосернистых нефтей и не более 1,1 % из сернистых нефтей (по табл. 2.28 - от 0,2 до 0,8 %).

Таблица 2.27. Характеристики печного бытового топлива (ТУ 38.1016565-87)

Показатели	Норма
Фракционный состав: перегоняется при температуре °С, не ниже:	
10%	160
90%	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с, не более	8,0
Температура застывания, °С, не выше:	
в период с 1 сентября по 1 апреля	-15
в период с 1 апреля по 1 сентября	-5
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	45
Содержание серы, % (мас), не более:	
в малосернистом топливе	0,5
в сернистом топливе	1,1
Кислотность, мгКОН/100 см ³ топлива, не более	5,0
Зольность, %, не более	0,02
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,35
Примечание. Сероводород, растворимые кислоты и щелочи, механические примеси - отсутствие; испытание на медной пластинке - выдерживает.	

Таблица 2.28. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива

Показатели	Номер образца
------------	---------------

	1	2	3	4	5	6
	на основе дистиллятов термического крекинга			с вовлечением газойля каталитического крекинга		
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С:						
10 %	205	186	200	200	200	196
90 %	352	318	330	350	360	360
Кинематическая вязкость при 20°С, мм²/с, не более	3,60	3,32	3,80	3,42	3,92	4,52
Температура, °С, не выше:						
застывания	-15	-19	-19	-16	-12	-13
вспышки в закрытом тигле	59	56	59	55	62	58
предельной фильтруемости	-6		-7	-9	-7	-10
Содержание серы, % (мас.)	0,83	0,50	0,52	0,50	0,85	0,80
Кислотность, мгКОН/100 см³ топлива, не более	1,4	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,12	0,1 1	0,12	0,14	0,13	0,15
Плотность при 20 °С, кг/м³	825	822	834	830	882	836
Показатели	Номер образца					
	7	8	9	10		
	на основе прямогонных дизельных фракций					
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С:						
10%	187	225	189	212		
90%	300	300	320	360		
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	2,95	4,12	3,86	3,94		
Температура °С:						
застывания	-22	-16	-18	-6		
вспышки в закрытом тигле	52	76	54	79		
предельной фильтруемости	-11	-10	-7	-8		
Содержание серы, % (мас.)	0,42	0,32	0,40	0,20		
Кислотность, мгКОН/100 см³ топлива, не более	0,8	0,7	0,7	0,23		
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,03	0,09	0,09	0,08		
Плотность при 20 °С кг/м³	834	832	830	828		

ГАЗОТУРБИННЫЕ ТОПЛИВА

Газотурбинные топлива предназначены для использования в стационарных газотурбинных установках (ГТУ), а также в судовых ГТУ. Они вырабатываются как однокомпонентные или многокомпонентные топлива, в которые вовлекаются дистилляты прямой перегонки нефти и продукты вторичных процессов. В зависимости от типа ГТУ состав топлива может быть различным - от керосина до мазута.

Топливо вырабатывается двух марок - А и Б (табл. 2.29).

Таблица 2.29 Характеристики топлива для газотурбинных установок (ГОСТ 10433-

75)

Показатели	Марки топлива	
	А	Б
Условная вязкость при 50 °С, °ВУ, не более	1,6	3,0

Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39800	39800
Зольность, % не более	0,01	0,01
Содержание (мас), % не более:		
ванадия	0,00005	0,0004
суммы натрия и калия	0,0002	–
кальция	9,0004	–
серы	1,8	2,5
механических примесей	0,02	0,03
воды	0,1	0,5
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	62
застывания, не выше	5	5
Йодное число, гI ₂ /100 г топлива, не более	–	45
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	–	935
Содержание свинца, % (мас)	Отсутствие или < 0,0001 %	–

Марка Б - топливо несколько тяжелее дизельного летнего "Л" (конец кипения - примерно 400 °С), с низким содержанием серы, малой коксуемостью и низким содержанием ванадия.

Марка А -- нечто среднее между топливами ДТ и Ф-5, но с более жесткими нормами по содержанию ванадия и по коксуемости.

Жесткие ограничения по ванадию связаны с ванадиевой коррозией лопаток ротора турбин: при высокой температуре (выше 650 °С) пентаоксид ванадия (V₂O₅), находясь в полужидком состоянии, катализирует окисление металла лопаток турбины кислородом, и, растворяя продукты окисления, способствует дальнейшему окислению, тем самым вызывая дисбаланс турбины.

Интенсификации ванадиевой коррозии способствует наличие в газах оксидов серы, а также присутствие в топливе натрия и кальция, попадающих в него из воды.

Пентаоксид ванадия также способствует окислению SO₂ в SO₃ и образованию слабой серной кислоты в "холодной" хвостовой части ГТУ.

Для выдерживания нормы по температуре застывания в топливо вводят депрессатор в количестве 0,02-0,05 %.

Вопросы и задания

1. Назначение топлива печного бытового.
2. Нормируемые показатели топлива печного бытового.
3. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива на основе дистиллятов термического крекинга.
4. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива с вовлеченным газойлем каталитического крекинга.
5. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива на основе прямогонных дизельных фракций
6. Назначение газотурбинных топлив.
7. Марки газотурбинных топлив по ГОСТ 10433-75.
8. Нормирование газотурбинных топлив по содержанию в них ванадия.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов

/ С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..

Практическое занятие № 11.
Судовые тяжёлые дизельные топлива и котельные топлива.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к судовым тяжёлым дизельным и котельным топливам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности судовых тяжёлых дизельных и котельных топлив;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

СУДОВЫЕ ТЯЖЕЛЫЕ ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

На больших судах (дизельэлектроходах) эксплуатируются мощные среднеоборотные и тихоходные дизели, для которых используются маловязкие, средневязкие и высоковязкие топлива.

Маловязкое топливо (табл. 2.30) выпускается одной марки. Для него нормируется цетановое число (не менее 40) и все показатели сопоставимы с показателями для летнего дизельного топлива, по оно несколько тяжелее. Например, вязкость - не более 11,4 мм²/с, температура вспышки - не ниже 62 °С, содержание серы - не более 1,5 % (мас).

Таблица 2.30. Характеристики маловязкого судового топлива (ТУ 38.101567-87)

Показатели	Норма
Вязкость:	
условная при 20 °С, °ВУ, не более	2,0
соответствующая ей кинематическая, мм ² /с, не более	11,4
Цетановое число, не менее	40
Температура, °С:	
вспышки в закрытом тигле, не ниже	62
застывания, не выше	-10
Содержание, % (мас), не более:	
серы	1,5
меркаптановой серы	0,025
механических примесей	0,02
Зольность, %, не более	0,01
Плотность при 20 °С. г/м ³ не более	890
Йодное число, гI ₂ /100 г топлива, не более	20

Средневязкие топлива (табл. 2.31) вырабатываются двух марок - ДТ и ДМ. Они более тяжелые, чем маловязкие топлива, имеют большую плотность (0,930 и 0,970), ограничиваются по точке кипения 250 °С (не более 15 %), имеют повышенную вязкость (не более 36 и 130 мм²/с соответственно) и коксуемость (не более 3 и 9 % соответственно). Серы допускается в них 0,5-2,0 %, а ванадия - до 0,015 %, что почти в 40 раз превышает норму по ванадию в газотурбинном топливе.

Таблица 2.31. Характеристики моторного топлива для среднеоборотных и тихоходных дизелей (ГОСТ 1667-68)

Показатели	Марки топлива	
	ДТ	ДМ
Плотность при 20 °С, г/см ³ не более	0,930	0,970

Фракционный состав: до 250°C перегоняется, %, не более	15	15
Вязкость при 50 °С: кинематическая, мм ² /с, не более	36	130
соответствующая ей условная, °ВУ, не более	2,95	17,4
Коксуемость, %, не более	3,0	9,0
Зольность, %, не более	0,04	0,06
Содержание серы, % (мас), не более: в малосернистом топливе	0,5	2,0
в сернистом топливе	1,5	2,0
Содержание, % (мас), не более: механических примесей	0,05	0,1
воды	0,5	0,5
ванадия	0,01 5	0,01
Температура, °С: вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	85
застывания, не выше	-5	10
Примечание. Для обеих марок: сероводород, водорастворимые кислоты и щелочи - отсутствие.		

Высоковязкие топлива (табл. 2.32) марок СЛ, СВЛ, СВТ и СВС - еще более тяжелые: ВУ₅₀ не более 4 и 5 для двух первых марок и ВУ₈₀ не более 8 и 16 - для двух вторых. По содержанию серы марка СЛ выпускается двух видов, марка СВЛ - четырех видов, марка СВТ - трех видов и марка СВС - одного вида, причем содержание серы для них нормируется от 0,5-1,0 % до 5,0 % (СВС). Очень высока для них и коксуемость: от не более 4 % до 22 % для СВС.

Таблица 2.32. Характеристики судового высоковязкого топлива (ТУ 38.1011314-90)

Показатели	Марки топлива			
	СЛ	СВЛ	СВТ	СВС
Условная вязкость, °ВУ, не более, при температуре: 50 °С	4,0	5,0	-	-
80 °С	-	-	8,0	16,0
Зольность, %, не более, топлива				
1 типа	0,02	0,04	0,04	0,15
11 типа	-	0,05	0,12	-
Содержание, % (мас.), не более:				
механических примесей	0,05	0,10	0,30	0,60
воды	0,2	0,5	1,0	1,0
ванадия	0,001	0,01	0,02	0,04
Содержание серы, % (мас), не более, в топливе:				
I вида	0,5	1,0	2,0	5,0
II вида	1,0	2,0	3,5	-
III вида	-	2,5	1,0	-
IV вида	-	0,5	-	-
Коксуемость, %, не более	4,0	7,0	15,0	22,0
Температура вспышки, °С, не ниже:				
в закрытом тигле	65	65	-	-
в открытом тигле	-	-	90	100
Температура застывания, °С, не выше	15	5	15	25
Плотность при 20 °С (не браковочная), кг/м ³ , не выше	930	965	995	1015

Тяжелые высоковязкие топлива выпускаются для тихоходных дизелей и котельных установок. Получают их на базе мазута и гудрона с добавлением маловязких фракций любого происхождения.

Поскольку эти топлива тяжелые, т.е. высоковязкие, на стадии топливоподготовки их подогревают до 80-90 °С с целью понизить вязкость, растворить твердую горючую фазу (кристаллы парафина, ассоциаты асфальтенов) и отделить негорючие механические примеси.

Несмотря на подогрев, распыление их форсунками - грубое (из-за высокой вязкости), но воспламенение происходит нормально, так как чем тяжелее топливо, тем ниже температура его самовоспламенения (поэтому для них не нормируется ЦЧ).

КОТЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

Котельное топливо - это самое крупнотоннажное и массовое топливо, вырабатываемое для:

- котельных агрегатов электростанций;
- технологических печей (в металлургической, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, в сельском хозяйстве);
- судовых котельных установок и тихоходных дизелей.

Оно вырабатывается как многокомпонентное топливо на основе остатков перегонки нефти, термкрекинга и висбрекинга. Компонентами котельных топлив являются:

- мазут первичной перегонки (или гудрон выше 480 °С);
- крекинг-остаток термкрекинга и висбрекинга;
- тяжелые газойли каталитического крекинга, термкрекинга и коксования;
- отходы масляного производства (асфальты, экстракты, гачи);
- легкие газойли (250-360 °С) любого вторичного процесса.

Общая выработка котельных топлив составляет в настоящее время в России около 60 млн т/год.

Таблица 2.33. Характеристики топочных мазутов (ГОСТ 10585-75)

Показатели	Марки топлива			
	Ф-5	Ф-12	М-40	М-100
Вязкость при 50 °С, не более: условная, °ВУ соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	5,0 36,2	12,0 89,0	- -	- -
Вязкость при 80 °С, не более: условная, °ВУ соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	- -	- -	8,0 59,0	16,0 118,0
Динамическая вязкость Пас, не более	2,7	-	-	-
Зольность, %, не более, для мазута: малозольного зольного	- 0,05	- 0,10	0,04 0,12	0,05 0,14
Содержание, % (мас), не более: механических примесей воды	0,10 0,3	0,12 0,3	0,5 1,0	1,0 1,0
Содержание серы, % (мас.), не более: низкосернистого малосернистого сернистого высокосернистого	- - 2,0 -	- 0,6 - -	0,5 1,0 2,0 3,5	0,5 1,0 2,0 3,5
Коксуемость, %, не более	6,0	-	-	-
Температура вспышки, °С, не ниже: в закрытом тигле в открытом тигле	80 -	90 -	- 90	- 110
Температура застывания, °С, не выше	-5	-8	10;25*	25;42*
Теплота сгорания низшая в пересчете на сухое топливо (не браковочная), кДж/кг, не менее, для мазута: низкосернистого, малосернистого и сернистого высокосернистого	41454 -	41454 -	40740 39900	40530 39000
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	955	960	-	-

* Для мазута из высокопарафинистых нефтей.

Примечание. Для всех марок топлива: водорастворимые кислоты, щелочи, сероводород-отсутствие.

Виды котельных топлив: топочные мазуты, печные и технологические экспортные топлива.

Топочные мазуты выпускаются по ГОСТ 1058-75 (табл. 2.33). Они бывают:

- легкие (флотские) марок Ф-5 и Ф-12 (для судовых дизелей и котельных установок);
- средние марки М-40 (топочное и печное топливо общего назначения);
- тяжелые марки М-100 (топочное и печное общего назначения).

Печные топлива выпускаются по ГОСТ 14298 марок МП, МП-1 и МПВА (для металлургических печей), различающихся по содержанию серы и коксуемости.

Экспортные технологические топлива (табл. 2.34) марок Э-2, Э-3, Э-4 и Э-5 маловязкие, с добавлением до 25 % дизельного топлива.

Таблица 2.34. Характеристики технологического экспортного топлива

Показатели	Марки топлива			
	Э-2	Э-3	Э-4	Э-5
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	920	930	965	965
Вязкость: условная при 80 °С, °ВУ, не более соответствующая ей кинематическая при 50 °С, мм ² /с, не более	2,0 30	3,0 70	4,0 -	5,0 -
Зольность, %, не более	0,02	0,05	0,1	0,1
Содержание серы, % (мас), не более, в топливе: I вида II вида III вида IV вида	0,5 1,0 - -	0,5 1,0 - -	- 2,0 2,5	- - 2,0 2,5
Содержание, % (мас), не более механических примесей воды ванадия	0,05 0,001	0,05 0,002	0,2 0,5 0,012	0,2 0,020
Температура, °С: застывания, не выше вспышки в закрытом тигле, не ниже	15 65	15 65	15 75	15 75
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	40402	40402	40402	40402

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Рассмотрим основные физико-химические свойства котельных топлив.

Вязкость - основной показатель, входящий в обозначение марок. Вязкостью определяются:

- распыление топлива (т.е. полнота его сгорания);
- условия слива и налива при транспортировке топлива;
- схема топливных систем у потребителя (обогрев, перекачка, гидравлические сопротивления при транспортировке топлива по трубопроводам, эффективность работы форсунок).

От вязкости в значительной мере зависят скорость осаждения механических примесей при хранении, а также способность топлива отстаиваться от воды.

В США для определения вязкости используют вискозиметр Сейболта универсальный (для маловязких мазутов) и Сейболта - Фуrola (для высоковязких мазутов), а в Англии - вискозиметр Редвуда. Между определенными в различных единицах значениями вязкости существует зависимость, представленная в табл. 2.35. В ряде спецификаций указывают вязкость, найденную экспериментально и пересчитанную в кинематическую (мм²/с).

Таблица 2.35. Таблица перевода различных единиц измерения вязкости

Кинематическая, мм ² /с	Условная, °ВУ	По Сей-болту, с (130 °F)	по Редвуду (R),с (140 °F)	Кинематическая, мм ² /с	Условная, °ВУ	По Сей-болту, с (130 °F)	По Редвуду (R),с ' (140 °F)
2	1,1 19	32,66	30,95	95	12,51	439,7	387,8
4	1,307	39,17	35,95	100	13,17	462,9	408,2
6	1,479	45,59	41,05	105	13,83	486,1	428,6
8	1,651	52,10	46,35	1 10	14,48	509,2	449,0
10	1,831	58,91	52,00	115	15,14	523,3	469,4
11	1,924	62,42	55,00	120	15,80	555,4	489,8
12	2,020	66,03	58,10	125	16,45	578,7	510,3
13	2,118	69,73	61,30	130	17,1 1	601,8	530,7
14	2,218	73,54	64,55	135	17,77	624,8	551,1
15	2,32	77,35	67,95	140	18,43	648,1	571,5
16	2,43	81,25	71,40	145	19,08	671,2	591,9
17	2,53	85,26	74,85	150	19,74	694,4	612,3
18	2,64	89,37	78,45	155	20,40	717,5	632,7
19	2,75	93,48	82,10	160	21,06	740,6	653,2
20	2,87	97,69	85,75	165	21,71	763,8	673,6
22	3,10	106,2	93,25	170	22,37	786,9	693,9
24	3,34	1 14,8	100,9	175	23,03	810,2	714,4
26	3,58	123,5	108,6	180	23,69	833,3	734,8
28	3,82	132,4	116,5	185	24,35	856,4	755,2
30	4,07	141,2	124,4	190	25,00	879,5	775,6
32	4,32	150,0	132,3	200	26,3	925,8	816,4
34	4,57	159,0	140,2	210	27,6	972,0	857,2
36	4,82	168,0	148,2	220	28,9	1018,4	898,0
38	5,08	177,0	156,2	230	30,3	1064,7	938,9
40	5,33	186,0	164,3	240	31,6	1 11 1,0	979,7
42,5	5,66	197,4	174,4	250	32,9	1 157,3	1020,5
45	5,98	208,8	184,5	260	34,2	1203,5	1061,4
47,5	6,30	220,3	194,6	270	35,5	1249,8	1 102,2
50	6,62	231,8	204,7	280	36,8	1296,1	1 143,0
52,5	6,95	243,4	214,8	290	38,2	1342,4	1 183,8
55	7,28	254,9	225,0	300	39,4	1388,7	1224,6
57,5	7,60	266,4	235,2	320	42,1	1481,3	1306,2
60	7,93	277,9	245,3	340	44,7	1573,8	1387,9
65	8,58	301,0	265,7	360	47,4	1666,4	1469,6
70	9,23	324,0	286,0	380	50,0	1759,0	1551,2
75	9,89	347,1	306,1	400	52,6	1852	1633
80	10,54	370,3	326,6	450	59,2	2083	1837
85	11,20	393,4	347,0	500	65,8	2315	2041
90	1 1,86	416,6	367,4	1000	131,6	4629	4082

На практике часто используют вязкостно-температурные кривые (рис. 2.14). С повышением температуры различие в вязкости топлив существенно уменьшается.

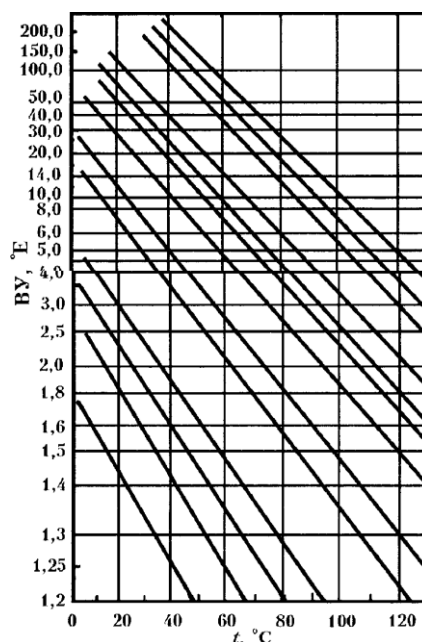


Рис. 2.14. Зависимость условной вязкости ВУ мазута от температуры

Для мазутов, как и для всех темных нефтепродуктов, зависимость вязкости от температуры приближенно описывается уравнением Вальтера:

$$\lg \lg(v \cdot 10^{-6} + 0,8) = A - B \lg T,$$

где v - кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$; A и B - коэффициенты; T - абсолютная температура, К.

Вязкость не является аддитивным свойством и при смешении различных котельных топлив ее следует определять экспериментально.

Нормы по вязкости (см. табл. 2.33) при 50 °С составляют от 5 до 12 °ВУ (36 и 89 $\text{мм}^2/\text{с}$), а при 80 °С для М-40 и М-100 - 8 и 16 °ВУ (59 и 118 $\text{мм}^2/\text{с}$). Экспортные топлива - более маловязки и для них допускается вязкость ВУ_{80} не более 2-5 °ВУ.

Котельные и тяжелые моторные топлива являются структурированными системами, поэтому при сливно-наливных операциях для их характеристики помимо ньютоновской вязкости необходимо учитывать реологические свойства (напряжение сдвига и динамическую вязкость, определяемую на вискозиметре "Реотест"). Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной.

Содержание серы - важнейший показатель топлива, определяющий работу топок и печей.

Содержание серы в остаточном топливе зависит от класса перерабатываемой нефти (сернистая или высокосернистая) и определяется соотношением:

$$S_{\text{ост}} = S_{\text{неф}} \left(\frac{\rho_{\text{ост}}}{\rho_{\text{неф}}} - 1 \right)^{1,25},$$

где $S_{\text{ост}}$ и $S_{\text{неф}}$ - содержание серы в остатке и нефти; $\rho_{\text{ост}}$ и $\rho_{\text{неф}}$ - относительные плотности остатка и нефти.

Тяжелые топлива не содержат меркаптановой серы, поэтому продукты их сгорания менее коррозионно-активны, чем продукты сгорания светлых сернистых нефтепродуктов.

Вредное влияние серы проявляется в трех аспектах. Во-первых, это образующиеся при ее сгорании оксиды SO_3 и SO_2 . Наличие в газах SO_3 повышает температуру начала конденсации влаги - точку росы. На рис. 2.15 показана зависимость этой температуры от содержания серы в топливе. Из рисунка видно, что она повышается на 50-60 °С при повышении содержания серы от 0 до 2 %. А поскольку температура "хвостовых" поверхностей котлов, печей и т.д. (воздухоподогревателей, экономайзеров) равна точке росы дымовых газов, на этих поверхностях конденсируется серная кислота, которая вызывает усиленную коррозию.

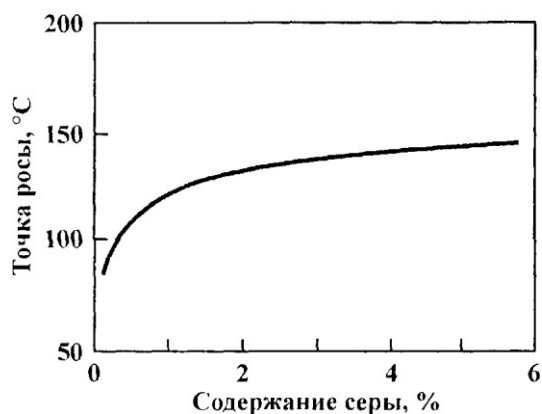


Рис. 2.15. Зависимость точки росы дымового газа от содержания серы в сжигаемом топливе

Во-вторых, в металлургических печах оксиды серы реагируют с расплавленным металлом, ухудшая его качество (особенно легированного металла).

В-третьих, оксиды серы, выброшенные в атмосферу, сильно загрязняют окружающую среду.

По этим трем причинам в ряде зарубежных стран приняты ограничения по содержанию серы в мазутах до уровня 0,5-1,0 %. Обессеривание мазутов очень сложно технологически, особенно если учесть, что количества их очень велики. Очистка же дымовых газов от оксидов серы - не менее сложный процесс и поэтому он не внедряется. Ниже приведены нормы по содержанию серы в котельных топливах, полученных из разных нефтей:

Из малосернистых нефтей	0,5-1,0
Из сернистых нефтей	2,0
Из высокосернистых нефтей	3,5

Если учесть, что котельных топлив сжигается в год около 60 млн т, то можно подсчитать, что выбросы SO_2 и SO_3 составляют около 2 млн т в год, а это грозит экологической катастрофой для человечества.

Температура застывания, как и вязкость, характеризует условия транспортировки, слива и налива, перекачивания топлива и топливоподготовки. Нормы по температуре застывания для разных марок топочных мазутов таковы (°C):

Ф-5	-5	М-40	+10	МП	+25
Ф-12	-8	С-100	+25	МП-1	+30

Эта температура зависит от качества перерабатываемой нефти и от способа получения топлива.

Большое влияние на температуру застывания оказывает температура нагрева, скорость охлаждения, наличие или отсутствие перемешивания.

Для снижения температуры застывания применяют депрессорные присадки (Севилен), действие которых основано на том, что они модифицируют структуру кристаллизующегося парафина и тем самым препятствуют образованию прочной кристаллической решетки. Эффективность действия депрессорной присадки зависит прежде всего от содержания н-парафинов и их температуры плавления: чем их больше, тем менее эффективен депрессатор.

Наибольшее депрессорное действие оказывает присадка на асфальтосмолистые вещества, и чем их больше, тем больше депрессорное действие присадки.

Коксуемость котельных топлив - это в первую очередь показатель коксоотложений у устья форсунок, в результате чего искажается форма факела и ухудшается распыление и полнота горения топлива.

Нормируется только для легких топлив Ф-5 и Ф-12 (не более 6 %), а для тяжелых котельных топлив М-4,0 и М-100 не нормируется вообще.

Для печных топлив наоборот: чем больше, тем лучше. Это связано не с работой форсунок (это здесь не главное), а с технологией плавки металлов. Для плавки металла должен быть интенсивный лучистый теплообмен от пламени к металлу, а значит, интенсивная светимость пламени. Светимость же пламени тем больше, чем выше в топливе содержание высокомолекулярной ароматики и асфальтенов, т.е. чем больше коксуемость топлива. Поэтому нормы для печных топлив - не "не более", а "не менее":

МП-1	Не менее 5 %
МП и МПВА	Не менее 8%

Теплота сгорания - одна из важнейших характеристик, от которой зависит расход топлива. Особенно важно это для судов, так как от теплоты сгорания топлива зависит дальность плавания. Теплота сгорания зависит от элементного состава топлива и определяется отношением Н:С и зольностью, а также содержанием серы (рис. 2.16).

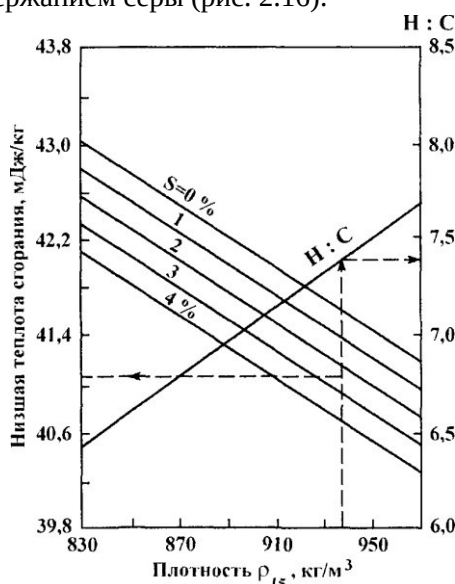


Рис. 2.16. Номограмма для определения низшей теплоты сгорания топлива в зависимости от его плотности и отношения Н:С

Стандарты на топливо устанавливают следующие нормы на теплоту сгорания: не менее 41,5 МДж/кг (флотские), не менее 40,5 МДж/кг (тяжелые малосернистые) и не менее 39,9 МДж/кг (тяжелые сернистые).

Плотность в данном случае не является показателем группового состава топлива, а определяет возможность расслоения с водой, попадающей при пароподогреве топлива или при водном его транспорте.

Поэтому норма по плотности для разных марок котельных топлив составляет (кг/м³ не более):

Ф-5	955	М-40	965
Ф-12	960	М-100	1015

Вредные примеси. Зола - минеральный остаток после полного сжигания топлива. Ее содержание зависит от качества исходной нефти, технологии подготовки нефти (попадания деэмульгаторов), технологии получения компонентов котельного топлива (катализаторная пыль) и продуктов коррозии аппаратуры. Зола состоит из неорганических соединений, среди которых наиболее вредный компонент - это пентоксид ванадия (V_2O_5), вызывающий коррозию легированных труб котлов. Нормы по содержанию золы (% не более):

Ф-5	0,05	М-40	0,12
Ф-12	0,10	М-100	0,14
МП	0,30		

Механические примеси - это взвешенные в топливе инородные частицы (пыль, ржавчина и др.), а также карбиды, способные осложнить топливоподачу и нормальную работу форсунок. Нормы по этому показателю (% не более):

Ф-5	0,10	М-40	0,8
Ф-12	0,12	М-100	1,5

Вода для судовых моторных топлив полезна, так как является элементом ВТЭ, а для котельных и печных топлив она вредна, поскольку уменьшает теплоту сгорания, ухудшает стабильность горения и способствует образованию кислот. Нормы содержания воды (% не более):

Ф-5	0,3	М-40	1,5
Ф-12	0,3	М-100	1,5

При водном транспорте тяжелых топлив норма содержания воды увеличивается до 2 % (Ф-5, Ф-12) и 5 % (М-40 и М-100).

Вопросы и задания

1. Назначение судовых тяжёлых дизельных топлив.
2. Маловязкое судовое тяжёлое дизельное топливо.
3. Средневязкое судовое тяжёлое дизельное топливо.
4. Высоковязкое судовое тяжёлое дизельное топливо.
5. Назначение котельного топлива.
6. Компоненты котельных топлив.
7. Топочные мазуты.
8. Печные топлива.
9. Экспортные технологические топлива.
10. Влияние вязкости на эксплуатационные характеристики котельных топлив.
11. Влияние содержания серы на эксплуатационные характеристики котельных топлив.
12. Влияние температуры застывания на эксплуатационные характеристики котельных топлив.
13. Влияние коксуемости на эксплуатационные характеристики котельных топлив.
14. Роль теплоты сгорания котельных топлив.
15. Вредные примеси в котельных топливах.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
4. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
5. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

Практическое занятие № 12. Моторные масла.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к моторным маслам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности моторных масел;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

Нефтяные масла по ассортименту являются самой большой группой нефтепродуктов, которую можно подразделить по назначению на четыре подгруппы:

- моторные масла;
- трансмиссионные масла;
- энергетические масла;
- индустриальные масла.

Моторные масла предназначены для смазывания двигателей внутреннего сгорания. В зависимости от назначения их подразделяют на масла для дизелей, карбюраторных и авиационных двигателей.

Все современные моторные масла состоят из базовых масел и улучшающих их свойства присадок. По температурным пределам работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные.

В качестве базовых масел используют дистиллятные компоненты различной вязкости, остаточные компоненты, смеси остаточного и дистиллятных компонентов, а также синтетические продукты (поли-альфа-олефины, алкил-бензолы, эфиры). Большинство всесезонных масел получают путем загущения маловязкой основы макрополимерными присадками. По составу базового масла моторные масла подразделяют на синтетические, минеральные и частично синтетические (смеси минерального и синтетических компонентов).

Современные моторные масла должны отвечать главным требованиям:

1. высокие моющая, диспергирующе-стабилизирующая, пептизирующая и солюбилизирующая способности по отношению к различным нерастворимым загрязнениям, обеспечивающие чистоту деталей двигателя;
2. высокие термическая и термоокислительная стабильности позволяют использовать масла для охлаждения поршней, повышать предельный нагрев масла в картере, увеличивать срок замены;
3. достаточные противоизносные свойства, обеспечиваемые прочностью масляной пленки, нужной вязкостью при высокой температуре и высоком градиенте скорости сдвига, способностью химически модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать кислоты, образующиеся при окислении масла и из продуктов сгорания топлива;
4. отсутствие коррозионного воздействия на материалы деталей двигателя, как в процессе работы, так и при длительных перерывах; стойкость к старению, способность противостоять внешним воздействиям с минимальным ухудшением свойств;
5. пологость вязкостно-температурной характеристики, обеспечение холодного пуска, прокачиваемости при холодном пуске и надежного смазывания в экстремальных условиях при высоких нагрузках и температуре окружающей среды;
6. совместимость с материалами уплотнений, совместимость с катализаторами системы нейтрализации отработавших газов;
7. высокая стабильность при транспортировании и хранении в регламентированных условиях;

8. малая вспениваемость при высокой и низкой температурах; малая летучесть, низкий расход на угар (экологичность).

К некоторым маслам предъявляют особые, дополнительные требования. Так, масла, загущенные макрополимерными присадками, должны обладать требуемой стойкостью к механической и термической деструкции; для судовых дизельных масел особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемость с водой; для энергосберегающих — антифрикционность, благоприятные реологические свойства.

Свойства масел и методы их оценки.

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых веществ — продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется на горячих деталях, тем выше может быть допустимая температура деталей (степень форсирования двигателя). Кроме концентрации моюще-диспергирующих присадок на чистоту двигателя существенно влияет эффективность используемых присадок, их правильное сочетание с другими компонентами композиции, а также приемистость базового масла.

В композициях моторных масел в качестве моющих присадок используют сульфонаты, алкилфеноляты, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция или магния и реже (по экологическим соображениям) бария, а также рациональные сочетания этих зольных присадок друг с другом и с беззольными дисперсантами-присадками, снижающими, главным образом, склонность масла к образованию низкотемпературных отложений и скорость загрязнения фильтров тонкой очистки масла. Модифицированные термостойкие беззольные дисперсанты способствуют и уменьшению лако- и нагарообразования на поршнях.

Механизм действия моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате на каждой частице образуется оболочка из обращенных в объем масла углеводородных радикалов. Она препятствует коагуляции частиц загрязнений, их соприкосновению друг с другом. Полярные молекулы присадок образуют двойной электрический слой, придающий одноименные заряды частицам, на которых они адсорбировались. Благодаря этому частицы отталкиваются и вероятность их объединения в крупные агрегаты уменьшается.

При работе двигателей на топливах с повышенным содержанием серы моющие присадки, придающие маслу щелочность, препятствуют образованию отложений на деталях двигателей также и путем нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива.

Металлсодержащие моющие присадки повышают зольность масла, что может привести к образованию зольных отложений в камере сгорания, замыканию электродов свечей зажигания, преждевременному воспламенению рабочей смеси, прогару выпускных клапанов, снижению детонационной стойкости топлива, абразивному изнашиванию. Поэтому сульфатную зольность моторных масел ограничивают верхним пределом. Ее допустимое значение зависит от типа и конструкции двигателя, расхода масла на угар, условий эксплуатации, в частности, от вида применяемого топлива. Наименее зольные масла необходимы для смазывания двухтактных бензиновых двигателей и двигателей, работающих на газе. Наибольшую зольность имеют высокощелочные цилиндрические масла.

Моющие свойства моторных масел в лабораторных условиях определяют на модельной установке ПЗВ, представляющей собой малоразмерный одноцилиндровый двигатель с электроприводом и электронагревателями. Стендовые моторные испытания для оценки моющих свойств проводят либо в полноразмерных двигателях, либо в одноцилиндровых моторных установках по стандартным методикам.

Критериями оценки моющих свойств служит чистота поршня, масляных фильтров, роторов центрифуг, подвижность поршневых колец.

Антиокислительные свойства в значительной степени определяют стойкость масла к старению. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляется возможным. Соответствующей очисткой базовых масел от нежелательных соединений, присутствующих в сырье, использованием синтетических базовых компонентов, а также введением эффективных антиокислительных присадок можно значительно затормозить процессы окисления масла, которые приводят к росту его вязкости и коррозионности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим

неблагоприятным последствиям (затруднение холодного пуска, ухудшение прокачиваемости масла).

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхностях деталей, нагреваемых до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). В объеме масла окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, радиаторе, маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление более интенсивно.

На скорость и глубину окислительных процессов значительно влияют попадающие в масло продукты неполного сгорания топлива. Они проникают в масло вместе с газами, прорывающимися из надпоршневого пространства в картер. Ускоряют окисление масла частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые накапливаются в масле в результате изнашивания деталей двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками неорганических кислот, а также металлоорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества — катализаторы окисления.

Стойкость моторных масел к окислению повышают введением в их состав антиокислительных присадок. Наилучший антиокислительный эффект достигается при введении в масло присадок, обладающих различным механизмом действия.

В качестве антиокислительных присадок к моторным маслам применяют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка, которые улучшают также антикоррозионные и противоизносные свойства. Их часто комбинируют друг с другом и с беззольными антиокислителями. К числу последних относят пространственно затрудненные фенолы, ароматические амины, беззольные дитиофосфаты и др.

Довольно энергичными антиокислителями являются некоторые моющедиспергирующие присадки, в частности алкилсалицилатные и алкилфенольные.

При длительной работе масла в двигателе интенсивный рост вязкости, обусловленный окислением, начинается после практически полного истощения антиокислительных присадок. В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукционным периодом осадкообразования (окисление по методу ГОСТ 11063-77 при 200 °С). При моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ (ГОСТ 20457-75) или Fetter W-1.

Противоизносные свойства моторного масла зависят от химического состава и полярности базового масла, состава композиции присадок и вязкостно-температурной характеристики масла с присадками, которая в основном предопределяет температурные пределы его применимости (защита деталей от износа при пуске двигателя, при максимальных нагрузках и температурах окружающей среды).

Особенно важны эффективная вязкость масла при температуре 130—180 °С и градиенте скорости сдвига 10^5 — 10^7 с⁻¹, зависимость вязкости от давления, свойства граничных слоев и способность химически модифицировать поверхностные слои сопряженных трущихся деталей.

При работе на топливах с повышенным или высоким содержанием серы, а также в условиях, способствующих образованию азотной кислоты из продуктов сгорания (газовые двигатели, дизели с высоким наддувом).

Важнейшей характеристикой способности масла предотвращать коррозионный износ поршневых колец и цилиндров является его нейтрализующая способность, показателем которой в нормативной документации служит щелочное число.

Различные узлы и детали двигателей смазываются обычно одним маслом, а условия трения, изнашивания и режим смазки существенно различны. Подшипники коленчатого вала, поршневые кольца в сопряжении с цилиндром работают преимущественно в условиях гидродинамической смазки. Зубчатые колеса привода агрегатов, масляных насосов и детали механизма привода клапанов работают в условиях эластогидродинамической смазки. Вблизи мертвых точек жидкостное трение поршневых колец по стенке цилиндра переходит в граничное.

Множественность факторов, влияющих на износ деталей двигателей, принципиальные различия режимов трения и изнашивания узлов затрудняют оптимизацию противоизносных свойств моторных масел. Придание маслу достаточной нейтрализующей способности и введение в

его состав дитиофосфатов цинка часто оказывается достаточным для предотвращения коррозионно-механического изнашивания и модифицирования поверхностей деталей тяжело нагруженных сопряжений во избежание задигов или усталостного выкрашивания. Однако тенденция к применению маловязких масел для достижения экономии топлива и ограничение поступления масла к верхней части цилиндра для уменьшения расхода на угар требуют улучшения противоизносных свойств масел при граничной смазке.

Это достигается введением специальных противоизносных присадок, содержащих серу, фосфор, галогены, бор, а также введением беззольных дисперсантов, содержащих противоизносные фрагменты.

Большое влияние на износ оказывает наличие в масле абразивных загрязнений. Их наличие в свежем масле не допускается, а масло, работающее в двигателе, должно подвергаться очистке в фильтрах, центрифугах, сепараторах. Уменьшению вредного действия абразивных частиц способствуют высокие диспергирующие свойства масла.

Трибологические характеристики, определяемые на четырех-шариковой машине трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490—75, нормированы стандартами и техническими условиями на многие моторные масла для контроля процесса производства. Однако непосредственную связь между оценкой противоизносных и противозадириных свойств на машине трения и фактическими противоизносными свойствами моторных масел в реальных условиях применения установить не всегда возможно. При моторных испытаниях противоизносные свойства масел оценивают по потере массы поршневых колец, задиру или питтингу кулачков и толкателей, линейному износу этих деталей и цилиндров, состоянию поверхностей трения.

Антикоррозионные свойства моторных масел зависят от состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антикоррозионных, антиокислительных присадок и деактиваторов металлов. В процессе старения коррозионность моторных масел возрастает. Более склонны к увеличению коррозионности масла из малосернистых нефтей с высоким содержанием парафиновых углеводородов, образующих в процессах окисления агрессивные органические кислоты, которые взаимодействуют с цветными металлами и их сплавами.

Антикоррозионные присадки защищают антифрикционные материалы (свинцовистую бронзу), образуя на их поверхности прочную защитную пленку. Антиокислители препятствуют образованию агрессивных кислот. Иногда необходимо вводить в моторные масла присадки-деактиваторы, образующие хелатные соединения, с медью, предохраняющие поверхность от коррозионного разрушения.

Антикоррозионные присадки типа дитиофосфатов цинка, применяемые в большинстве моторных масел, не защищают от коррозии сплавы на основе серебра и фосфористые бронзы, а при высокой температуре активно способствуют их коррозии. В двигателях, в которых используют такие антифрикционные материалы, необходимо использовать специальные масла, не содержащие дитиофосфатов цинка.

В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по методу ГОСТ 20502-75 по потере массы свинцовых пластин за 10 или 25 ч испытания при температуре 140° С. При моторных испытаниях антикоррозионные свойства масел оценивают по потере массы вкладышей шатунных подшипников полноразмерных двигателей или одноцилиндровых установок И КМ или Fetter W-1, а также по состоянию их поверхностей трения (цвет, натиры, следы коррозии).

Вязкостно-температурные свойства — одна из важнейших характеристик моторного масла. От этих свойств зависит диапазон температуры окружающей среды, в котором данное масло обеспечивает пуск двигателя без предварительного подогрева, беспрепятственное прокачивание масла насосом по смазочной системе, надежное смазывание и охлаждение деталей двигателя при наибольших допустимых нагрузках и температуре окружающей среды. Даже в умеренных климатических условиях диапазон изменения температуры масла от холодного пуска зимой до максимального прогрева в подшипниках коленчатого вала или в зоне поршневых колец составляет до 180—190° С. Вязкость минеральных масел в интервале температур от -30 до +150° С изменяется в тысячи раз. Летние масла, имеющие достаточную вязкость при высокой температуре, обеспечивают пуск двигателя при температуре окружающей среды около 0° С. Зимние масла, обеспечивающие холодный пуск при отрицательных температурах, имеют недостаточную вязкость при высокой температуре. Таким образом, сезонные масла независимо от их наработки (пробега автомобиля) необходимо менять дважды в год. Это усложняет и удорожает эксплуатацию двигателей. Проблема решена созданием всесезонных масел, загущенных полимерными

присадками (полиметакрилаты, сополимеры олефинов, полиизобутилены, гидрированные сополимеры стирола с диенами и др.).

Вязкостно-температурные свойства загущенных масел таковы, что при отрицательных температурах они подобны зимним, а в области высоких температур — летним. Вязкостные присадки относительно мало повышают вязкость базового масла при низкой температуре, но значительно увеличивают ее при высокой температуре, что обусловлено увеличением объема макрополимерных молекул с повышением температуры и рядом иных эффектов.

В отличие от сезонных, загущенные всесезонные масла изменяют вязкость под влиянием не только температуры, но и скорости сдвига, причем это изменение временное. С уменьшением скорости относительного перемещения смазываемых деталей вязкость возрастает, а с увеличением — снижается. Этот эффект больше проявляется при низкой температуре, но сохраняется и при высокой, что имеет два позитивных последствия: снижение вязкости в начале проворачивания холодного двигателя стартером облегчает пуск, а небольшое снижение вязкости масла в зазорах между поверхностями трения деталей прогретого двигателя уменьшает потери энергии на трение и дает экономию топлива.

Характеристиками вязкостно-температурных свойств служат кинематическая вязкость, определяемая в капиллярных вискозиметрах, и динамическая вязкость, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, а также индекс вязкости — безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости значения кинематической вязкости масла, измеренной при 40 и 100 °С (ГОСТ 25371—82). В нормативной документации на зимние масла иногда нормируют кинематическую вязкость при низких температурах. Индекс вязкости минеральных масел без вязкостных присадок составляет 85—100. Он зависит от углеводородного состава и глубины очистки масляных фракций. Углубление очистки повышает индекс вязкости, но снижает выход рафината.

Синтетические базовые компоненты имеют индекс вязкости 120—150, что дает возможность получать на их основе всесезонные масла с очень широким температурным диапазоном работоспособности.

К низкотемпературным характеристикам масел относят температуру застывания, при которой масло не течет под действием силы тяжести, т.е. теряет текучесть. Она должна быть на 5—7 °С ниже той температуры, при которой масло должно обеспечивать прокачиваемость. В большинстве случаев застывание моторных масел обусловлено образованием в объеме охлаждаемого масла кристаллов парафинов. Требуемая нормативной документацией температура застывания достигается депарафинизацией базовых компонентов и/или введением в состав моторного масла депрессорных присадок (полиметакрилаты, алкилнафталины и др.).

Классификация моторных масел.

Классификация моторных масел согласно ГОСТ 17479.1—85 подразделяет их на классы по вязкости и группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств. Масла для карбюраторных двигателей называются более точным термином — маслами для бензиновых двигателей.

ГОСТ 17479.1—85 предусмотрено обозначение моторных масел, сообщаемое потребителю основную информацию об их свойствах и области применения. Стандартная марка включает следующие знаки: букву М (моторное), цифру или дробь, указывающую класс или классы вязкости (последнее для всесезонных масел), одну или две из первых шести букв алфавита, обозначающих уровень эксплуатационных свойств и область применения данного масла. Универсальные масла обозначают буквой без индекса или двумя разными буквами с разными индексами. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 — дизельным маслам.

Индекс 1 присваивают маслам для карбюраторных двигателей, индекс 2 — для дизелей. Универсальные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и карбюраторных двигателях одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла как дизельного, второе — как карбюраторного.

Примеры обозначения моторных масел: М-8-В) - моторное масло класса вязкости 8, - предназначено для среднефорсированных, карбюраторных двигателей (В); М-6з/10-В - моторное масло класса вязкости 6з/10, универсальное для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей (В); М-4з/8 В₂ Г₁ -- моторное масло класса вязкости 4з/8, предназначено для

использования в среднефорсированных дизелях (В₂) и высокофорсированных карбюраторных двигателях (Г₁).

Так, марка М-6₃/10В указывает, что это моторное масло всесезонное, универсальное для среднефорсированных дизелей и бензиновых двигателей (группа В);

М-4₃/8-В₂Г₁ — моторное масло всесезонное, универсальное для среднефорсированных дизелей (группа В₂) и высокофорсированных бензиновых двигателей (группа Г₁);

М-14Г₂(цс) — моторное масло класса вязкости 14, предназначенное для высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом. В данном случае после основного обозначения в скобках указана дополнительная характеристика области применения («цс» означает циркуляционное судовое); аналогично М-14Д (цл20) — моторное масло для высокофорсированных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях, (цл20) — применимое в циркуляционных и лубрикаторных смазочных системах и имеющее щелочное число 20 мг КОН/г.

Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85).

Группа масла по эксплуатац. свойствам		Рекомендуемая область применения.	Обозначение марок
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели.	М-8А, М-10А
Б	Б ₁	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников	М-6Б ₁ - М-10Б ₁ три марки
	Б ₂	Малофорсированные дизели.	М-8Б ₂ — М-20Б ₂ 6марок
В	В ₁	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов.	М-6В ₁ — М-10В ₂ 3 марки
	В ₂	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений.	М-8В ₂ — М-20В ₂ 6 марок
Г	Г ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии	М-6Г ₁ — М-10Г ₁ 3 марки
	Г ₂	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений.	М-8Г ₂ — М-20Г ₂ 6 марок
Д	Д ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Г ₁ .	М-8Д – М-20Д 6 марок
	Д ₂	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	Е ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп Д ₁ и Д ₂ . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами.	М-12Е— М-20Е 4 марки
	Е ₂		

В прежней нормативной документации дополнительные характеристики условий применения и особенностей свойств масел вводились в стандартные обозначения без скобок (М-8Г₂к, М-10ДМ, М-16ДР и т.п.), иное назначение масла обозначала группа Е (раньше так обозначали цилиндрические масла для лубрикаторных смазочных систем крейцкопфных дизелей), употреблялись и нестандартные марки (МТ-16п, М-16ИХП-3). Поскольку старые марки

содержатся в многочисленных инструкциях по эксплуатации техники, нормативной документации на масла, картах смазки и другой документации, не представляется возможным одновременно исключить все ранее принятые обозначения.

Общепринятой в международном масштабе стала классификация моторных масел по вязкости Американского общества автомобильных инженеров — SAE J300. Уровень эксплуатационных свойств и область применения, зарубежные производители моторных масел в большинстве случаев указывают по классификации API (Американский институт нефти).

ГОСТ 17479.1-85 в справочных приложениях дает примерное соответствие классов вязкости и групп по назначению и эксплуатационным свойствам, изложенным в ГОСТе, классам вязкости по SAE и классам API по условиям и областям применения моторных масел. Классы вязкости SAE в большинстве случаев имеют более широкие диапазоны кинематической вязкости при 100°C, чем классы вязкости по ГОСТ 17479.1—85. По этой причине одному классу SAE могут соответствовать два смежных класса по ГОСТ 17479.1—85. В таком случае предпочтительно указать аналог, имеющий самое близкое фактическое значение вязкости по проспектным данным или нормативной документации на данный продукт.

Классификация API подразделяет моторные масла на две категории: «S» (Service) — масла для бензиновых двигателей и «C» (Commercial) — масла для дизелей. Универсальные масла обозначают классами обеих категорий. Классы в категориях указывают буквы латинского алфавита, стоящие после буквы, обозначающей категорию, например, SF, SH, CC, CD или SF/CC, CG/CD, CF-4/SH для универсальных масел.

Моторные масла, относящиеся к одному и тому же классу API, но производимые разными фирмами, могут существенно отличаться по составу базовых масел, типам используемых присадок и, следовательно, иметь специфические свойства, удовлетворять предъявляемые требования близко к предельным значениям или иметь запас качества. При выборе аналога по области применения и уровню эксплуатационных свойств обязательно должны быть приняты во внимание все специальные требования к моторному маслу со стороны изготовителя техники (например, ограничения по сульфатной зольности, отсутствие или, напротив, наличие определенного количества цинка, отсутствие в составе масла растворимых модификаторов трения, содержащих молибден и т.п.).

Согласно классификациям ГОСТ 17479.1-85 и API группу (класс) по уровню эксплуатационных свойств устанавливают только по результатам моторных испытаний масел в специальных одноцилиндровых установках и полноразмерных двигателях.

Испытания проводят в стендовых условиях по стандартным методам. Для контроля стабильности качества серийно выпускаемых моторных масел их классификационные испытания проводят согласно требованиям ГОСТ 17479.1—85 не реже одного раза в два года. При этом определяют моющие, диспергирующие, противоизносные, антикоррозионные, антиокислительные свойства масел и их соответствие указанным в марках классам вязкости.

Вопросы и задания

1. Назначение моторных масел.
2. Требования, предъявляемые к моторным маслам.
3. Моюще-диспергирующее свойство моторного масла и метод его оценки.
4. Антиокислительное свойство моторного масла и метод его оценки.
5. Противоизносные свойства моторных масел.
6. Антикоррозионное свойство моторного масла и метод его оценки.
7. Вязкостно-температурные свойства моторных масел.
8. Классификация моторных масел.
9. Международная классификация моторных масел.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. — М. : Химия, 2015. — 400 с. : ил. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). — Библиогр.: с. 394-395. — ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. — СПб. : Недра, 2013. — 544 с. : ил. — Библиогр.: с. 541. — ISBN 978-5-905153-44-2..
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В.

- Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
4. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. –

Практическое занятие № 13.
Трансмиссионные, гидравлические и энергетические масла.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к трансмиссионным, гидравлическим и энергетическим маслам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности трансмиссионных, гидравлических и энергетических масел;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Они предназначены для коробок передач и силовых трансмиссий, передающих большие крутящие моменты в автомобилях, тракторах, экскаваторах, танках и других стационарных машинах и механизмах. Эти масла подразделяются на пять групп (табл. 2.42) в зависимости от областей применения и от условий эксплуатации. Кроме того, для масел установлено 34 класса по вязкости и поэтому их обозначают, например, следующим образом: ТМ-1-18 или ТМ-5-34 (табл. 2.43), что означает трансмиссионное масло 1-й группы, класса вязкости 18 или 5-й группы класса вязкости 34.

Вязкие масла класса 18 - одни из массовых в ассортименте трансмиссионных смазок. Область их применения - все грузовые и легковые автомобили, тракторы и дорожно-строительные машины, а также некоторые тяжелые редукторы промышленного оборудования. Показатели качества этих масел приведены в табл. 2.44.

Таблица 2.41. Характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателе

Показатели	МС-8п	МС-8рк	МК-8п	МК-8
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:				
50 °С, не менее	8,0	8,0	8,3	8,3
-40 °С, не более	4000	5000	6500	6500
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	145	145	135	140
застывания, не выше	-55	-55	-55	-55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,15	0,04	0,04
Термоокислительная стабильность, ч (температура, °С)	50(150)	50(150)	10(175)	10(120)
Показатели после окисления:				
кинематическая вязкость, мм ² /с, не более, при температуре:				
50 °С	10,0	11,0	-	-
-40 °С	5500	6750	-	-
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,7	0,7	0,6	0,25
содержание осадка, нерастворимого в изо-октане, % (мае), не более	0,15	0,15	0,10	0,10
коррозия на пластинках (медь М1 и М2), г/м ² , не более	±0,2	±0,2	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	875	900	885	885

Таблица 2.42. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90 °С
2	Минеральные масла с противозносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130°С
	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С
5	Минеральные 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 до 150 °С

Таблица 2.43. Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 обозначениям, принятым в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.2-85	Обозначение масла, принятое в нормативно-технической документации	Нормативно-техническая документация
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101 1 10-81
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38.001280-76
ТМ-2-9	ТСп-ЮЭФО	ТУ 38.101701-77
ТМ-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652-79
ТМ-2-34	ГС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3-9	ТСэп-8	ТУ 38.101 1280-89
ТМ-3-9	ТСп-10	ТУ 38.401809-90
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТЛп-15R	ГОСТ 23652-79
ГМ-5-9	ТСз-9гпп	ТУ 38.1011238-89
ТМ-5-18	ТСп-14гип, ТАД-17и	ГОСТ 23652-79
ГМ-5-34	ТСгип	ОСТ 38.01260-82
ТМ-5-12з(рк)	ТМ5-12рк	ТУ 38.101844-80

Таблица 2.44. Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 18

Показатели	ТЭп-15	ТСп-15К	Тап-15В	ТСп-14гип	ТАД-17и
Вязкость:					
кинематическая, мм ² /с, при температуре:					
50 °С	-	-	-		110-120
100 С	15,0±1	15,0 Л	15,0±1	>14,0	>17,5
динамическая при -15 (20) °С, 1 лас. не	200	75	180	(75)	-

более					
Индекс вязкости, не менее	—	90	-	85	100
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	185	185	185	215	200
застывания, не выше	-18	-25	-20	-25	-25
Содержание, % (мас):					
механических примесей, не более	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие
фосфора, не менее	0,6	-	-	-	0,1
серы	>3,0	-	-	-	1,9-2,3
Испытание на коррозию в течение 3 ч пластинок из меди при 120 °С, баллы, не более		2 с			2 с
Зольность, %	>0,3	-	-	-	>0,3
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	-	-	2,0
Склонность к пенообразованию, см ³ не более, при температуре:					
24 °С	-	300	-	500	100
94 °С	-	50	-	450	50
24 °С после испытания при 94 °С	-	300	-	550	100
Смазывающие свойства на ЧШМ:		539	490	588	568
индекс задира, Н, не менее					
нагрузка сваривания, Н, не менее		3479	3283	3920	3687

Так, масло ТЭп-15, полученное на базе ароматизированных остатков и дис-тиллятных масел, применяют как всесезонное для тракторов и других сельхозмашин в районах с умеренным климатом и работают они в диапазоне рабочих температур от минус 20 до +100 °С.

Масло ТСП-15К предназначено для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими зубчатыми парами) экскаваторной техники.

Масло ТАД-17и применяется для коробок передач и карданных передач автомашин "Жигули".

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА

Эта группа масел вырабатывается специально для заполнения цилиндров грузоподъемных механизмов (домкратов, подъемников на тракторах и экскаваторах). Масло используется в них как среда, передающая большие осевые нагрузки.

В качестве примеров приведены характеристики низкозастывающих маловязких (табл. 2.45) и средневязких (табл. 2.46) гидравлических масел. Они отличаются очень низкими значениями температур застывания и помутнения, а также кислотных чисел, так как вырабатываются на базе керосиновых или легких дизельных фракций, содержащих загущающую и антиокислительную присадки.

Таблица 2.45. Характеристики низкозастывающих маловязких гидравлических масел

Показатели	ЛЗ-МГ-2	МГЕ-4А	РМ	РМЦ	МГ-7-Б	МГ-10Б
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:						
50 °С	>4,0	>3,6	3,8-4,2	г8,3	>3,4	>8,3
40 °С	—	-	<350	<915	<350	<_91 5
50 °С	<210	<300				—
Температура, °С:						
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	(92)	(94)	125	125	120	120
застывания, не выше	-70	-70	-60	-60	-60	-60
помутнения, не выше		-	-50	-50	-50	-50

Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,4-0,7	0,02	0,02	0,02	0,02
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	840	-	845	845	845	845
Стабильность к окислению -показатели после окисления:						
содержание осадка, % не более	0,04	О тсуга вне (0,015)	0,05	0,05	0,05	0,05
кислотное число (изменение кислотного числа), мг КОН/г, не более	0,02		0,09	0,09	0,09	0,09
П р и м е ч а н и е. Для всех масел: вода и механические примеси - отсутствие.						

Таблица 2.46. Характеристики средневязких гидравлических масел

Показатели	АУ из нефтей			АУП	ГТ-50	ЭШ
	беспара финовы х	малосе рнисты х	сернист ых			
Кипематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:						
50 °С	-	-	-	-	11-15	>20
40 °С	16-22	16-22	16-22	16-22	-	-
-40 °С, не более	30000	14000	13000	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	-	-	-	-		135
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,07	0,07	0,05	0,45- 1,0	3,5	0,1
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	163	165	165	145	165	160
застывания, не выше	-45	-45	-45	-45	28	- 50*
Содержание серы, % (мас), не более	-	0,3	1,0	-		
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,5	2,5	2,5	-	3,5	4,0
Плотность при 20 °С, кг/м ³	884-894	890	890	-	>850	850-880
* Для умеренной, теплой, влажной и жаркой климатических зон допускается вырабатывать масло ЭП1 с температурой застывания не выше -45 °С.						
П р и м е ч а н и е. Для всех масел: вода и механические примеси - отсутствующие.						

Применяются для гидросистем авиационной и наземной техники, работающей в интервале температур от минус 60 до +55 °С (МГ-10Г).

Масла ЛЗ-МГ-2, РМ и РМЦ применяют в гидросистемах специального назначения, эксплуатируемых при низких температурах.

Средневязкие гидравлические масла получают:

- веретенное АУ - из малосернистых и сернистых нефтей с использованием глубокой фенольной очистки и глубокой депарафинизации с добавлением антиокислительной присадки;
- АУП - на базе АУ с добавлением антиокислительной и антикоррозионной присадок;
- ЭШ - для гидросистем высоконагруженных механизмов - средневязкий дистиллят глубокой селективной очистки и глубокой депарафинизации, в который введены полимерная загущающая и депрессорная присадки;
- ГТ-50 - для гидродинамических передач тепловозов (смазка турбoredуктора гидропередачи дизель-поезда) - маловязкое минеральное масло глубокой селективной очистки, в которое введена композиция присадок.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА

Наиболее типичными представителями этой группы масел являются турбинные и трансформаторные масла.

Турбинные масла предназначены для смазки подшипников и редукторных передач паровых и водяных турбин в циркуляционных системах. Они имеют вязкость при 40 и 50 °С порядка 28-70 мм²/с, индекс вязкости 70-95, низкое кислотное число - не более 0,5, 0,07 и 0,02 мг КОН/г и не очень низкую температуру застывания - не выше минус 10 и минус 15 °С.

Особое требование к этим маслам - водостойкость, поэтому нормируется число деэмульсации: от 180 до 300 с, не более.

Более широко распространены другие энергетические масла - трансформаторные (табл. 2.47). Их выпускают нескольких сортов, различающихся по используемому сырью и способу получения.

Таблица 2.47. Характеристики трансформаторных масел

Показатели	ТКп	Т-1500У	ГК	ВГ	АГК	МВТ
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:						
50 °С	9	-	9	9	5	
-30 °С	1500	1300	1200	1200	-	
-40 °С	-		-	-	800	150
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Температура, °С:						
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	135	135	135	125	95
застывания, не выше	-45	-45	-45	-45	-60	-65
Стабильность - показатели после окисления, не более:						
осадок, % (мас.)	0,01	Отсутствие	0,015	0,015	Отсу	стве
летучие низкомолекулярные колоты, мг КОН/г	0,005	0,05	0,04	0,04	0,4	0,04
кислотное число, мг КОН/г	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Стабильность по методу МЭК - индукционный период, ч. не менее			150	120	150	150
Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С %, не более	2 2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Цвет, ед. ЦНТ, не более		1,5	1	1	1	-
Показатель преломления, не более	1,505		-		-	
Плотность при 20 °С, кг/м ³ не более	895	885	895	895	895	-

Все они маловязкие: вязкость при 50 °С - порядка 9 мм²/с, а при отрицательных температурах (минус 30 - минус 40 °С) - от 150 до 1500 мм²/с.

У них у всех очень низкое кислотное число (0,01-0,02 мг КОН/г) и температура застывания (не выше минус 45 - минус 65 °С).

Наконец, такая специфическая характеристика, как тангенс угла диэлектрических потерь, нормируется для этих масел значением не более 0,5 % при 90 °С, кроме масла ТКп, для которого это значение составляет 2,2 %.

Масло ТКп получают из нафтенных малосернистых нефтей кислотно-щелочной очисткой с добавлением присадки ионол.

Масла Т-1500У, ГК, ВГ получают из сернистых, парафинистых нефтей селективной очисткой и гидрированием (Т-1500У), а также гидрокрекингом (ГК и ВГ). Они обладают хорошими диэлектрическими свойствами, высокой стойкостью к окислению и применяются в электрооборудовании высших классов напряжения.

Масло АГК, также получаемое с применением гидрокаталитических процессов, предназначено для применения в трансформаторах арктического исполнения.

Вопросы и задания

1. Назначение трансмиссионных масел.
2. Назначение гидравлических масел.
3. Назначение энергетических масел.
4. Классификация трансмиссионных масел.
5. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85
6. Низкозастывающие маловязкие гидравлические масла.
7. Средневязкие гидравлические масла

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..

Практическое занятие № 14.
Индустриальные масла и пластичные смазки.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к индустриальным маслам и пластичным смазкам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности индустриальных масел и пластичных смазок;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Это самая большая по объему выработки и по ассортименту группа масел, подразделяющаяся на четыре группы по уровню нагрузок (механических усилий) механизмов - Л, Г, Н и Т (табл. 2.48).

По уровню эксплуатационных свойств каждая группа подразделяется на пять подгрупп - А, В, С, D и Е (табл. 2.49).

Таблица 2.48. Группы индустриальных масел по назначению

Группа	Соответствующие группы по ISO 6743/0-81	Область применения
Л	F	Легконагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	H	Гидравлические системы
Н	G	Направляющие скольжения
Т	C	Тяжелонагруженные узлы (зубчатые передачи)

Таблица 2.49. Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам

Подгруппа	Состав, условия эксплуатации и рекомендуемая область применения
А	Масла без присадок; по условиям работы оборудования не предъявляются особые требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масла подгруппы В с противоизносными присадками для оборудования, в котором имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которого предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Д	Масла подгруппы С с противозадирными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Масла подгруппы Д с противоскачковыми присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным,

	адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам
--	--

	масел
--	-------

Таблица 2.50. Классы вязкости промышленных масел по ISO 3448-75

Класс вязкости	V_{40} , мм ² /с	Класс вязкости	V_{40} , мм ² /с
2	1,9-2,5	68	61-75
3	3,0-3,5	100	90-110
5	4,0-5,0	150	135-165
7	6,0-8,0	220	198-242
10	9,0-11,0	320	288-352
15	13,0-17,0	460	414-506
22	19,0-25,0	680	612-748
32	29,0-35,0	1000	900-1100
46	41,0-51,0	1500	1350-1650

И последний уровень деления - это классы по вязкости от 2-го (вязкость 1,9-2,5 мм²/с) до 1500-го класса (вязкость 1350-1650 мм²/с), которые приведены в табл. 2.50.

В соответствии с этой классификацией промышленные масла обозначаются, например, следующим образом: И-Г-В-15, что означает масло промышленное, группы Г, подгруппы В, класса вязкости 15".

Несколько типов масел приведем в качестве примеров. В табл. 2.51 даны характеристики легких масел общего назначения без присадок. Они охватывают группы от Л до ГТ (т.е. для разных машин и механизмов с нагрузками от легкой до тяжелой), но все относятся к подгруппе А. Классы вязкости - от 7-го до 100-го, но у всех температура застывания не выше минус 15 °С.

Таблица 2.51. Характеристики промышленных масел общего назначения без присадок (ГОСТ 20799-S8)

Показатели	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87				
	И-Л-А-7	И-ЛГ-А-15	И-Г-А-32	И-Г-А-68	И-ГТ-А-100
Плотность при 20 °С кг/м ³ , не более	870	880	890	900	910
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	6-8	13-17	29-35	61-75	90-110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже застывания, не выше	140 -18	170 -15	200 -15	220 -15	225 -15
Цвет, ед. ЦНГ, не более	1,0	1,5	2,0	3,0	4,5
Стабильность к окислению: приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более приращение содержания смол, %, не более	0,2 1,5	0,2 1,5	0,3 2,0	0,4 3,0	0,4 3,0
П р и м е ч а н и я. 1. Во всех маслах: вода - следы; механические примеси, селективные растворители - отсутствие; зольность- не более 0,005 %; содержание серы в маслах из сернистых нефтей - 1,0-1,1 % (мас), не более. 2. По согласованию изготовителя с потребителем и при заявке на масла с температурой застывания ниже предусмотренной требованиями стандарта допускается изготавливать промышленные масла с депрессагором, а также масла с $t_{заст} < \text{минус } 10 \text{ °С}$ для масел, применяемых в период с 1 апреля до 1 сентября, за исключением масел, изготавливаемых на экспорт.					

Первые два из этих масел (И-Л-А-7 и И-ЛГ-А-15) применяют для смазки шпинделей металлорежущих станков, имеющих частоту вращения до 5 тыс. об/мин, для подшипников маломощных электродвигателей с кольцевой системой смазки, для поршневой группы аммиачных компрессоров и многих других видов оборудования.

Три остальные марки масел без присадок, полученные как смесь дистиллятного и остаточного базового масел из сернистых и малосернистых нефтей, используют:

- для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла;
- в гидросистемах промышленного оборудования;
- для строительных, дорожных и других машин, работающих на открытом воздухе.

Другой пример - это универсальные масла И-ГН-Е и И-ГН-Е(ф), показатели качества которых приведены в табл. 2.52. Класс вязкости у них - 32 и 68. Их получают глубокой селективной очисткой из сернистых нефтей с добавкой пакета присадок - антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной, противозадирной, противоскачковой, депрессорной и антипенной. Предназначены они для гидросистем и смазывания направляющих скольжения металлорежущих станков.

Таблица 2.52. Характеристики универсальных масел И-ГН-Е и И-1 Н-Е(ф)

Показатели	И-ГН-Е-32	И-ГН-Е-68	И-ГН-Е-32(ф)	И-ГН-Е-68(ф)
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	890	895	890	895
Кинематическая вязкость при 40 °С мм ² /с	28-36	61-68	28-36	61-75
Индекс вязкости, не менее	-		90	90
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5	2,5	2,5
Температура, °С:				
вспышки в от крытом тигле, не ниже	1s5	210	175	200
застывания, не выше	-15	-15	-15	-15
Цвет, ед ЦНГ, не более	4,5	5,0	5,0	5,5
Коксуемость, %, не более	0,30	0,40	-	-
Стабильность к окислению: изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более			1,0	1,0
Примечай и е. Для всех масел И-ГП-Е и И-ГП-Е(ф): внешний вид - однородная прозрачная жидкость; зольность - не более 0,25 %; содержание цинка - не менее 0,04 % (мас); серы - не менее 0,6 % (мас.); механические примеси - отсутствие.				

Масла И-ГН-Е(ф) помимо указанного выше пакета присадок содержат еще присадку детергентно-диспергирующую и отличаются улучшенной фильтруемостью.

Наконец, третий пример - это легированные масла для прокатных станков (табл. 2.53), относящиеся к группе Т и подгруппам В и D. Эти масла имеют повышенный класс вязкости (от 46-го до 460-го), повышенный индекс вязкости (от 87 до 98) и умеренную температуру застывания.

Таблица 2.53. Характеристики легированных масел для прокатных станков

Показатели	И 46ПВ	И 220ПВ	И 460ПВ	И-100Р(С)
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87			
	И-Т-В-46	И-Т-В-220	И-Г-В-460	И-Т-D-100 (пр)
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	890	900	920	900
Кинематическая вязкость, мм ² /с: при 40 °С	41,5-50,5	198-242	414-520	90-110
при 100 °С	6,5-7,5	17,5-20,0	26,0-3 1,0	-
Индекс вязкости, не менее	98	95	90	87
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	220	240	200
застывания, не выше	-10	-10	-10	-18
Кислотное число, мг КОН/г	0,1-0,3	0,2-0,4	0,2-0,4	<0,3
Содержание механических примесей, % (мас), не более	0,007	0,010	0,015	0,007
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5	1,0	-
Деэмульгирующие свойства: время расслоения эмульсии, мин, не более	20	20	40	

Объем слоев (масло - вода - эмульсия), см ³ не более	(40-37-3)	(40-37-3)	(40-37-3)	-
Стабильность к окислению: изменения вязкости, %, не более	5	10	10	-
изменения кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,10	0,15	0,40	-
Примечания. 1. Для всех марок масел И-Т-В: механические примеси при заказе для импортных станков - отсутствие; наличия абразивных веществ в маслах не допускается. 2. Стабильность к окислению гарантируется заводом-изготовителем и определяется два раза в год в ОАО "СвНИИ НП".				

Поскольку в прокатном деле очень широко используется вода и водяные СОЖ, для этих масел нормируются деэмульгирующие свойства: время расслоения эмульсии (не более 20 и 40 мин) и соотношение объемов слоев масло - вода - эмульсия (40 - 37 - 3 см³).

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Это большая группа продуктов, представляющих собой композиции нефтепродуктов с загустителями и наполнителями, придающими им специфические свойства, необходимые каждому конкретному потребителю.

Основой большинства пластичных смазок являются: минеральное масло, хлор-, фтор- или кремнийорганические соединения, а также некоторые сложные эфиры.

Для придания им пластичных свойств к основе добавляют загустители и наполнители (графит, краситель).

В зависимости от используемого загустителя смазки, соответственно, называют кальциевыми, натриевыми, литиевыми, бариевыми, алюминиевыми и углеводородными.

Объемно-механические свойства смазок описываются реологической кривой зависимости скорости деформации от напряжения сдвига (рис. 2.17). На участке кривой $\tau_1 - \tau_2$ все разрушенные связи практически мгновенно восстанавливаются и скорость течения смазок пропорциональна напряжению сдвига. При напряжении сдвига τ_2 достигается предел прочности структурного каркаса и начинается его хрупкая деформация. При этом смазка должна бы перестать существовать как единое тело, но благодаря тиксотропным свойствам разрушенные связи восстанавливаются. В точке τ_3 восстанавливаются не все разрушенные связи, и наступает резкое возрастание скорости деформации.

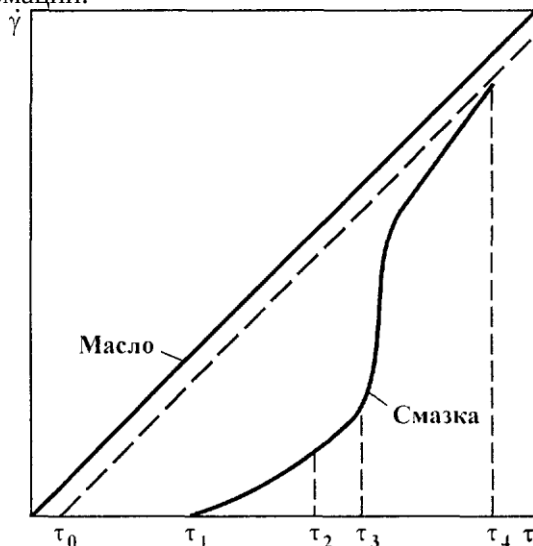


Рис. 2.17. Зависимость скорости деформации от напряжения сдвига для масел и пластичных смазок

При напряжениях сдвига, больших τ_4 , скорость деформации возрастает настолько, что восстановления структуры практически не происходит и отдельные дисперсные частицы загустителя полностью ориентируются в направлении движения потока.

Основные реологические характеристики смазок - предел их прочности при сдвиге (или предельное напряжение сдвига τ) и эффективная вязкость.

Предел прочности смазок при сдвиге - это та минимальная нагрузка, при приложении которой происходит необратимая деформация (сдвиг) смазки. Благодаря правильному подбору этого показателя смазки не стекают с наклонных и вертикальных поверхностей и не вытекают из открытых узлов трения. Повышение температуры вызывает уменьшение предела прочности смазок.

Вязкость смазок, в отличие от масел, зависит не только от температуры, но и от скорости сдвига (деформации), с увеличением которой она уменьшается. При максимальных температурах применения вязкость смазки не должна превышать 2000 Па·с.

Важными показателями смазок как коллоидных гетерогенных систем являются показатели, характеризующие стабильность их структуры и свойств во времени. К числу таких показателей относятся: механическая стабильность, коллоидная стабильность, термическая стабильность, испаряемость, химическая стабильность, пенетрация и температура каплепадения.

Механическая стабильность определяется тем, что при работе в узлах трения предел прочности и вязкость смазок уменьшаются, а при прекращении механического воздействия, как правило, эти показатели возрастают.

Коллоидная стабильность смазок характеризует их способность в минимальной степени выделять масло при хранении и эксплуатации, т.е. сохранять свою коллоидную структуру. Чем выше вязкость дисперсной среды (масла) и мельче структура загустителя, тем выше коллоидная стабильность. Выделение масла из смазки не должно превышать 30 % (мас). Смазки на маловязких маслах или с малым количеством загустителя обладают недостаточной коллоидной стабильностью, и чтобы из них не было большого выделения масла, их расфасовывают в сравнительно мелкую тару.

Термическая стабильность - это способность смазки сохранять свои свойства при кратковременном нагреве, т.е. не терять упругих свойств и не становиться подвижной. Наиболее низкую термическую стабильность имеют натриевые и натриево-кальциевые смазки. Термическую стабильность, или теплостойкость, определяют **температурой каплепадения** (ТКП). Считается нормой, чтобы температура каплепадения была на 20-25 °С выше рабочей температуры в узле трения. По этому показателю различают смазки:

- низкоплавкие (ТКП = 55-60 °С) - на основе парафина и церезина, т.е. технические вазелины;
- среднеплавкие (ТКП = 65-100 °С) - солидолы на основе кальциевого мыла;
- тугоплавкие (ТКП > 100 °С) - на основе литиевых и натриевых мыл. Испаряемость - это стабильность состава смазки при хранении и эксплуатации. Поскольку некоторые смазки работают при высоких температурах, при глубоком вакууме и их заменяют редко, то при испарении дисперсионной среды они усыхают, на их поверхности образуются корки и трещины, что нарушает целостность смазочной пленки и снижает защитную способность смазки.

Химическая стабильность - это устойчивость смазок к окислению кислородом воздуха. Окисление смазок приводит к их разупрочнению, ухудшению коллоидной стабильности, смазывающей и защитной способности.

Консистентность (густота) смазки характеризует ее способность сопротивляться выдавливанию из узла трения, а также легкость подачи ее к трущимся поверхностям. Измеряют консистентность глубиной погружения в смазку стандартного конуса, или пенетрацией. Конус имеет стандартный вес и его погружение определяют за 5 с при 25 °С. Единицей пенетрации является 0,1 мм, поэтому при погружении конуса на 22 мм пенетрация равна 220.

По ГОСТ все пластичные смазки делятся на четыре группы - антифрикционные, защитные (консервационные), уплотнительные и канатные (табл. 2.54.).

Таблица 2.54. Классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258-78

Подгруппа	Области применения
Антифрикционные (снижение износа и трения сопряженных деталей)	
Общего назначения для обычных температур	Узлы трения, работающие при температуре до 70 °С
Общего назначения для повышенных температур	Узлы трения, работающие при температуре до 110 °С

Многоцелевые	Узлы трения, работающие при температуре от -30 до 130 °С в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах обеспечивают работоспособность узлов при температуре -40 °С
Термостойкие	Узлы трения, работающие при температуре свыше 150 °С
Низкотемпературные	Узлы трения, работающие при температуре ниже -40 °С
Противозадирные и противоизносные	Подшипники качения при контактных напряжениях 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках более 15 кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
Химически стойкие	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
Приборные	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные (трансмиссионные)	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Прирабочные пасты	На сопряженных поверхностях - с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки
Узкоспециализированные	Узлы трения, для которых смазки должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в перечисленных выше подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т.д.)
Брикетные	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазок в виде брикетов
Консервационные (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации)	
Консервационные	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и изделий, требующих использования консервационных масел для твердых покрытий
Уплотнительные (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем)	
Арматурные	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	Резьбовые соединения
Вакуумные	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
Канатные (предотвращение износа и коррозии стальных канатов)	
Канатные	Стальные канаты и тросы, органические сердечники стальных канатов

Наиболее обширной по числу марок (около 70) является группа антифрикционных смазок, применяемых для смазывания грубых и высоконагруженных узлов трения транспортных средств (подвесок ходовых частей, рессор), горнодобывающего оборудования, различных узлов промышленных механизмов (конвейеров, сельскохозяйственных машин), подшипников электродвигателей и т.д. (Солидол, Литол-24, Фиол-1 и др.).

Защитные, или консервационные, смазки служат для предохранения металлических поверхностей от коррозии, кожаных изделий - от высыхания и гниения. Эти смазки наносят на металлические поверхности в нагретом до 100-110 °С состоянии, а при расконсервации смывают органическим растворителем или горячей водой.

Наиболее известными защитными составами являются марки Мовиль и Мольвин-МЛ, используемые для защиты от коррозии внутренних труднодоступных поверхностей кузовов автомобилей.

Уплотнительные смазки (14 марок) применяют в качестве уплотнительной среды в резьбовых соединениях, трубопроводной и запорной арматуре, в узлах соединений вакуумных систем и т.п.

Канатные смазки - это влагостойкие и низкозастывающие (до -50 °С) композиции, используемые для пропитки сердечников стальных силовых канатов, а также при их изготовлении и эксплуатации в горнодобывающем и подъемно-транспортном оборудовании.

Вопросы и задания

1. Группы индустриальных масел по назначению.
2. Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам.
3. Обозначение индустриальных масел.
4. Основа пластичных смазок.
5. Объемно-механические свойства смазок.
6. Основные реологические характеристики смазок.
7. Важные показатели смазок как коллоидных гетерогенных систем.
8. Термическая стабильность смазки.
9. Классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258-78

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
4. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

Практическое занятие № 15.

Нефтепродукты специального назначения: жидкие парафины и нефтяные битумы.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество жидких парафинов и нефтяных битумов;

Умения: объективно оценивать степень пригодности жидких парафинов и нефтяных битумов;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

ЖИДКИЕ ПАРАФИНЫ

Они получают путем депарафинизации дизельного топлива, при которой решаются две важные задачи - существенное снижение температуры застывания топлива и получение жидкого парафина, являющегося дефицитным и очень ценным сырьем для нефтехимического синтеза.

Существует пять типов процессов депарафинизации, отличающихся принципами, требованиями к сырью, отбором и качеством продуктов: вымораживание, карбамидные, адсорбционные, каталитические и микробиологические.

Вымораживание - один из старейших процессов, основанный на том, что смесь дизельного топлива и избирательного растворителя (метилэтилкетон, бензол, толуол) охлаждают до минус 15 - минус 20 °С и выпавшие кристаллы н-алканов C_8-C_{20} фильтруют на тканевом фильтре. Сырье - фракция 200-360 °С высокопарафинистой нефти. Отбор парафина низкий (30-35 % от потенциала). Чистота жидкого парафина по н-алканам составляет 95-97 %. Процесс распространения не получил.

Карбамидная депарафинизация основана на способности карбамида ($NH_2-CO-NH_2$) образовывать комплексное соединение (аддукт) с молекулами н-алканов от гексана и выше при 20 °С.

Существует три варианта этого процесса:

- с концентрированным водным раствором карбамида (процесс Жекса -Эделиану);
- с водным раствором карбамида и изопропилового спирта (процесс 64-1, г. Баку);
- с кристаллическим карбамидом (процесс Г-64, г. Грозный).

Наиболее распространен второй из этих процессов, но наиболее совершенным является процесс Жекса - Эделиану.

Отбор жидкого парафина составляет 50-60 % от потенциала. Чистота его по н-алканам - 96-97 % и он содержит от 0,5 до 2 % ароматики.

Адсорбционная депарафинизация - наиболее распространенный процесс. Большинство установок - со стационарным слоем цеолита и с адсорбцией в паровой фазе.

У нас в стране получили распространение установки "Парекс" (созданы в бывшей ГДР). Процесс циклический (псевдонепрерывный), т.е. адсорберы работают попеременно то на адсорбцию, то на десорбцию.

Отбор жидкого парафина составляет 90-95 % от потенциала. Чистота его по н-алканам - 98-99 %. Ароматики он содержит 0,3-0,5 % (после олеумной очистки -0,01 %).

Парафин $C_{10}-C_{18}$ используется для получения жирных высших спиртов, высокоэффективных моющих средств и для микробиологического синтеза.

Каталитическая депарафинизация - процесс фирмы "Мобил ойл" на цеолите ZSM-5 и Pt-H-мордените. Принцип его основан на селективном гидрокрекинге и гидроизмеризации н-алканов, т.е. заключается не в извлечении жидкого парафина, а в его превращении в более низкозастывающие продукты. Процесс осуществляется при температуре 290-400 °С, давлении 2-

10 МПа, объемной скорости подачи сырья 0,5-5,0 ч⁻¹ и кратности ВСГ 400-900 нм³/м³ сырья. Депрессия дизельного топлива 20-30 °С.

Микробиологическая депарафинизация - это также процесс без извлечения жидкого парафина. Сущность его заключается в культивации микроорганизмов в среде дизельного топлива с водой с последующим отделением дрожжей и очисткой от них топлива.

Физико-химические свойства жидких парафинов нормируются по техническим условиям конкретно для того производства, для которого они вырабатываются (табл. 2.55). Рассмотрим значение физико-химических свойств, приведенных в этой таблице.

Содержание н-алканов определяется требованиями технологии потребителя, поэтому наиболее чистый жидкий парафин требуется для БВК, а наименее чистый - для ПАВ. При производстве БВК от концентрации н-алканов зависит выход и качество белка. Содержание н-алканов определяют хромато-графически.

Таблица 2.55. Свойства некоторых жидких парафинов

Показатели	Для БВК (установка "Парекс")	Для БВК карбамидная депарафинизация	Для ПАВ	Для сульфоната (процесс Г-70)
Содержание н-алканов, %, не менее	99	97	90	98
Фракционный состав: начало кипения, °С, не ниже	200	220-270	275	200
конец кипения, °С, не выше	320	345	360 [95 % (об.)]	295-320
Содержание, % (мас): АрУ, не более	0,01	0,5	1,5	0,1
серы, не более	0,02	0,05	0,05	0,2
Температура вспышки, °С, не ниже	—		125	65
Примечание: БВК - белково-витаминный концентрат; ПАВ - поверхностно-активное вещество.				

Фракционный состав определяет спектр н-алканов (по числу атомов углерода), который также является требованием технологии потребителя.

Содержание АрУ - наиболее вредная примесь в жидком парафине, особенно для БВК (0,01 %), так как микроорганизмы не усваивают АрУ. и они переходят в дрожжи и в конечный БВК, а при употреблении БВК в пищу скоту они оказывают на него канцерогенное действие (а через мясо скота - и на человека).

Температура вспышки нормируется для тех производств, где есть пожароопасность.

НЕФТЯНЫЕ БИТУМЫ

Это жидкие, полутвердые и твердые нефтепродукты, представляющие собой коллоидную смесь мальтенов, смол и асфальтенов, предназначенные для покрытия дорог, гидротехнических сооружений, покрытия кровли, электроизоляции и других нужд. Сырьем для них являются гудроны, крекинг-остатки и асфальтены.

Пригодность нефти для получения битума определяется соотношением Баш-НИИ:

$$A + C - 2P > 0,$$

Где А, С, П - содержание в процентах асфальтенов, смол и твердых парафинов соответственно.

Более полно возможности получения битумов можно видеть из табл. 2.56. По этой классификации битумы можно получить из любой нефти, но разных марок (по применению) и разной технологией.

Таблица 2.56. Пригодность различных нефтей для получения из них битумов

Группа нефти	А+С	П	Марки получаемых битумов, технология получения
1	25-36	3-5	Битумы БН, БНД, остаточные, вязкие (т.е. все)
2	10-20	3-6	БН из остатка выше 480 °С. Окисленные - все
3	7-10	0,2-2,5	Остаточные - из фр. выше 520-550 °С. Окисленные - БНД и БНК
4	7-10	5-7	Остаточные не получают. Окисленные - только из фр.

			выше 500 °С
5	5-10	7-12	Дорожные не получают. Окислением в жестких условиях - только строительные

Элементный состав битумов (в %): С - 80-85 S-0,5-7,0 N-0,2-0,5 Н — 8—11 О-0,2-4,0 Ме-0,01-0,15.

Групповой состав битумов определяет следующие их качества:

- асфальтены - твердость и высокую температуру размягчения;
- смолы - эластичность и пенетрацию;
- мальтены являются средой, в которой растворены смолы и набухают асфальтены.

Физико-химические свойства нефтяных битумов характеризуются следующими основными показателями.

Пенетрация - глубина погружения в слой битума стандартной иглы при температуре 25 °С за 5 с под усилием 1000 Н. Это показатель эластичности битума и степени его хрупкости. Обычно для разных марок он равен 10-200 мм.

Растяжимость (дуктильность)- расстояние, на которое вытягивается нить битума до разрыва при 25 °С. Величина растяжимости для битумов марки БНД равна около 50 см.

Температура размягчения - показатель тугоплавкости битума. Определяется методом "кольца и шара" (КиШ) и является показателем твердости. Для разных марок битумов составляет от 25 до 150 °С.

Температура хрупкости - температура, при которой пленка битума, нанесенная на стальную пластинку, дает трещины при изгибе пластинки под определенным углом. Обычно равна минус 2 - минус 30 °С.

Вязкость - показатель консистенции. Должна быть как можно выше.

Адгезия - степень покрытия битумом частиц щебня после их обработки водяным паром.

Классификация битумов. Нефтяные битумы подразделяются: по способу получения - остаточные, окисленные и компаундированные; по области применения - дорожные, строительные и специальные; по вязкости - жидкие, вязкие, высокоплавкие - рубрабсы.

Остаточные битумы получают концентрированием остатков нефти под вакуумом (производятся из нефтей групп 1-3). Гудроны некоторых нефтей, у которых А + С больше 30 (например, нефть месторождения Каражанбас), проходят как битумы (даже фракции с началом кипения 250 °С и выше). Для остальных нефтей перегонка под вакуумом ведется до остатков с началом кипения 480-500 °С и выше.

По такой технологии получают битумы марок: МГ - медленно густеющие (от МГ-25/40 до МГ-130/200); пять марок БН и БНД- вязкие (от БНД-40/60 до БНД-200/300 и БН-50/50).

Окисленные битумы получают окислением горячего гудрона кислородом воздуха при температуре после печи 200-250 °С, а в окислительной колонне за счет выделяющегося при окислении тепла - 260-290 °С.

Расход воздуха - 50-400 м³/т битума. Давление в колонне - около 0,3-0,5 МПа. Чем выше температура и давление, тем интенсивнее окисление, но при больших скоростях образуются карбены и карбониды.

Для дорожных битумов: выход битума - 97-98 %, соляра - 0,5 %, остальное -газы; для строительных - выход битума меньше - 94-97 %.

По этой технологии получают любые марки битумов, кроме жидких.

Компаундированные битумы. Компаундирование - это завершающая стадия при получении почти всех марок битумов, позволяющая подобрать оптимальное сочетание компонентов. Компаундируют, как правило, остаточные компоненты с окисленными и частично с асфальтенами, полученными при деасфальтизации гудронов.

В табл. 2.57 приведены характеристики вязких дорожных битумов по ГОСТ 22245-90 типа БНД с пенетрацией при 25 °С от 201-300 до 60-90 и, соответственно, при 0° - от 45 до 10. Температуры размягчения и хрупкости изменяются в пределах 35-51°С и минус 6 - минус 20 °С соответственно. Дуктильность при 25 °С - 45-80 см, а при 0 °С - 5-7 см.

Таблица 2.57. Характеристики вязких дорожных битумов (ГОСТ 22245-90)

Показатели	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/30 0	БН 130/20 0	БН 90/1 30	БН 60/90
------------	----------------	----------------	---------------	--------------	--------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------

Пенетрация, 0,1 мм, при температуре: 25 °С	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
0 °С, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10
Температура, °С: размягчения, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
хрупкости, не выше	-20	-18	-17	-15	- 12	-14	-12	-К)	-6
вспышки, не ниже	220	220	230	230	230	220	230	240	240
Дуктильность, см, не менее, при температуре: 25 °С	-	70	65	55	45	-	80	so	70
0 °С	20	6,0	4,0	3,5	-	-	-	-	-
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более	7	6	5	5		8	7	6	6
Индекс пенеграции	От -1,0 до 1,0					От -1,5 до - 1,0			

Такие же битумы вырабатываются по ТУ (табл. 2.58). Отличие их состоит в значительно большей дуктильности (не менее 100 см), т.е. большей эластичности, и в том, что в ТУ введены значения тех же показателей после прогрева.

Таблица 2.58. Характеристики вязких дорожных битумов (ТУ 38.1011356-91)

Показатели	БДУ 130/200	БДУ 100/130	БДУ 70/100	БДУ 50/70
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	131-240	101-130	71-100	50-70
Температура, °С, не ниже:				
размягчения	40	43	47	51
вспышки	220	230	230	230
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	100	100	100	100
После прогрева:				
изменение массы, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3
пенетрация при 25 °С, % от исходной, не менее	50	65	65	60
дуктильность при 25 °С, см, не менее	100	100	100	65
температура хрупкости, °С, не выше	-20	-17	-15	-12

Битумы строительных марок БН (табл. 2.59), применяемые для гидроизоляции фундаментов зданий, отличаются малой пенетрацией и дуктильностью и высокой температурой размягчения (от 37 до 105 °С), т.е. они тугоплавкие и твердые. Примерно такие же показатели качества установлены и для кровельных битумов марок БНК (табл. 2.60), но для них нормируется еще и температура хрупкости. Их используют как пропиточные (для получения толя и рубероида) и для покрытия крыш.

Таблица 2.59. Характеристики строительных битумов (ГОСТ 6617-76)

Показатели	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	41-60	21-40	5-20
Температура, °С:			
размягчения	50-60	70-80	90-105
вспышки, не ниже	230	240	240
Дуктильность при 25 °С, см, не	4,0	3,0	1,0

менее			
-------	--	--	--

Таблица 2.60. Характеристики кровельных битумов (ГОСТ 9548-74)

Показатели	БНК40/180	БНК 45/190	БНК 90/30
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	160-210	160-220	25-35
Температура, °С: размягчения	37-44	40-50	80-95
хрупкости, не выше	-	-	-10
После прогрева: изменение массы, %, не более	0,8	0,8	0,5
пенетрация при 25 °С, % от исходной, не менее	60	60	70
Примечание. Для всех битумов: температура вспышки - не ниже 240 °С; для марки БНК 45/190 содержание парафина - не более 5 % (мас).			

Изоляционные битумы БНИ (табл. 2.61) применяются для изоляции трубопроводов с целью предотвращения их от коррозии. При малой пенетрации и малой дуктильности они должны быть достаточно тугоплавкими (особенно для аккумуляторных мастик). Кроме того, для мастик нормируется растворимость в толуоле или в хлороформе (не менее 99,5 %, т.е. почти полная растворимость).

И, наконец, существует две марки хрупких битумов (табл. 2.62), которые размягчаются при 100-110 °С и 125-135 °С, имеют мизерную пенетрацию и более жесткие нормы по растворимости. Они используются в лакокрасочной, шинной и электротехнической промышленности.

Таблица 2.61. Характеристики изоляционных битумов (ГОСТ 9812-74)

Показатели	БНИ-1V-3	БНИ-IV	БНИ-V
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре: 25 °С	30-50	25-40	20-40
0 °С, не менее	15	12	9
Температура, °С: размягчения	65-75	75-85	90-100
вспышки, не ниже	250	250	240
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	4	3	
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля парафина, %, не более	4	-	-

И, наконец, существует две марки хрупких битумов (табл. 2.62), которые размягчаются при 100-110 °С и 125-135 °С, имеют мизерную пенетрацию и более жесткие нормы по растворимости. Они используются в лакокрасочной, шинной и электротехнической промышленности.

Таблица 2.62. Характеристики хрупких битумов

Показатели	Б	Г
Температура размягчения, °С	100-110	125-135
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм, не более	2-10	0-5
Температура вспышки, °С, не ниже	240	260
Примечание. Для марок Б и Г: содержание веществ, нерастворимых в толуоле, - не более 0,1 5 % (мас); зольность - не более 0,20 %; растворимость в льняном масле и смеси битумов с льняным маслом в уайт-спирите - полная.		

Ниже приведена характеристика битума для заливочных аккумуляторных мастик по ГОСТ 8771-76:

Температура размягчения, °С

105 - 115

Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	10-16
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	1
Растворимость в толуоле или хлороформе, %, не менее	99,50
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,50
Температура вспышки, °С, не ниже	260
Индекс пенетрации, не менее	4

Вопросы и задания

1. Пути получения жидких парафинов.
2. Особенности нормирования физико-химических свойств жидких парафинов.
3. Вредные для жидких парафинов примеси.
4. Назначение нефтяных битумов.
5. Пригодность различных нефтей для получения из них битумов.
6. Качества битумов определяющиеся групповым углеводородным составом.
7. Основные показатели нефтяных битумов.
8. Классификация битумов.
9. Дорожные битумы.
10. Строительные битумы.
11. Кровельные битумы.
12. Изоляционные битумы.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
4. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

Практическое занятие № 16.
Нефтепродукты специального назначения: технический углерод и нефтяной кокс, пластификаторы и мягчители.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к техническому углероду, нефтяному коксу, пластификаторам и мягчителям;

Умения: объективно оценивать степень пригодности технического углерода, нефтяного кокса, пластификаторов и мягчителей;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть
ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД

Это высокодисперсный продукт, полученный разложением углеводородов при высокой температуре (1200-2000 °С). Он находит широкое применение в следующих областях:

- производство шин и РТИ (повышение прочности каучука);
- полиграфическая и лакокрасочная промышленность (пигмент);
- производство взрывчатых веществ;
- изготовление грампластинок, карандашей, изоляционных пластмасс (карболиты);
- изготовление репрографических порошков.

Сырьем для получения технического углерода (ТУ) являются:

а) жидкие высокоароматизированные дистилляты (газойли каталитического крекинга, термокрекинга, экстракты), причем чем больше полициклических Ару, тем выше качество технического углерода;

б) природный или попутный нефтяной газ.

Получение ТУ возможно тремя способами: печным, канальным и термическим.

Печной способ составляет около 90 % всего производства. В специальной реакторной печи при температуре до 2000 °С и продолжительности реакции 0,01-0,07 с происходит конверсия сырья, закалка его, охлаждение, улавливание образовавшейся сажи электрофильтром и последующая его грануляция. С повышением температуры выход ТУ падает, но растет его дисперсность.

Канальный способ рассчитан на получение ТУ из газового сырья. Газ сжигается диффузионным пламенем, и образующаяся сажа осаждается на холодных поверхностях.

Термический - наименее распространенный способ, состоящий в разложении жидкого сырья при высокой температуре без доступа воздуха. Выход ТУ составляет 40-70 %.

Состав и свойства ТУ зависят от группового состава сырья и технологии получения. Элементный состав ТУ (в %) дан ниже:

С	90-99	О	0,1-7,0
Н	0,3-08	С	До 1,5

Повышенное содержание кислорода объясняется его хемосорбированностью на частичках сажи.

Частицы ТУ (сажи) представляют собой сферы, состоящие из мелких кристалликов. Размер этих частиц: 10-30 нм (канальный ТУ), 25-200 нм (печной) и 250-350 нм (термический). Содержание кристаллической фазы в ТУ - 50-70 %. Из частиц формируются агрегаты размером 1000-3000 нм.

Показатели качества ТУ:

- дисперсность, размеры и форма частиц;
- структурность частиц - оценивается по маслосмекти ТУ (0,2-1,2 см²/г);

- удельная поверхность (70-100 м²/г);
- РН водной суспензии и др. (8-9).

Всего выпускается более 20 марок ТУ; вот некоторые из них:

ДГ-100 - диффузионная, газовая; удельная поверхность 100 м²/г; для РТИ;

ТМ-70 - турбулентное пламя; масляное сырье; 70 м²/г;

ПМ-100 - печная; масляное сырье; 100 м²/г; высокая структурность.

НЕФТЯНОЙ КОКС

Коксы нефтяные представляют собой пористую твердую массу. Состоят из тугоплавких высокомолекулярных и высокоароматизированных углеводородов с незначительным содержанием водорода.

По способу получения различают: кубовые коксы (полученные в кубах периодического действия), коксы замедленного и непрерывного коксования. Пространственное расположение углерода у них упорядочено во фрагментах графита и плоскостное расположение атомов углерода, причем расстояние между атомами углерода в плоскости в несколько раз меньше, чем между плоскостями. Степень упорядоченности зависит от сырья и технологии его подготовки. Так, тяжелые прямогонные нефтяные остатки дают малоупорядоченную структуру, а дистиллятные крекинг-остатки - высокоупорядоченную. Степень упорядоченности влияет на способность коксов к графитизации и свойства получаемого графита.

В коксах остается достаточно много летучих (6-11,5 %). Серы может содержаться (в зависимости от сырья) минимально - 0,2 %, а максимально - 1,5 %. Нормируется допустимое содержание мелочи в крупнокусовом коксе (куски размером 25 мм и более) - не выше 4 %, а в более мелком коксе (куски 8-25 мм) - не выше 10 %. Это связано с технологией приготовления углеграфитных материалов, где мелочь является помехой.

Таблица 2.63. Технология изготовления и области применения нефтяных коксов

Марка кокса	Технология изготовления	Область применения
КНПС-СМ	Коксование в кубах смолы пиролиза	Производство углеродных конструкционных материалов специального назначения
КНПС-КМ	То же	Производство углеродных конструкционных материалов
КНГ	Коксование в кубах нефтяных остатков	Производство граф нитрованной продукции
КЗГ	Замедленное коксование (кокс с кусками размером 8-250 мм)	То же
КЗА	То же	Производство алюминия
КНА	Коксование в кубах нефтяных остатков	То же
КЗО	Замедленное коксование (коксовая мелочь с кусками размером до 8 мм)	Производство абразивов и другой продукции

Таблица 2.64. Характеристика нефтяных коксов (ГОСТ 22898-78)

Показатели	КНПС-СМ	КНПС-КМ	КНГ	КЗГ	КЗА (высший сорт)	КЗА (первый сорт)	КНА	КЗО
Содержание, % (мас.), не более:								
общей влаги	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
летучих веществ	6,0	6,0	8,0	9,0	7,0	9,0	8,0	11,5
серы	0,2	0,4	1,0	1,0	1,2	1,5	1,0	1,5
Зольность, %, не более	0,15	0,3	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,8
Содержание мелочи, %, не более:								
куски размером менее 25 мм	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-
куски размером менее 8 мм	-	-	10	10	8	10	10	-
Истираемость, %, не	9,0	11,0	-	-	-	-	-	-

более								
Плотность после прокаливания при 1300 °С в течение 5 ч, г/см ³	2,04-2,08	2,04-2,08	2,08-2,13	2,08-2,13	2,10-2,13	2,08-2,13	2,08-2,13	

2.8.9. ПЛАСТИФИКАТОРЫ И МЯГЧИТЕЛИ

Пластификаторы служат добавками к каучукам и другим полимерным материалам, вводимым при производстве шин и РТИ для улучшения свойств резин и пластмасс (обрабатываемости, дисперсности сажи, низкотемпературных свойств и др.).

Добавка 0,3-0,8 частей пластификатора на 1 часть каучука понижает его температуру стеклования (T_g) и температуру текучести (T_f).

Действие пластификаторов зависит от их химического состава, в частности:

- парафиновые и парафинонафтеновые углеводороды в наибольшей степени улучшают морозостойкость резин, но замедляют вулканизацию и выпотевают из резины;
- АрУ хорошо совмещаются с каучуками, повышают их клейкость и прочность, но снижают эластичность.

Лучшие пластификаторы - АрУ с длинными боковыми линейными алкильными цепями, способствующими понижению T_g .

Наиболее массовые - масляные пластификаторы:

ПН-6 - ароматизированное масло, содержащее до 14 % парафинонафтеновых углеводородов (ПНУ), 6-8 % смол и примерно 80 % АрУ;

ПН-бш - пластификатор, получаемый смешением остаточных и дистиллятных экстрактов;

МР-6 - высокоароматизированное масло для РТИ автомобилей ВАЗ, содержащее до 80 % АрУ; получают из экстракта депарафинированных масел после кислотной очистки.

Таблица 2.72. Характеристики высокоплавких мягчителей

Показатели	А-30		А-10	
	высший сорт	первый сорт	высший сорт	первый сорт
Температура размягчения, °С	125-135	125-135	125-135	125-135
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	30-40	26-40	8-13	5-19
Содержание, % (мас), не более:				
зола	0,5	0,5	0,3	0,5
серы	1	-	2	-
парафинов	2	3	3	5
воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие	Отсутствие
Примечание. Для марок А-30 и А-10: растворимость в сероуглероде, хлороформе, бензоле или трихлорэтилене - не менее 99 %; изменение массы при нагревании - не более 0,1 %.				

Вопросы и задания

1. Назначение технического углерода.
2. Состав и свойства технического углерода.
3. Показатели качества технического углерода.
4. Технология изготовления и области применения нефтяных коксов.
5. Характеристика нефтяных коксов по ГОСТ 22898-78.
6. Назначение пластификаторов.
7. Действие пластификаторов.
8. Наиболее массовые пластификаторы.
9. Характеристики высокоплавких мягчителей.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. Ч.2. Физико-химические процессы / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов

- / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Практическое занятие № 17.
Нефтепродукты специального назначения: нефтяные растворители и осветительный керосин.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к нефтяным растворителям и осветительным керосинам;

Умения: объективно оценивать степень пригодности нефтяных растворителей и осветительных керосинов;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)

- - Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

2.8.5. НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

Их применяют в различных отраслях промышленности для растворения и экстракции органических соединений. Условно их подразделяют на три типа:

- промышленные, используемые в производстве РТИ, лаков, красок, для экстракции эфиров и масляно-жировых веществ;
- технологические, применяемые как реагенты в производстве масел и парафинов и используемые как десорбенты;
- бытовые, применяемые для изготовления бытовых химических препаратов. Их классификация осуществляется по группам и подгруппам.

Группы - по содержанию различных групп углеводородов: И - парафиновые (н-алканов больше 50 %); И - изопарафиновые (изоалканов больше 50 %); Н - нафтеновые (нафтеновых углеводородов больше 50 %); А - ароматические (АрУ больше 50 %);

С - смешанные (каждой группы углеводородов меньше 50 %). Подгруппы - по содержанию АрУ:

- 0 - меньше 0,1 %;
- 1 - 0,1-0,5 %;
- 2 - 0,5-2,5 %;
- 3 - 2,5-5,0%;
- 4 - 5,0-25%;
- 5 - 25-50 %.

Для всех растворителей установлено название "Нефрас" (нефтяной растворитель), и поэтому они обозначаются, например, так: Нефрас П1-63/75 (т.е. нефтяной растворитель парафиновый первой подгруппы; начало кипения 63 °С, конец кипения 75 °С).

Основные промышленные растворители следующие.

Петролейный эфир (Нефрас ПЗ-30/80). Применяется как экстрагент масел и моющая жидкость. Хорошо растворяет парафинонафтеновые углеводороды. В нем должны отсутствовать сера, олефины и вода.

Бензин для резинотехнической промышленности марок БР-1 (Нефрас СЗ-80/120) и БР-2 (Нефрас С2-80/110). Вырабатывается первичной перегонкой нефти (БР-1) или из рафинатов каталитического риформинга бензинов (БР-2). Используется для приготовления резинового клея и других операций в производстве РТИ. Ограничивается содержание серы (менее 0,02 %) и АрУ (табл. 2.65).

Таблица 2.65. Характеристики нефтяных растворителей для резинотехнической промышленности

Показатели	Нефрас С2-80/110	Нефрас С3-80/120
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	700	730
Перегоняется до 100 °С, % (об.), не менее	98	93
Бромное число, г/100 мл, не более	0,08	0,09
Содержание, %, не более:		
АрУ	1,5	3,0
общей серы	0,018	0,02

Уайт-спирит (Нефрас С4-155/200 или заменитель Нефрас С4-150/200). Вырабатывается прямой перегонкой из специальных малосернистых нефтей. Не имеет сильного запаха и обладает хорошей испаряемостью, используется для лаков, красок, мастик и др. Нормируются температура вспышки (не ниже 33 °С) и содержание ароматики (не более 16 %).

Сольвент (Нефрас А-120/200 или Нефрас А-125/160). Концентрат АрУ (примерно 85 % и выше). Выделяется из смолы пиролиза. Используется для приготовления лаков и эмалей.

Бензин для технических целей (Нефрас С3-50/170). Прямогонный бензин с небольшим содержанием АрУ и серы (не больше 0,025 %). Используется в химчистке одежды и производстве искусственных кож.

Экстракционный бензин (Нефрас С2-70/85 или Нефрас С2-70/95). Выделяется первичной перегонкой из парафинистых нефтей с малым содержанием ароматики и серы (не более 0,02 %). Используется в переработке эфирномасличных культур как экстрагент парфюмерных масел, а также для очистки шерсти в текстильной промышленности.

Технологические растворители - это в основном индивидуальные углеводороды. К ним относятся: бензол нефтяной, толуол технический, ксилол нефтяной технический (смесь всех изомеров ксилола), о-ксилол и н-ксилол, псевдокумол технический. Все они используются как компоненты (вместе с ацетоном и МЭК) составных растворителей в производстве масел и парафинов.

Нормальные алканы С₃-С₈ высокой чистоты. Используются в качестве растворителей в производстве масел и как вытеснители (десорбенты) в адсорбционных процессах.

Растворитель для полимеризации этилена (Нефрас С2-84/92). Используется как полимеризационная среда для получения полиэтилена низкого давления (высокой плотности). Нормируются содержание серы (не более 0,025 %), содержание нафтеннов (не более 40 %) и давление насыщенных паров при 70 °С, равное 560 мм рт.ст.

Тяжелая основа жидкого сцинтиллятора - фракция 265-330 °С высокопарафинистой нефти после специальной глубокой очистки до прозрачности более 20 м на волне 420 нм и имеющая температуру вспышки не менее 120 °С. Используется в астрофизических приборах для регистрации следов нейтронов.

К бытовым растворителям относятся н -гептан (Нефрас ПО-94/99) как моющее средство, уайт-спирит как основа бытовых мастик, а также следующие группы растворителей.

Растворители для инсектицидов (Нефрас И1 -160/190 или Нефрас П1-190/220). Применяют фракцию 160-190 °С, выделенную из моноалкилата (концентрат изоалканов) или фракцию 190-220 °С, выделенную из жидкого парафина. Обе эти фракции малотоксичны для людей при распылении инсектицидов и обе хорошо испаряются.

Пропелленты - распылители парфюмерии (духов, кремов, лаков) из аэрозольных упаковок. Они представляют собой смесь бутана и пентана с примесью пропана и очень малым содержанием серы (до 10 мг/кг). Предназначены для замены фреона в аэрозольных упаковках как вредного для окружающей среды.

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ КЕРОСИН

Вырабатывается для бытовых осветительных приборов (ламп, фонарей) первичной перегонкой нефти с ограничением по содержанию АрУ.

Выпускается три марки: КО-30, КО-25 и КО-20 (табл. 2.66), отличающиеся высотой некоптящего пламени (цифра в марке). Фракционный состав - 150-280 °С (для КО-20 - до 300 °С). Температура помутнения - ниже минус 15 °С.

Кроме осветительного керосина вырабатывается также приборный лигроин, применяемый для чистки приборов; это фракция 120-235 °С (табл. 2.67).

Таблица 2.66. Характеристики осветительного керосина

Показатели	KO-30	KO-25	KO-20
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	790	795	830
Фракционный состав:			
до 200 (270) °С перегоняется, % (об.), не менее	25	50	(80)
98 % (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	-	-	310
конец кипения, °С, не выше	280	290	-
Цвет, ед. КНС, не более	1	2	15
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	30	25	20
Температура помутнения, °С, не выше	-15	-15	-12
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не выше	1,0	1,0	1,3
Зольность, %, не выше	0,002	0,002	0,005
Содержание серы, % (мас), не более	0,02	0,015	0,1
Примечание. Для всех марок: водорастворимые кислоты, щелочи, механические примеси и вода - отсутствие; испытание на медной пластинке - выдерживают.			

Таблица 2.67. Характеристики приборного лигроина

Показатели	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	785-795
Фракционный состав:	120
начало кипения, °С, не ниже	
конец кипения, °С, не выше	235
остаток в колбе после перегонки, %, не более	1
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:	
20 °С, не менее	1,1
-50 °С, не более	6,5
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	0,3
Температура помутнения, °С, не выше	-60
Йодное число, гI ₂ /100 г	0,3
Содержание серы, % (мас), не более	0,02
П р и м е ч а н и е. Водорастворимые кислоты, щелочи, механические примеси и вода - отсутствие; испытание на медной пластинке - выдерживает.	

Вопросы и задания

1. Назначение и применение нефтяных растворителей.
2. Маркировка нефтяных растворителей.
3. Основные промышленные нефтяные растворители.
4. Технологические нефтяные растворители.
5. Бытовые нефтяные растворители.
6. Назначение и номенклатура осветительных керосинов.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
4. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

Практическое занятие № 18.

Нефтепродукты специального назначения: парафины, церезины, вазелины и СОЖ.

Цель: Приобретение знаний и практических навыков в условиях современной рыночной конъюнктуры нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:

Знания: знать ассортимент и качество предъявляемые к парафинам, церезинам, вазелинам и СОЖ;

Умения: объективно оценивать степень пригодности парафинов, церезинов, вазелинов и СОЖ;

Компетенции или их части:

- - Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья. (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2).

Актуальность темы: Знания и практические навыки, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при их дальнейшей производственной деятельности на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Теоретическая часть

ПАРАФИНЫ, ЦЕРЕЗИНЫ И ВАЗЕЛИНЫ

Парафины - это твердые кристаллические вещества, концентраты n-алканов $C_{18}-C_{35}$, имеющие высокую температуру плавления (45-62 °С) и среднюю молекулярную массу 300 - 400. Применяются как пропиточный материал для тары и упаковки, бумаги для конфет, для спичек, а так же как сырье для производства ПАВ и для синтеза.

По ГОСТ 23683 вырабатывается несколько марок парафинов:

Марки

Применение

Высокоочищенные:

 $\Pi_1 \Pi_2$

Для пропитки изделий, имеющих контакт с человеком

$$B_2 \div B_5$$

Для изготовления свечей и для изделий, в которых требуется

высокая чистота парафина

Очищенные:

 T_1, T_2, T_3

В химической, нефтехимической, текстильной и полиграфической

промышленности

Неочищенные:

C

Для синтеза ПАВ, пропитки спичек, приготовления мастик и

КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

В табл. 2.68 приведены характеристики твердых нефтяных парафинов. Как видно из таблицы, в них жестко ограничено содержание масла (от 0,45 % для марок П и В до 3 % для марки Т-3). Марки П и В имеют низкую цветность (почти прозрачны в расплаве), а цветность остальных марок почти в 4 раза выше. Мала также пенетрация. Для парафина марки С жестко нормирован фракционный состав (см. Примечание), так как он используется для синтеза, а также температура вспышки и содержание серы.

Таблица 2.68. Характеристики твердых нефтяных парафинов

Показатели	П-1	П-2	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	T-1	T-2	T-3	C
Температура плавления, °C	>54	>52	52-54	54-56	56-58	58-62	52-58	52-56	50-56	45-52
Массовая доля масла, %, не более	0,45	0,80	0,45	0,45	0,45	0,45	1,80	2,30	3	2,20
Цвет, условные марки, не более	3	4	3	3	3	3	1 1	12	12	12
Пенетрация иглой при 5 °C, единицы, не более			16	14	13	12				

Примечание. Для марки С фракционный состав: 5 % выкипает при температуре не ниже 320 °С; до

400 °С перегоняется не менее 60 %; до 425 °С перегоняется не менее 80 %; 97 % перегоняется при
--

температуре не выше 460 °С; температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, не ниже 160 °С; воды - не более 0,2 %; серы - не более 0,05 %.

Церезины - это твердые кристаллические вещества, концентраты n-алканов изоалканов от C₃₅ до C₅₅. Они более высокоплавки, чем парафины, имеют температуру каплепадения 57 °С и выше и среднюю молекулярную массу 500-700.

Применяются для пропитки тяжелой тары и упаковки, а также для приготовления мастик, канатных смазок и др. После глубокой очистки (гидрированием) используется для покрытия сыров.

По ГОСТ выпускается шесть марок, из которых четыре - нефтяной церезин марок 65, 70, 75 и 80 (различаются по температуре каплепадения), две марки -синтетический церезин, полученный синтезом по Фишеру - Тропшу, и одна церезиновая композиция (табл. 2.69).

Таблица 2.69. Характеристики церезинов и церезиновой композиции (ГОСТ 2488)

Показатели	Церезины				Церезиновая композиция
	65	70	75	80	
Температура каплепадения, °С	65-70	70-75	75-80	80-85	56-66
Пенетрация при температуре 25 °С, 0,1 мм, не более	30	25	18	16	25
Содержание, % (мас.), не более: механических примесей зола	0,02 0,02	0,02 0,02	0,02 0,02	0,02 0,02	0,05
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,06	0,06	0,06	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	5	5	5	-

Кроме температуры каплепадения нормируются пенетрация (не более 16-30), кислотное число и цвет.

Вазелины представляют собой смесь парафина, церезина, петролатума и минерального масла. Изготавливаются расплавлением парафина, церезина, петролатума или их смесей в масле или парафинистом дистилляте. Применяются в медицине, ветеринарии и электронике. По внешнему виду вазелины - однородные мазеобразные вещества со следующими особенностями: медицинский - от белого до желтого цвета, без запаха, тянется нитями; ветеринарный - от белого до светло-коричневого цвета, без комков; конденсаторный - от белого до светло-желтого. Характеристики вазелинов приведены в табл. 2.70.

Таблица 2.70. Характеристики вазелинов

Показатели	Вазелин		
	медицинский	ветеринарный	конденсаторный
Температура каплепадения, °С	37-50	37-50	50-60
Вязкость при 60 °С, не менее: кинематическая, м ² /с условная, условные градусы	16·10 ⁻⁶ 2,5	- -	28·10 ⁻⁶ 3,95
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,05
Содержание зола, % (мас), не более	0,02	0,01	0,004
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	2,5

Медицинский вазелин (ГОСТ 3582-84) получают сплавлением очищенного церезина, парафина, петролатума или их смесей с глубокоочищенным нефтяным маслом. Применяют в чистом виде для предохранения от коррозии хирургических инструментов, а также в качестве составной части кремов, паст, мазей для кожи, гримов, помад и других продуктов.

Ветеринарный вазелин (ГОСТ 13037-84) получают сплавлением в любых соотношениях церезина, парафина, очищенного петролатума или их смесей с очищенным нефтяным маслом. Применяют для смазывания вымени, при искусственном осеменения животных.

Пробу на отсутствие воды и посторонних веществ, запаха керосина, жиров и смол, сернистых соединений, а также пробу на безвредность для спермиев животных выдерживает.

Конденсаторный вазелин (ГОСТ 5774-76) - продукт глубокой сернокислотной контактной очистки смеси парафина, церезина и минерального масла. Применяют для пропитки и заливки конденсаторов. В связи с этим нормируются электроизоляционные характеристики: удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С - не менее $1 \cdot 10^{12}$ Ом-см, электрическая прочность при 50 Гц и 20 °С - не менее 200 кВ/см, тангенс угла диэлектрических потерь при 1000 Гц и 100 °С - не более 0,002.

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) используются в большинстве технологических процессов обработки металлов резанием и давлением. Их назначение:

- сьем выделяющегося при металлорезании тепла и облегчение обработки металлов при их резании и прокате;
- защита обрабатываемого инструмента от износа, так как при резании металлов в точке снятия стружки температура может достигать 1200-1700 °С, а давление - 4000 МПа.

Функции СОЖ:

- повышение стойкости резцов и улучшение качества обрабатываемой поверхности;
- удаление стружки и абразива из точки резания;
- уменьшение усилия резания;
- защита металла от коррозии.

Типы СОЖ: масляные, водно-масляные и водные (с добавками ПАВ). Наиболее массовые - это водно-масляные СОЖ (эмульсии "масло в воде"). Масляные СОЖ с присадками применяются реже и только при резании труднообрабатываемых металлов и в прокате.

Водно-масляные СОЖ - это коллоидный раствор 6-10 различных компонентов в воде. Основным компонентом водно-масляных СОЖ является эмульсол, представляющий собой эмульгирующий состав из 75-85 % нефтяного масла с добавлением эмульгатора, присадок и других компонентов. Масла - обычно индустриальные, их вязкость при 50 °С составляет 30 – 40 мм²/с (иногда меньше - 3-5 мм²/с).

Для получения водно-масляных СОЖ эмульсол на месте разбавляют водой (2-10 % эмульсола в растворе).

Масляные СОЖ - это высокоочищенные нафтенные или парафиновые базовые масла вязкостью до 45 мм²/с (при 50 °С) с добавлением до 20 % растительных масел, а также композиций присадок. Чаще всего их применяют в прокате цветных металлов (СОЖ "Укринол").

Примерный состав масляных СОЖ:

- маловязкая нефтяная основа;
- хлорпарафины (2—45 %);
- диалкилдитиофосфат цинка (5-12 %);
- многозольный сульфонат кальция (4-10 %);
- окисленный петролатум (2-15 %).

Важнейшие показатели качества масляных СОЖ:

- вязкость при 50 °С от 3-4 до 30-50 мм²/с (в зависимости от марки и назначения);
- температура вспышки - от 120 до 180 °С;
- содержание серы - от 0,2 до 2,0 % (мас).

Кроме того, нормируется содержание механических примесей и коррозионная активность по отношению к металлам.

Выпускается СОЖ по ГОСТ и ТУ более 100 наименований. В качестве примеров некоторые из них приведены в табл. 2.71.

Таблица 2.71. Ассортимент и области применения СОЖ

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
Водно-масляные СОЖ		
Авитол-2 (ТУ 38.5901356-96)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей, сплавов меди и алюминия	3-5 %-е водные эмульсии
Авитол-С (ТУ У 00149943.494-96)	Лезвийная обработка чугунов, сталей и алюминиевых сплавов	Синтетическая, 3-5 %-е водные растворы
Автокат (ТУ 6-14-865-85)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей и алюминиевых	Полусинтетическая, 3-7 %-е водные эмульсии

	сплавов	
Дозол-1 (ТУ 320.00151650.013-96)	Вытяжка сталей, сплавов меди и алюминия	5-15 %-е водные эмульсии
Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
ЗОР-ПВК (ТУ 38.3017223-92)	Обработка резанием углеродистых и легированных сталей, жаростойких сплавов	5 %-я водная эмульсия
Иванкол-1с (ТУ 38.5901435-95)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей	Синтетическая, 3-5 %-е водные растворы
Ивкат (ТУ 0258-141-05744685-95)	Лезвийная обработка чугунов, сталей, сплавов алюминия и меди	Полусинтетическая, 1,5-5,0 %-е водные растворы
Масляные СОЖ		
Асфол (ТУ У 0095126-96)	Лезвийная обработка углеродистых и легированных сталей, сплавов титана и алюминия	
В-3, марка 25 (ТУ 38.30174-014-93)	Нарезание резьбы, сверление, развертывание, неглубокая вытяжка углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и сплавов	
В-3, марка 85 (ТУ 38.30174-014-93)	Глубокая вытяжка коррозионно-стойких сталей	-
В-3М (ТУ 38.30174-014-93)	Зубо- и резбонарезание, протягивание коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Концентрат, а также 5-50 %-е растворы в индустриальных маслах
ИМП-5 (ТУ 38.101 1293-90)	Резание, точение, сверление меди, латуни и низкоуглеродистых сталей на автоматических и полуавтоматических станках	Содержит высокомолекулярный полимер, антиокислительную и противоизносную присадки. Основа жидкости РЖ-8
ИСЭ-25 (ТУ 38.101412- 76)	Механическая обработка металлов, раскатка внутренних поверхностей тормозных цилиндров автомобилей	Масло селективной очистки с эмульгирующей присадкой
ЮТ-1 (ТУ 38 УССР 201301-85)	Калибровка труб экспандерами	-
ЛЗ-СОЖ-МИО (ТУ 38.1011156-88)	Шлифование, в том числе фасонное, сталей; хонингование чугуна и стали	

Вопросы и задания

1. Применение парафинов.
2. Марки и применение парафинов по ГОСТ 23683.
3. Характеристики твердых нефтяных парафинов.
4. Церезины, отличие от парафинов.
5. Применение церезинов.
6. Ассортимент церезинов.
7. Вазелины, типы, характеристика и назначение.
8. Назначение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).
9. Функции и типы СОЖ.
10. Типы СОЖ.
11. Примерный состав масляных и показатели качества СОЖ.
12. Ассортимент и области применения СОЖ.

Список литературы:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.

2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..

3. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
2. Капустин, В. М. Технология производства автомобильных бензинов / В. М. Капустин. – М. : Химия, 2015. – 256 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 253-254. – ISBN 978-5-98109-106-3.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..

Дополнительная литература:

1. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
2. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Товароведение и маркетинг химической продукции

правление подготовки/специальность

21.03.01 Нефтегазовое дело

правление (профиль)/специализация

Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта,
хранения и переработки нефти и газа

рма обучения

Очная

д начала обучения

2026

лизуется

7 семестре

Разработано

Доцент кафедры ТПНиПЭ

Пикалов С.Г.

Ставрополь 2026г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ.....	5
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ.....	6
САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	7
САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ.....	7
ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	7
КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ...7	
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	8
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Товароведение и маркетинг химической продукции» является формирование набора профессиональных компетенций выпускника по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело.

В задачи изучения дисциплины входит формирование у студентов знаний о принципах устойчивого функционирования отрасли нефтеобеспечения, о существующем и разрабатываемом ассортименте нефтепродуктов; также для эффективной работы предприятий нефтепереработки и нефтеобеспечения необходимо понимать суть, методы и принципы маркетинга нефтепродуктов.

Дисциплина Б1.В.08.15 «Технология глубокой переработки нефти» относится к дисциплинам направленности (профиля) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта, хранения и переработка нефти и газа». Ее освоение происходит в 7 семестре. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Индекс	Формулировка:
Профессиональные компетенции	
ПК-1	Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья.
ПК-2	Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ

Реализация образовательной программы подготовки бакалавров должна обеспечиваться доступом каждого к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин образовательной программы. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно пополняться научной литературой и периодическими изданиями экологического профиля. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане – в целом по образовательной программе, по каждому блоку, по дисциплине (модулю);
- в рабочих программах учебных дисциплин (модулей) с распределением по разделам или конкретным темам.

Под самостоятельной работой бакалавров понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе бакалавра или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирования практических умений и навыков;
- развития исследовательских умений.

Задачи самостоятельной работы:

- овладение теоретическими знаниями о современных научно-технических и практических проблемах промышленной экологии;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ

Основными видами самостоятельной учебной деятельности бакалавров являются:

- 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал;
- 2) своевременная доработка конспектов лекций;
- 3) подбор, изучение, анализ и, при необходимости, конспектирование рекомендованных литературных источников;
- 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций;
- 5) подготовка к зачету или экзамену;
- 6) выполнение собственных научных исследований, либо участие в научных исследованиях, проводимых на кафедре;
- 7) систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации по учебным дисциплинам.

На самостоятельную работу бакалавров, обучающихся по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», по дисциплине «Товароведение и маркетинг химической продукции» отводится 72 астрономических часа.

Виды самостоятельной работы по дисциплине «Товароведение и маркетинг химической продукции» могут быть разделены на основные (аудиторные) и дополнительные (внеаудиторные).

Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит практические занятия.

Дополнительные (внеаудиторные) виды самостоятельной работы выполняются по выбору бакалавра и заданию преподавателя без его непосредственного участия. Дополнительные виды самостоятельной работы по дисциплине рекомендуются тем бакалаврам, которые наиболее заинтересованы в изучении дисциплины.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы бакалавров при изучении дисциплины «Товароведение и маркетинг химической продукции» относятся:

- а) самостоятельное изучение теоретического материала;

Дополнительными видами самостоятельной работы являются:

- а) подготовка докладов и сообщений для выступления на семинарах;
- б) участие в ежегодной научно-технической конференции;

Дополнительные виды самостоятельной работы не являются обязательными и выполняются бакалаврами по собственной инициативе с предварительным согласованием с преподавателем, либо при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Самостоятельное изучение теоретического материала по дисциплине «Товароведение и маркетинг химической продукции» предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лабораторные работы, текущий контроль и промежуточную аттестацию, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы.

Источники для самостоятельного изучения теоретического материала по дисциплине «Товароведение и маркетинг химической продукции»:

- учебники по предмету;
- учебные пособия по отдельным темам;
- научные статьи в периодической печати и рекомендованных сборниках;
- научные монографии.

Умение бакалавров быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к практическим занятиям, при написании научных рефератов.

Выполнение самостоятельной работы на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет бакалаврам усваивать изучаемый материал более глубоко.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ

Задания для самостоятельной работы преимущественно содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины (практикум). Сдача выполненного задания производится преподавателю, ведущему практические занятия, в установленные сроки.

ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

К иным формам самостоятельной работы бакалавров относятся: подготовка сообщений, докладов, выступлений на «круглых столах», семинарах, конференциях. Если преподаватель поручил бакалавру подготовить доклад к семинару, сообщение или иное выступление, то самостоятельная работа по их написанию может проходить в следующей последовательности.

1. Нужно подобрать литературу, проконсультироваться у преподавателя по содержанию предстоящего доклада (выступления).
2. Необходимо изучить литературу, сгруппировать материал и составить подробный план доклада (выступления).
3. Следует написать полный текст доклада (выступления). Для выступления с докладом обычно отводится 10-12 минут, поэтому все содержание доклада должно быть не более 7-10 страниц.
4. Бакалавру рекомендуется продумать методику чтения доклада. При возможности следует подготовить доклад с презентацией или раздаточным материалом.
5. Важно потренироваться в чтении доклада.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ

Оценка самостоятельной работы бакалавра влияет на итоговую оценку по дисциплине «Товароведение и маркетинг химической продукции» следующим образом: во-первых, оценка самостоятельной работы учитывается в такой форме текущего контроля, как опрос на занятиях; во-вторых, самостоятельная работа по предмету поощряется, и преподаватель может использовать (и, как правило, использует) оценку самостоятельной работы в качестве поощрительной составляющей на зачете или экзамене; в спорных моментах оценка самостоятельной работы может разрешить ситуацию в пользу обучающегося.

Контроль самостоятельной работы бакалавров предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Основными формами контроля самостоятельной работы бакалавра преподавателями являются:

1. просмотр и проверка продукта самостоятельной работы преподавателем;
2. самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе;
3. обсуждение результатов выполненной работы на занятии;

4. письменный опрос;
5. индивидуальное собеседование;

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Независимо от вида самостоятельной работы критериями оценки самостоятельной работы могут считаться:

- уровень освоения бакалавром учебного материала;
- умение бакалавра использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- умение бакалавра активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить информацию, изучать ее и применять на практике;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М. : Химия, 2015. – 400 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 394-395. – ISBN 978-5-98109-099-8.
 2. Капустин, В. М. Технология производства автомобильных бензинов / В. М. Капустин. – М. : Химия, 2015. – 256 с. : ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 253-254. – ISBN 978-5-98109-106-3.
 3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил. – Библиогр.: с. 541. – ISBN 978-5-905153-44-2..
- Дополнительная литература:

1. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства / Б. Элверс ; [пер. с англ.] ; под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. : ил. – ISBN 978-3-527-30740-1 (англ.). – ISBN 978-5-91884-037-5.
2. Анчита, Х. Переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков. Гидрогенизационные процессы / Х. Анчита, Дж. Спейт ; [пер. с англ.] ; под ред. О.Ф. Глаголевой. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2012. – 384 с. : ил. – ISBN 978-0-8493-7033-5 (англ.) – ISBN 978-5-91884-040-5.
3. Переработка нефти : теоретические и технологические аспекты / под ред. Н. Г. Дигурова, Б. П. Туманяна. – М. : Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2012. – 496 с. : ил. – ISBN 5- 93969-040-8.
4. Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей : учеб. пособие / А. К. Мановян. – М. : Химия : КолосС, 2004. – 456 с. – (Для высшей школы). – Библиогр.: с.453-455. – ISBN 5-98109-004-9