

Химмотология

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Физические свойства жидкостей и газов.....	6
2. Нефть – основной источник получения топлив и смазочных материалов ..	11
3. Химмотология.....	14
3.1. Органические соединения	14
3.1.1. Парафиновые углеводороды.....	16
3.1.2. Нафтенновые углеводороды.....	19
3.1.3. Ароматические углеводороды.....	22
3.2. Виды эксплуатационных материалов	23
4. Эксплуатационные требования к топливам.....	25
4.1. Способы повышения детонационной стойкости бензинов.....	26
4.2. Процесс сгорания бензина.....	28
4.3. Процесс сгорания дизельного топлива	34
5. Моторные топлива.....	39
5.1. Бензины	39
5.1.1. Методика определения октанового числа.....	40
5.1.2. Давление насыщенных паров	44
5.2. Дизельные топлива	49
5.2.1. Методика определения цетанового числа дизельного топлива.....	49
5.2.2. Характеристики дизельных топлив.....	53
6. Моторные масла.....	60
6.1. Условное обозначение моторных масел	60
6.2. Производство моторных масел	63
6.3. Присадки к маслам.....	64
6.4. Определение индекса вязкости	66
7. Трансмиссионные масла.....	70
8. Гидравлические масла	73
9. Пластичные смазки	77
10. Альтернативные топлива.....	82
10.1. Сжиженные газы	83
10.2. Применение водорода.....	88
10.3. Применение спиртов.....	90
10.4. Применение рапсового масла	92
10.5. Основные пути снижения расхода топлива.....	92
11. Охлаждающие жидкости	94
12. Специальные жидкости	96
12.1. Жидкости для тормозных систем.....	96
12.2. Жидкости для амортизаторов.....	98
12.3. Пусковые жидкости	98
13. Нормирование расхода топлива и смазочных материалов	100
13.1. Признаки старения масла	102
13.2. Нормирование расхода топлива	102

14. Экологическая безопасность	105
14.1. Влияние нефтепродуктов на человека и окружающую среду	105
14.2. Пожарная и взрывная опасность нефтепродуктов	107
15. Транспорт нефти и нефтепродуктов	113
15.1. Общие сведения о транспорте нефтепродуктов	113
15.2. Трубопроводный транспорт	113
15.3. Железнодорожный транспорт.....	118
15.4. Водный транспорт.....	119
15.5. Автомобильный транспорт.....	120
15.6. Правила перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте ...	124
15.6.1. Общие положения	124
15.6.2. Организация перевозок	125
16. Хранение нефтепродуктов и их потери	138
16.1. Потери нефтепродуктов от испарения.....	138
16.2. Способы снижения потерь нефтепродуктов.....	148
16.2.1. Газовая обвязка резервуаров	148
16.2.2. Дыхательные клапаны резервуаров	150
16.2.3. Диски-отражатели и хлопуши	153
17. Контрольные задания для студентов заочной формы обучения.....	155
Библиографический список	158

ВВЕДЕНИЕ

В России эксплуатируется более 40 млн единиц мобильных транспортных машин с двигателями внутреннего сгорания, среди которых около 30 млн автомобилей. На автомобильный транспорт приходится более 50 % грузовых и пассажирских перевозок. Для привода в движение автомобилей и другой техники используют в основном двигатели внутреннего сгорания. При производстве современных двигателей применяют высокопрочные материалы, полимеры, новейшие технологии, компьютерную технику, электронное управление процессом сгорания топлива. Несмотря на достижения науки и техники современные двигатели внутреннего сгорания являются основным источником загрязнения атмосферы, имеют повышенный расход топлива и смазочных материалов.

Несовершенство двигателей, низкое качество топлив, смазочных материалов, тяжелые условия эксплуатации, недостаточный уровень сервиса повышают требования к инженерам и специалистам, работающим в области конструирования, производства и обслуживания машин.

В связи с сокращением запасов нефти ведется поиск альтернативных топлив и новых методов преобразования любого вида энергии в механическую работу (топливные элементы, энергетические аккумуляторы).

Современный инженер должен знать новейшие технологии получения высококачественных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, их физико-химические, эксплуатационные и экологические свойства, требования к ним, передовой опыт, нормативные документы, классификацию, способы экономии, правила перевозки и хранения, технику безопасности.

В учебном пособии приведены материалы, охватывающие основные разделы курсов «Химмотология», «Эксплуатационные материалы». Целью данного пособия является формирование знаний у студентов технических специальностей в области теории и практики рационального использования моторных топлив, смазочных материалов, специальных жидкостей и правильной перевозке нефтепродуктов и их хранения.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Плотность – это физическая величина, характеризующая содержание массы вещества в единице объёма. Плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$) определяется как отношение массы вещества к единице объёма:

$$\rho = m/V. \quad (1.1)$$

Для воды при $20\text{ }^\circ\text{C}$ плотность равна $1000\text{ кг}/\text{м}^3$, плотность моторного масла примерно $900\text{ кг}/\text{м}^3$, дизельного топлива – $850\text{ кг}/\text{м}^3$, бензина – $750\text{ кг}/\text{м}^3$. По плотности, приведенной к $20\text{ }^\circ\text{C}$, определяют массу вещества.

Удельным объёмом называют величину, обратную плотности ($\text{м}^3/\text{кг}$):

$$\vartheta = 1/\rho. \quad (1.2)$$

Удельным весом называют вес жидкости (газа), приходящийся на единицу объёма ($\text{Н}/\text{м}^3$):

$$\gamma = G/V. \quad (1.3)$$

Между удельным весом и плотностью существует следующая связь:

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (1.4)$$

где $g = 9,81\text{ м}/\text{с}^2$ – ускорение свободного падения.

Давление – это физическая величина, характеризующая интенсивность сил, действующих на поверхность тела. Давление ($\text{Н}/\text{м}^2$, Па) определяется отношением нормальной силы к единице площади:

$$P = F/S. \quad (1.5)$$

Для перевода давления в другие единицы величины необходимо помнить, что $1\text{ техническая атмосфера} = 1\text{ кгс}/\text{см}^2 = 0,98 \cdot 10^5\text{ Па} = 0,1\text{ МПа} = 736\text{ мм рт.ст.} = 10\text{ м водяного столба}$. На рис. 1.1 показаны виды давлений.

Давление различают как атмосферное, избыточное, абсолютное, вакуумметрическое. Недостаток давления до атмосферного называют **вакуумметрическим**. Давление больше атмосферного является **избыточным**.

Давление насыщенных паров – давление, при котором жидкость и газ находятся в термодинамическом равновесии, жидкость не

испаряется, газ не конденсируется. Его можно определить как **давление**, при котором при данной температуре **жидкость вскипает**.

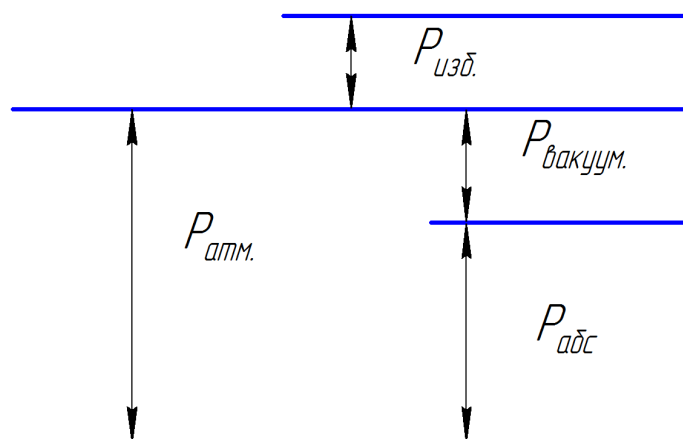


Рис. 1.1. Виды давлений

Для бензинов при температуре $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление насыщенных паров должно быть не более $0,067\text{ МПа}$ (летний бензин) и не более $0,093\text{ МПа}$ (зимний). По требованиям ГОСТ Р 51105-97 бензины по величине давления насыщенных паров разделяют на 5 групп.

Вязкость – способность жидкости оказывать сопротивление при относительном движении её слоёв. Согласно закону Ньютона сила внутреннего трения между слоями жидкости определяется выражением

$$T = \mu \cdot S \cdot \Delta v / \Delta x, \quad (1.6)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости ($\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 = \text{Па} \cdot \text{с}$);

S – площадь соприкасающихся слоёв, м^2 ;

$\Delta v / \Delta x$ – градиент скорости, характеризующий относительное изменение скорости между отдельными слоями жидкости, $1/\text{с}$.

Анализ формулы (1.6) показывает, что коэффициент динамической вязкости μ выражает силу внутреннего трения, приходящуюся на единицу площади соприкасающихся слоев при градиенте скорости равном единице.

Кинематическая вязкость: $\nu = \mu / \rho$ в $\text{м}^2/\text{с}$. Вязкость измеряют в стоксах и сантистоксах ($1\text{Ст} = 1\text{см}^2/\text{с}$; $1\text{сСт} = 1\text{мм}^2/\text{с}$). Эталоном кинематической вязкости в 1 сСт является дистиллированная вода при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для воды кинематическая вязкость равна $1 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$. Вязкость любой жидкости можно определить при помощи капиллярного

вискозиметра (рис. 1.2). Он представляет собой U-образную прозрачную трубку с капилляром, над которым расположены две шарообразные емкости. В начале и конце нижней емкости расположены метки M_1 и M_2 , по которым определяют время перетекания жидкости. Например, время $\Delta\tau = 10$ с, а постоянная прибора $C = 0,1$ мм²/с². Кинематическую вязкость в сСт (мм²/с) находят по формуле

$$\nu = C \cdot \Delta\tau = 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ мм}^2/\text{с}, \text{ или } 1 \text{ сСт.}$$

Зная кинематическую вязкость в м²/с, можно оценить **динамическую вязкость в Па·с**. Для этого величину кинематической вязкости в м²/с умножают на плотность жидкости в кг/м³ ($\mu = \nu \cdot \rho$).

Кинематическая вязкость в м²/с применяется для оценки зависимости вязкости жидкости от температуры, при определении режимов движения (ламинарное или турбулентное) и расчете потерь энергии при движении жидкости в местных сопротивлениях и по длине.

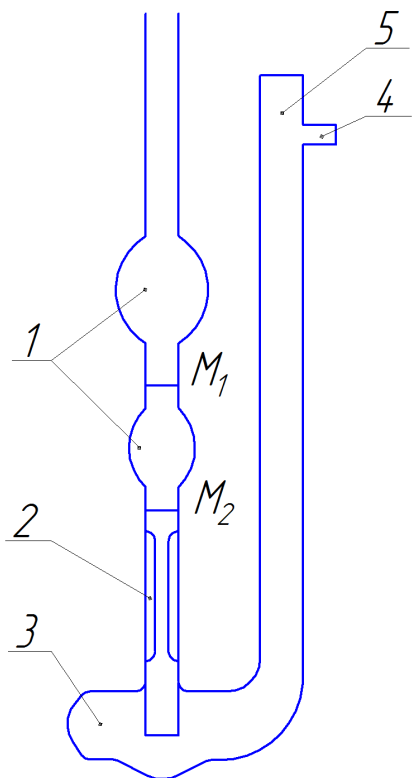


Рис. 1.2. Вискозиметр капиллярный:

1 – калиброванные емкости; 2 – капиллярная трубка; 3 – емкость для нагревания нефтепродуктов; 4 – отросток отводной;

5 – трубка измерная

Динамическую вязкость в Н·с/м² (Па·с) применяют при расчете сил трения, например, между подшипниками скольжения и шейками коленчатого вала двигателя. В холодное время года вязкость моторного масла резко повышается, силы трения достигают величины, при которой затрудняется вращение коленчатого вала и запуск двигателя. При кинематической вязкости моторного масла более 3000 сСт запуск двигателя затруднен.

Расход жидкости или газа – это количество жидкости (газа), протекающее за единицу времени через данное живое сечение. Различают расход объёмный (м³/с) и массовый (кг/с).

$$Q = V / t - \text{объёмный}; \quad (1.7)$$

$$M = m / t - \text{массовый.}$$

Сжимаемость жидкости (газа) – её способность уменьшаться в объёме при по-

вышении давления. Оценивается коэффициентом объёмного сжатия ($\text{м}^2/\text{Н}$):

$$\beta = (1/V) \cdot \Delta V / \Delta P, \quad (1.8)$$

где V – первоначальный объём системы;

ΔV – изменение объёма системы; ΔP – изменение давления.

Величина обратная β , – **модуль упругости**: $K = 1/\beta$. Для воды величина $K = 2 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$, для нефтепродуктов $K = 1,35 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$.

В любой замкнутой системе (насос, цилиндр) создаваемое давление определяется по формуле

$$\Delta P = K \cdot \Delta V / V. \quad (1.9)$$

Величину давления ΔP ограничивают при помощи перепускных или предохранительных клапанов. Оптимальная величина ΔP выбирается с учётом назначения конструкции исполнительного механизма, например гидроцилиндра для привода в действие ковша экскаватора. В гидравлических системах давление масла не превышает 30 МПа.

Состав и свойства топлив нефтяного происхождения изменяются в зависимости от температуры и давления. Углеводороды, содержащие от 1 до 4 атомов углерода, при нормальных атмосферных условиях являются газами. При повышении давления молекулы газа укрупняются и переходят в жидкое состояние. Бутан (C_4H_{10}) переходит в жидкое состояние при повышении давления до 0,8 МПа. При понижении давления до величины атмосферного сжиженный бутан переходит в газообразное состояние. Данное свойство газов используется при создании систем питания двигателей, работающих на сжиженном газе (пропан - бутановая смесь газа).

При нормальных атмосферных условиях ($T = 273 \text{ К}$, $P = 760 \text{ мм рт.ст.}$) диаметр молекул газа одинаков и составляет $2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. Массу молекулы малых размеров определить трудно. В 1811 г. итальянский физик Авогадро (1776 – 1856) предположил, что одинаковый объём газа (любого типа) при одинаковом давлении и температуре должен содержать равное количество молекул. Опыты показывают, что 1 г атомов Н (водорода) содержит $6 \cdot 10^{23}$ атомов. В 2 г Н_2 (молекула) содержится $6 \cdot 10^{23}$ молекул. Это специфичное число $6 \cdot 10^{23}$ называется числом Авогадро.

Масса молекул газа в килограммах, содержащая в объеме 22,4 л при $P = 760$ мм рт.ст. ($1 \cdot 10^5$ Па) и $T = 273$ К ($t = 0$ °С), называется **молем**.

Моль (молекулярная масса) – количество вещества в определенном объеме. Если количество молекул, равное $6 \cdot 10^{23}$, компактно упаковать, то их объем составит 22,4 л. Плотность воздуха при атмосферных условиях равна $1,29$ кг/м³. В объеме, равном 22,4 м³, его масса составит 28,9 кг ($1,29 \cdot 22,4 = 28,9$).

Один киломоль воздуха равен 28,9 кг. **Один моль** воздуха составит 0,0289 кг, или 28,9 г. **Киломоль** – количество газа, масса которого в килограммах численно равна его молекулярной массе. В воздухе по массе 23% (0,23) кислорода O₂ и 77% (0,77) азота N₂. Молекулярная масса кислорода 32, азота 28. Молекулярная масса воздуха $M_m = 0,23 \cdot 32 + 0,77 \cdot 28 = 28,9$ кг/кмоль.

Для полного сгорания 1 кг бензина требуется 14,45 кг воздуха или 0,5 киломолей воздуха. В тепловом расчете двигателя внутреннего сгорания требуемое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива определяют в килограммах или в киломолях.

Свойства топлив и смазочных материалов условно разделяются на три группы: физико-химические, эксплуатационные и экологические.

К **физико-химическим** относят свойства, определяемые в лабораторных условиях, например плотность, вязкость, испаряемость, теплота сгорания [39].

К **эксплуатационным** относят свойства, проявляемые непосредственно в двигателе, например, детонационная стойкость бензина, склонность топлива к образованию нагара.

К **экологическим** относят свойства, оказывающие влияние на окружающую среду, например загрязнение воздуха отработавшими газами, пожарную и взрывную опасность нефтепродуктов.

Контрольные вопросы

1. *Что называют плотностью, как она определяется и с какой целью?*
2. *Что называют удельным весом и удельным объемом?*
3. *Определение давления, абсолютное, избыточное (манометрическое) и вакуумметрическое давление, единицы величины.*
4. *Что называют давлением насыщенных паров?*

5. *Кинематическая и динамическая вязкость, единицы величины. Способы измерения.*
6. *Дайте определение объемному и массовому расходу жидкости.*
7. *Сжимаемость жидкости или газа.*
8. *Что называют моле и киломоле?*
9. *Что относят к физическим, химическим, эксплуатационным и экологическим свойствам топлив?*

2. НЕФТЬ – ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нефть – это углеводородное топливо, состоящее в основном из углерода (83 – 87 %), водорода (12 – 14 %) и малом количестве серы, кислорода, азота (1 – 3 %) [3].

Нефть (от перс. *просачиваться*) – горючая маслянистая жидкость темного цвета, плотностью $\rho = 800 - 900 \text{ кг/м}^3$, теплотой сгорания

42 – 44 МДж/кг (1 кал = 4,18 Дж). М – мега (миллион) 10^6 .

По содержанию серы нефти подразделяются на 3 класса:

- малосернистые – до 0,6 %;
- сернистые от 0,61 до 1,8 %;
- высокосернистые более 1,8 %.

Сера в нефти находится в виде сероводорода, меркаптанов и сульфатов. Технология получения топлив из нефти с высоким содержанием серы сложная и требует больших затрат.

Теорию органического происхождения нефти высказал М.В. Ломоносов, который считал, что нефть образовалась в земных глубинах в результате разложения органических остатков растительного и животного происхождения под действием подземного тепла.

За 150 лет (1850 – 2000) из земли было добыто $70 \cdot 10^9$ т нефти. Объем добытой нефти приводят в баррелях (1 баррель = 158,9 л).

Мировая добыча нефти в 1990 г составила 3100 млн т, а в 2008 г – 5280 млн т. Добыча нефти в России в 1990 г составила 300 млн т (при запасах 20 млрд т). В 2008 г добыча нефти в России составила 490 млн т.

Добыча газа в России в настоящее время производится в объеме более 500 млрд. м³ в год.

Впервые в России в городе Моздоке братьями Дубиниными в 1823 г была создана установка для переработки нефти. Основной продукцией установки был керосин. Установка имела подогреваемый котел с нефтью и холодильник (емкость с водой) для конденсации паров топлива.

Испаряемость характеризуется скоростью перехода топлива из жидкой фазы в газообразную. Нефть не имеет постоянной температуры кипения.

Разделить нефть **на отдельные фракции** (части), виды топлив (бензин, керосин, газойль, соляр) можно методом прямой перегонки [3, 32]. Нефть нагревают до 400 °С и направляют в разделительную

(ректификационную) колонну. Колонна имеет диаметр примерно 2 м и высоту 25 м. В колонне есть разделительные тарелки с отверстиями в виде цилиндров. На цилиндры установлены колпачки с прорезями для прохода паров топлив. Самые легкие фракции – пары бензинов достигают верхних тарелок, там конденсируются и отводятся в отдельные емкости, более тяжелые оседают на нижних тарелках (рис. 2.1, 2.2).

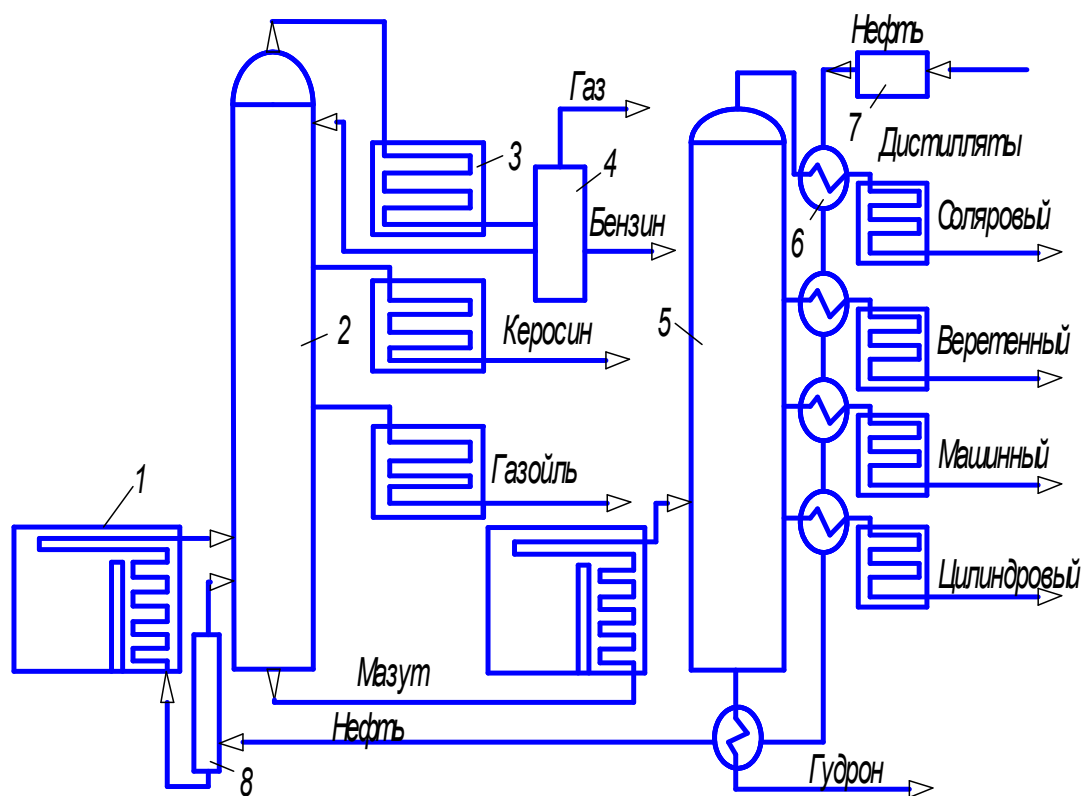


Рис. 2.1. Комплексная атмосферно-вакуумная установка переработки нефти:
 1 – трубчатая печь; 2 и 5 – ректификационные колонны; 3 – холодильник;
 4 – отделитель газа; 6 – теплообменник; 7 – насос;
 8 – испарительная колонна

Самая тяжелая фракция (мазут) снова нагревается и направляется в другую колонну, работающую под разрежением. Давление в колонне снижают до 0,01 МПа для того, чтобы мазут кипел и испарялся при меньшей температуре и разделялся на легкие, средние и тяжелые масла (веретенный, машинный, цилиндровый). **Диапазоны выкипания (испарения) нефтепродуктов:**

бензин 35 – 200 °С, лигроин 110 – 230 °С, керосин 140 – 300 °С, газойль 236 – 330 °С, соляр 286 – 380 °С, масла 320 – 500 °С. При смешении фракций получают топлива для различных видов техники.

Смесь лигроина и керосина – это реактивное топливо для самолётов. Керосин и газойль – это лёгкое дизельное топливо для автомобилей. Газойль и соляр – это дизельное топливо для тракторов. Соляр – это топливо для тепловозов и судовых двигателей.

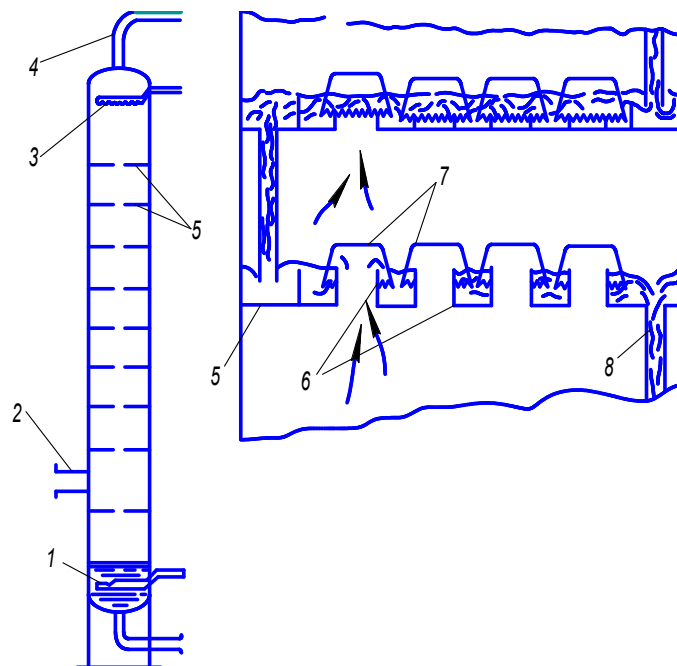


Рис. 2.2. Схема ректификационной колонны и её принцип действия:

1 – приспособление для ввода водяного пара; 2 – труба (ввод паров нефти и её неиспарившейся части); 3 – приспособление для ввода орошения; 4 – труба для отвода легкокипящих фракций с испарившимся оросителем; 5 – металлические тарелки; 6 – отверстия в тарелках; 7 – колпачки с прорезями; 8 – сливная труба

Контрольные вопросы

1. Что называют нефтью, ее состав?
2. Что называют испаряемостью топлива?
3. В чем заключается принцип прямой перегонки нефти?
4. Укажите диапазон выкипания бензиновых фракций.
5. Что называют фракцией?
6. Какие виды топлив получают в результате прямой перегонки нефти?
7. С какой целью смешивают различные фракции топлив?
8. С какой целью мазут разделяют на фракции при давлении, меньше атмосферного?

3. ХИММОТОЛОГИЯ

Химмотология (от слов *химия, мотор и логика*) – это наука, изучающая свойства, качество, рациональное использование горючих топлив и смазочных материалов в технике [39].

Химмотология возникла на стыке химии, технологии переработки нефти, теплотехники, теории двигателей внутреннего сгорания и экономики. Она изучает сложные взаимосвязи между топливом (в том числе новым и альтернативным), смазочными материалами, специальными жидкостями, двигателем и его эксплуатацией.

Химия – наука о веществах, их составе, строении, свойствах и взаимных превращениях. В соответствии с двумя основными классами соединений химия делится на органическую и неорганическую.

Органическая химия – **наука о соединениях углерода** с другими элементами и законах их превращений.

Химмотология к двигателям, топливам и смазочным материалам (ТСМ) предъявляет следующие требования:

1. **Технические** (надёжность, долговечность, высокий ресурс).
2. **Энергетические** (снижение расхода ТСМ в эксплуатации).
3. **Экологические** (минимальная токсичность).
4. **Экономические** (снижение стоимости 1 л ТСМ и расхода топлива на 100 км пробега автомобиля).
5. **Ресурсные** (обеспечение качественными ТСМ всех потребителей, разработка новых и альтернативных топлив).

Задачами современной химмотологии являются разработка новых видов моторных топлив, масел, снижение расхода ТСМ и выброса отравляющих веществ в атмосферу.

Примером научного подхода к технике является, например, замена карбюраторов, которые готовят горючую смесь из бензина и воздуха для сгорания в цилиндрах двигателя, на систему впрыска бензина. Внедрение инжекторных систем впрыска и электронного управления позволило снизить расход топлива на 20 % и уменьшить токсичность отработавших газов в два раза.

3.1. Органические соединения

У неорганических соединений молекулярная формула является «**визитной карточкой**» [1]. Формула H_2SO_4 представляет собой

только серную кислоту. Ее используют при очистке моторных масел от смолистых веществ (кислотная очистка), при приготовлении электролита для аккумуляторных батарей и других целей.

У органических соединений одну и ту же молекулярную формулу могут иметь разные вещества, например: формулу C_2H_6O имеют два вещества – **диметиловый эфир газ** (CH_3-O-CH_3) и **этиловый спирт жидкость** (CH_3-CH_2OH).

Различные вещества, имеющие одинаковую молекулярную формулу, называют *изомерами* (от греч. – *равный и часть*). **Изомер** может быть получен различным внутренним строением молекул и разным порядком связей атомов в молекуле.

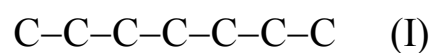
Основу любого органического вещества составляет последовательность химически связанных атомов углерода – его **углеродный скелет** (рис. 3.1). Углеводороды, входящие в состав нефти, относят к **парафиновым, нафтеновым и ароматическим**.

Органические вещества с углеродными цепями (I) и (II) называют соединениями **ациклическими**. Соединения с углеродными циклами (III) и (IV) называют **циклическими**. Схемой (V) изображаются **ароматические** соединения. Формы (VI) и (VII) показывают, что в состав гетероциклического кольца входят атомы не только углерода, но и других элементов – **гетероатомы** (от греч. «гетерос» – разный).

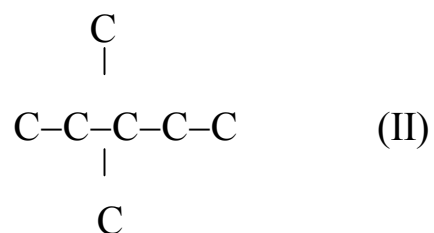
Различают следующие типы углеродных скелетов [23]:

а) **ациклический скелет**, или углеродные цепи,

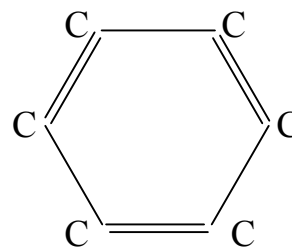
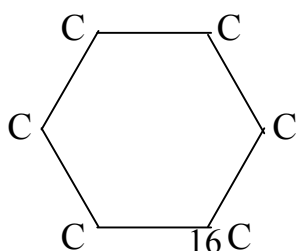
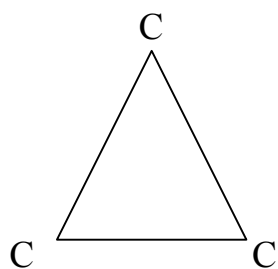
неразветвлённый (нормальный)



разветвлённый



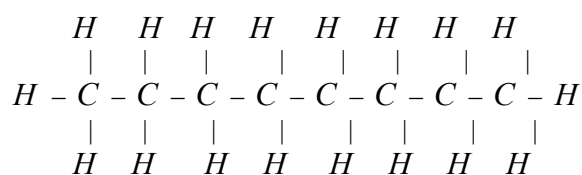
б) **циклический скелет**



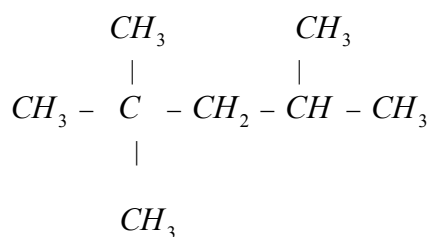
Строение. Общая черта в строении насыщенных соединений *простая*, или *одинарная*, связь между атомами углерода. На образование этой связи затрачивается *одна пара* электронов.

Изомерия. Вид изомерии, когда вещества отличаются порядком связи атомов в молекуле, называют *структурной изомерией*. Изомерия предельных углеводородов обусловлена простейшим видом структурной изомерии – *изомерией углеродного скелета*. Соединения, имеющие неразветвленную углеродную цепь, называют *нормальными*.

В качестве примера можно привести нормальный углеродный скелет изомера **октана** C_8H_{18} . Его молекула имеет углеродный скелет в виде цепи (рис. 3.2). При повышении температуры молекулярный кислород O_2 внедряется в молекулу по $C - H$ связи, окисляет углерод и водород, образует перекиси, которые приводят к цепной реакции – взрыву (горению с высокой скоростью). Данный углеводород обладает низким октановым числом (28) и склонен к детонационному, взрывному сгоранию. Октан хорошо самовоспламеняется и используется при получении топлив для дизелей.



Октан



Изооктан

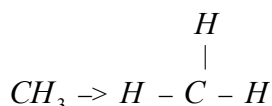


Рис. 3.2. Цепочное строение молекулы октана (C_8H_{18}) и разветвленное строение молекулы изомера изооктана (C_8H_{18}). Радикал свободный CH_3 в развернутом виде

Проанализируем качество того же изомера **изооктана** C_8H_{18} . Это углеводород парафинового ряда, но с разветвленным строением молекулы. Молекула изооктана (см. рис. 3.2) по типу углеродного скелета разветвленная и как бы принимает «круговую оборону» от возможного внедрения окислителя (кислорода). Изооктан проявляет высокую детонационную стойкость, и его октановое число равняется 100. Он применяется в качестве **эталонного топлива** при определении октанового числа бензинов (способности сгорать без детонации или взрыва).

Алканы с разветвлённой цепью кипят при более низкой температуре, чем изомеры с нормальной цепью. Температура плавления, наоборот, повышается с ростом разветвлённости углеродной цепи. Плотности всех алканов меньше 1000 кг/м^3 , они нерастворимы в воде, однако растворимы в эфирах и других органических растворителях. Углеводороды с содержанием углерода $C_3 - C_{15}$ имеют запах бензина или керосина.

Химические свойства. В химическом отношении алканы малоактивны, из-за этого и названы парафинами. При обычных температурах на них не действуют концентрированные кислоты (азотная, серная), расплавленные и концентрированные щёлочи, обычные окислители (перманганат калия, хромовая смесь). Металлы не вытесняют водород из их соединений.

Всё это определяет круг реакций насыщенных углеводородов:

– к *реакции присоединения* алканы неспособны, чем и отличаются от непредельных углеводородов,

– при *крекинге* температура достигает $400 - 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и происходит расщепление высококипящих углеводородов на молекулы простых низкокипящих, например, бутан расщепляется на этан и этилен

(рис. 3.3).

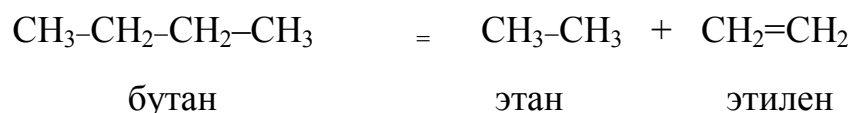


Рис. 3.3. Расщепление предельного углеводорода при крекинге

На рис 3.4 показан крекинг- процесс нефти и изменение от температуры ее составляющих (парафиновых, нафтеновых, ароматических).

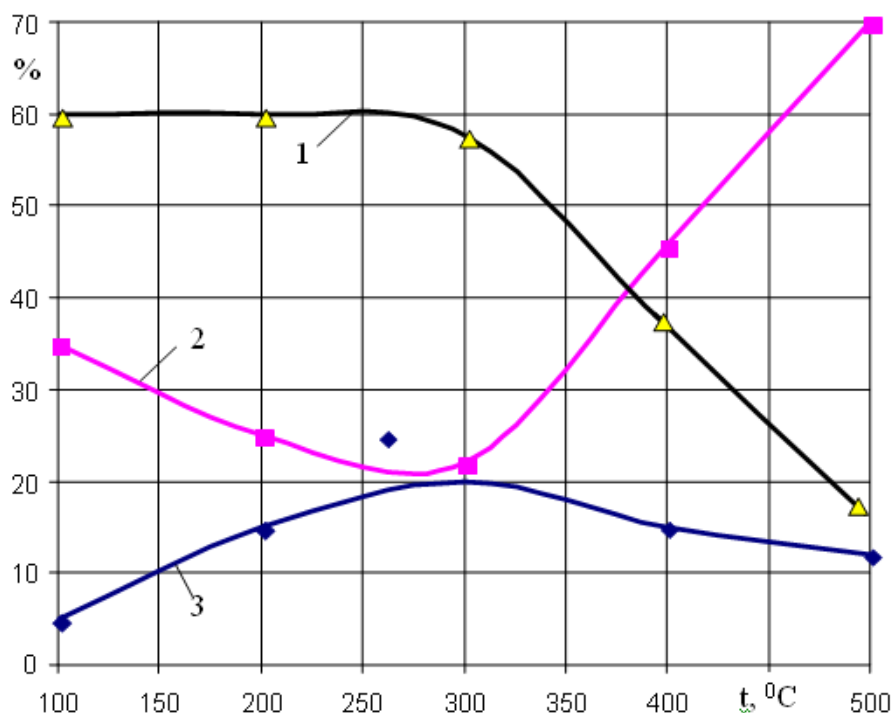


Рис. 3.4. Крекинг - процесс нефти:
1– парафиновые углеводороды; 2 – нафтеновые; 3 – ароматические

При повышении температуры от 100 до 500 °С (крекинг- процесс для грозненской нефти) парафиновые углеводороды расщепляются и их с 60 % становится 18 %. Нафтеновые углеводороды с 35 % увеличиваются до 70 %, а ароматические с 5 % увеличиваются до 12 %.

На этом эффекте основано получение высокооктановых бензинов. При высокой температуре осколки парафиновых и других углеводородов приобретают кольцевое строение.

Парафиновые углеводороды (30–50 %) обладают высокой воспламеняемостью, из них готовят дизельные топлива. Нафтеновые углеводороды (25 –75 %) и ароматические (5 –20 %) обладают детонационной стойкостью (для бензинов).

3.1.2. Нафтеновые углеводороды

Нафтеновые углеводороды (цикланы) имеют формулу $C_n H_{2n}$ и представлены в виде кольца с пятью атомами углерода $C_5 H_{10}$ (циклопентан) и с шестью атомами углерода ($C_6 H_{12}$ циклогексан). Циклическое строение напоминает вид «круговой обороны», а молекулы данного типа обладают высокой детонационной стойкостью, являются желательными для бензинов и зимних сортов дизельных топлив.

Циклическими называют соединения, имеющие замкнутые цепи (от греч. «циклос» – круг). Незамещенные молекулы **циклоалканов** (**циклопарафинов**) состоят из замкнутых в цикл групп CH_2 . По названию этой группы их иногда называют **полиметиленовыми** углеводородами.

Строение, номенклатура, изомерия. Общая формула гомологического ряда циклоалканов $(CH_2)_n$ или $C_n H_{2n}$. Таким образом, молекула циклоалкана содержит на два атома водорода меньше, чем парафин с тем же числом атомов углерода. Название циклоалканов образуют путём добавления приставки **цикло** к названию соответствующего алкана (рис. 3.5).

Изомерия C_5H_{10}

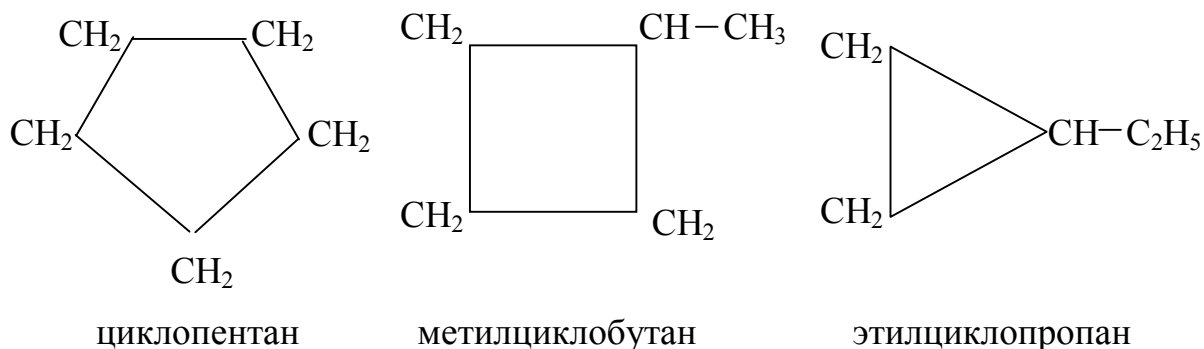


Рис. 3.5. Примеры циклоалканов

Физические свойства. Первые два члена этого ряда (циклопропан C_3H_6 , циклобутан C_4H_8) – газы, $C_5 - C_{10}$ – жидкости, высшие твёрдые вещества. Температура кипения и плавления циклоалканов, как и их плотности, несколько выше, чем у парафинов с равным числом атомов углерода. Как и парафины, циклоалканы практически не растворимы в воде.

Химические свойства. По химическому характеру малые циклоалканы склонны к реакциям присоединения, в результате которых происходит разрыв цикла и образуются парафины и их производ-

ные, чем они напоминают ненасыщенные соединения. Циклы с большим числом звеньев более склонны к реакциям замещения, напоминая этим парафины.

Например, **циклопентан** используется как добавка к моторному топливу для повышения его качества. Его октановое число по моторному методу 87, а по исследовательскому – 94.

Алкенами называют **ненасыщенные** углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь. Их называют **олефины**. Простейший представитель **этилен** C_2H_4 . Гомологический ряд этиленовых углеводородов имеет общую формулу C_nH_{2n} , т.е. такую же, как и циклопарафины. Таким образом, олефины и циклопарафины – изомеры, относящиеся к различным гомологическим рядам.

Из газа этилена C_2H_4 можно получить **синтетическое масло**. Для этого этилен в присутствии катализатора (хлористый алюминий) при температуре $200\text{ }^\circ\text{C}$ сжимают до давления 1,5 МПа. Молекулы этилена соединяются между собой, образуя новые молекулы с числом углеродных атомов более 20. Процесс получения химического соединения нового состава называется **синтезом**. Поэтому масла, полученные искусственным путем, называют **синтетическими**. Главное преимущество синтетических масел – малая зависимость вязкости масла от температуры, что особенно важно во время эксплуатации техники при отрицательных температурах.

Строение алкенов. Характерной особенностью строения является наличие в молекуле одной **двойной** связи (углерод - углерод).

Для олефинов характерна изомерия углеродного скелета и изомерия положения двойной связи. Названия олефинов характеризуются окончанием *илен*: этилен, пропилен, бутилен.

Физические свойства. Олефины по физическим свойствам близки к соответствующим парафинам. Однако температура кипения их несколько ниже, чем у соответствующих парафинов, а плотность несколько выше. Первые три члена ряда $C_2 - C_4$ – газы, от C_5 до C_{17} – жидкости, C_{18} и выше – масла и твёрдые вещества. Изомерия углеродной цепи, изомерия положения двойной связи отражаются на физических константах изомеров (температурах кипения, плавления, плотности). Все олефины имеют плотность меньше 1000 кг/м^3 , обладают характерным запахом, в воде растворимы плохо, но лучше, чем соответствующие парафины.

Химические свойства. Для олефинов характерны *реакции присоединения* с разрывом двойной связи. Кроме того, олефины могут вступать в реакцию между собой (*реакция полимеризации*), легко подвергаются действию различных окислителей, вступают в реакцию с озоном и в некоторых случаях могут вступать в реакцию замещения.

Алкины – ненасыщенные углеводороды, содержащие в молекуле одну *тройную* связь. Простейшим представителем алкинов является **ацетилен** C_2H_2 , поэтому их часто называют **ацетиленовыми** углеводородами. Общая формула алкинов $C_n H_{2n-2}$.

Строение, изомерия, номенклатура. Главный фактор, характеризующий сущность алкинов, – это *тройная* связь (углерод–углерод).

Изомерия алкинов обусловлена строением углеродной цепи и положением тройной связи. Принцип построения названий тот же, что и алкенов. Названия алкинов имеют окончание *ин*: например, бутин.

Физические свойства. По физическим свойствам алкины напоминают олефины и парафины. $C_2 - C_4$ – газы, $C_5 - C_{16}$ – жидкости, высшие – масла и твёрдые вещества. Температура кипения и плотность алкинов несколько выше, чем у алкенов.

Химические свойства. Типичными реакциями как для ненасыщенных углеводородов являются *реакции присоединения*. Алкины легко окисляются с разрывом по тройной связи и в присутствии катализатора могут реагировать друг с другом (*реакция полимеризации*).

3.1.3. Ароматические углеводороды

Ароматические углеводороды (арены) имеют формулу $C_n H_{2n-6}$. К ним относят бензол C_6H_6 в виде кольца (шестигранник) с тремя одинарными связями, чередующимися двойными. К ароматикам относят толуол C_7H_8 , бутилбензол $C_{10}H_{14}$. Они обладают высокой детонационной стойкостью, рекомендуются для топлив бензиновых двигателей. К ароматическим углеводородам относят вещества, в молекулах которых имеется устойчивая циклическая группировка с особым характером связи.

Строение бензола. Бензол C_6H_6 – простейший представитель ароматических соединений (рис. 3.6). Это шестичленный циклический углеводород с тремя сопряженными двойными связями. У бензола октановое число по моторному методу 108, а по исследовательскому – 115.

Изомерия производных бензола. Однозамещённые бензолы производных не имеют, так как все атомы углерода в бензоле отличаются расположением заместителей относительно друг друга. Положение заместителей указывают при помощи приставок или обозначают цифрами. Общее название ароматических углеводородов – **арены**.

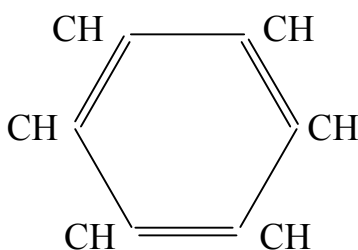


Рис. 3.6. Бензол

Физические свойства. Бензол и его производные – бесцветные жидкости с характерным запахом. Плотность аренов меньше единицы. Они малорастворимые в воде, но во всех соотношениях смешиваются с органическими растворителями. Жидкие арены сами являются хорошими растворителями органических веществ. Они легко воспламеняются и горят ярким, сильно коптящим пламенем. Пары и жидкости токсичны, некоторые вещества канцерогенны, поэтому при работе с ними требуется осторожность.

3.2. Виды эксплуатационных материалов

В табл. 3.1 приведены основные виды эксплуатационных материалов, используемые в технике (ЛКМ – это лакокрасочные материалы, ДТ – дизельные топлива).

Таблица 3.1

Виды эксплуатационных материалов

Топлива	Смазочные материалы	Технические жидкости	Ремонтные и конструкционные материалы
---------	---------------------	----------------------	---------------------------------------

Бензины	Масла моторные	Охлаждающие	ЛКМ
ДТ	Масла трансмиссионные	Для тормозных систем	Пластмассы
Газовые топлива	Пластичные смазки	Для гидросистем	Резина, клей

Бензины (фр. *первоисточник*) применяют в двигателях с внешним смесеобразованием и воспламенением горючей смеси от электрической искры. Горючая смесь приготавливается в карбюраторах. В последних моделях автомобилей применяют системы впрыска бензина с электронным управлением. При помощи форсунок (инжекторов) под давлением 0,4 – 0,6 МПа (4 – 6 атм) распыленное топливо подается во впускной коллектор, а далее при открытии впускного клапана – в цилиндр. В настоящее время разработаны образцы бензиновых двигателей, которые по способу смесеобразования приближаются к дизелям. При помощи насоса и форсунки топливо под давлением 15 МПа подается в распыленном виде в камеру сгорания и воспламеняется от искры.

Дизельные топлива применяют в двигателях с воспламенением от сжатия. При сжатии воздуха температура достигает 500–600 °С и впрыскиваемое топливо под давлением 70 МПа и более прогревается, газифицируется, окисляется кислородом воздуха и самовоспламеняется.

Газовые топлива (сжиженные, сжатые) применяют в бензиновых двигателях и дизелях. В бензиновых двигателях смесь газа с воздухом воспламеняется от искры, у дизелей, которые дополнительно работают на газе, – от искры или запальной порции дизельного топлива.

Основными компонентами сжиженных газов являются пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} . В состав природного газа входит в основном метан CH_4 .

Контрольные вопросы

1. *Что такое химмотология и что она изучает?*
2. *Основные требования химмотологии к двигателям внутреннего сгорания, топливам, маслам.*

3. *Что такое изомерия, у каких веществ она наблюдается, причины возникновения?*
4. *Какие существуют типы углеродных скелетов?*
5. *В чём различие «предельных» и «непредельных» углеводородов?*
6. *Какие вы знаете предельные углеводороды, их строение, изомерия, физические и химические свойства, применение?*
7. *К каким углеводородам относятся алкены и алкины, в чём их различие?*
8. *Чем отличаются ароматические углеводороды от остальных?*
9. *Как из этилена получают синтетическое масло?*
10. *Почему у изооктана выше октановое число, чем у октана?*
11. *Какие вы знаете виды эксплуатационных материалов?*

4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОПЛИВАМ

Требования к бензинам [17]:

1. Бесперебойно поступать в карбюратор или форсунки (давление парообразования).
2. Образовывать нормальную горючую смесь: 1 часть бензина и 15 частей воздуха.
3. Сгорать без детонации (взрыва).
4. Не вызывать коррозию деталей.
5. Сгорать без образования нагара.
6. Иметь минимальную токсичность.

Требования к дизельным топливам [16]:

1. Обеспечивать продвижение топлива к форсункам при любых отрицательных температурах и качественное распыливание.
2. Иметь оптимальное цетановое число (45 – 55), которое обеспечивает наилучшее сгорание топлива. При малых значениях цетанового числа дизельного топлива ухудшается запуск, двигатель работает жестко и неэкономично. При больших значениях цетанового числа улучшаются пусковые качества двигателя, но он работает неэкономично.
3. Иметь вязкость 2 – 6 сСт, которая обеспечивает хорошее распыливание топлива и нормальную смазку плунжерных пар насоса высокого давления и игл распылителей форсунок.
4. Обеспечивать мягкую (без стуков) работу двигателя.
5. Не содержать механических примесей (тонкость фильтрации 1– 3 мкм, один мкм равен 0,001 мм).

В табл. 4.1 приведены свойства топлив, влияющие на прокачиваемость (подвижность), смесеобразование, сгорание и хранение.

Основные свойства топлив

Процессы	Физико - химические свойства топлив
Прокачиваемость	Вязкость, давление насыщенных паров, содержание воды, парафина и механических примесей
Смесеобразование	Испаряемость, фракционный состав
Сгорание	Углеводородный состав, октановое, цетановое числа, испаряемость, теплота сгорания, содержание серы и смол
Хранение	Температура застывания, кристаллизации, содержание воды, серы, смол и примесей

В табл. 4.2 приведены энергетические показатели некоторых топлив при стандартных условиях. В таблице указана низшая теплотворная способность топлив без учета теплоты, выделяющейся при конденсации паров воды. Для сравнения различных топлив по теплотворной способности в качестве базы принята единица условного топлива, имеющая теплоту сгорания 29 307 кДж/кг (7000 ккал/кг).

Таблица 4.2

Энергетические показатели топлив

Топливо	Теплота сгорания, кДж/кг	Коэффициент перевода в условное топливо
Условное топливо	29 307	1,0
Нефть	41 900	1,43
Мазут	41 448	1,41
Древесина	12 560	0,43
Уголь каменный	27 600	0,94
Бензин	45 216	1,54
Дизельное топливо	42 704	1,46
Газ природный	35 586	1,21
Газ сжиженный	46 000	1,57

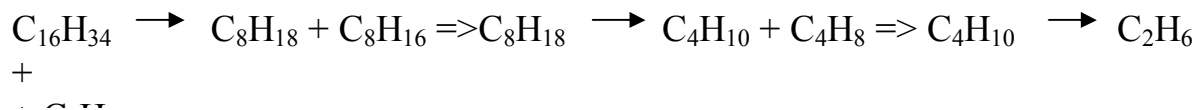
4.1. Способы повышения детонационной стойкости бензинов

В процессе прямой перегонки нефти получается 15 – 20 % бензина с низким октановым числом ($ОЧ \approx 60$). Для повышения $ОЧ$ применяют современные технологии переработки нефти (крекинг-процесс, риформинг), высокооктановые добавки и присадки. В процессе крекинга крупные молекулы расщепляются на мелкие, при

этом повышается ОЧ. Крекинг происходит при давлении $P = 2 - 5$ МПа и температуре равной $450 - 500$ °С. Выход высокооктанового бензина составляет примерно 50 %.

Например, процесс крекинга протекает по следующей схеме:

Из молекул гексадекана ($C_{16}H_{34}$) образуется октан (C_8H_{18}), из него бутан (C_4H_{10}) и далее этилен (C_2H_4).



В процессе переработки нефти применяют риформинг (изменяется структура молекулы). Например, цепочное строение молекулы преобразуется в кольцевую форму.

Вид топлива зависит от количества углерода в молекуле. Если атомов углерода в молекуле до 4 – это газ, от 4 до 16 – жидкость, более 16 – масла, парафины, твёрдые вещества. Фракции бензинов выкипают при температуре от 40 до 200 °С и содержат углеводороды от C_5H_{12} до $C_{11}H_{24}$. Фракции лигроина выкипают при температуре от 150 до 250 °С и содержат углеводороды от C_8H_{18} до $C_{14}H_{30}$.

Для повышения октанового числа бензинов применяли этиловую жидкость. Этиловая жидкость (Р-9) содержит тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$ 54 %, бромистого этила C_2H_5Br 40 %, хлористого нафталина 6 %. Добавка 1 см³ этиловой жидкости на 1 кг бензина повышает его октановое число, например с 80 до 90. Наличие этиловой жидкости в бензине при его сгорании задерживает образование перекисей углеводородов, отдаляя их накопление до критической концентрации и начала взрывного сгорания или детонации.

Этилированный бензин ядовит, по ГОСТ 51105–97 его использование запрещено, так как он загрязняет атмосферу, ухудшает здоровье человека, разрушает нейтрализаторы выхлопных газов.

Октановое число бензинов можно увеличить следующими способами:

1. Внедрение современных технологий переработки нефтяных фракций (крекинг-процесс и риформинг). При крекинге крупные молекулы расщепляются и становятся мелкими. При риформинге видоизменяется их строение (молекула становится компактной – кольцевой, разветвленной). Стойкость к окислению и самовозгоранию

объясняется тем, что молекула принимает форму «круговой обороты» (арены, цикланы).

2. Применение высокооктановых добавок (изооктана, алкилбензола).

3. Применение антидетонационных присадок (этиловой жидкости на основе тетраэтилсвинца $Pb(CH_3)_4$), метилтретбутилового эфира $CH_3OC_4H_9$, композиций на основе марганца $C_5H_5Mg(CO)_3$ и железа $Fe(CO)_5$.

Добавка марганцесодержащей присадки 50 мг на л бензина повышает его октановое число на 5 – 6 единиц. Большое содержание $C_5H_5Mg(CO)_3$ (циклопентадиенилтрикарбонилмарганец) в топливе приводит к повышенному нагарообразованию на свечах и в камере сгорания. Применение 38 мг на л бензина пентокарбонила железа $Fe(CO)_5$ повышает его октановое число на 3 – 4 единицы.

Для повышения октановых чисел бензинов применяют и кислородосодержащие добавки – эфиры и спирты. Метилтретбутиловый эфир ($CH_3OC_4H_9$) при добавке 15 % к бензину повышает его октановое число на 4 – 6 единиц. При увеличении эфира снижается теплота сгорания топлива и мощность двигателя.

4.2. Процесс сгорания бензина

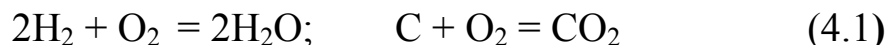
Сгорание топлива – это быстрая реакция окисления углеводородов кислородом. При этом образуется вспышка, молекулярные связи разрываются, накопившаяся энергия выделяется в виде теплоты. При сгорании 1 кг топлива выделяется следующее количество теплоты, Дж : бензин – $44 \cdot 10^6$, дизельное топливо – $42 \cdot 10^6$, метан – $49,7 \cdot 10^6$.

Стехиометрия (греч. *stoicheion* – основа, элемент и *метрия* – измеряю) часть химии, включающая законы количественных соотношений между реагирующими веществами, вывод формул и уравнений химических реакции. В основе стехиометрии лежат законы Авогадро, Гей–Люссака и сохранения массы.

Балансовые уравнения, показывающие исходные и конечные состояния участвующих в реакциях веществ, называют **стехиометрическими**. Напомним, что атомные и молекулярные массы в граммах химических элементов, участвующих в процессе сгорания топ-

лива, следующие: Н=1, (Н₂=2); О=16, (О₂=32); С=12, (С₂=24); N=14, (N₂=28).

Конечная реакция сгорания водорода и углерода, в результате окисления кислородом, протекает так:



Чтобы сжечь 4 кг водорода (2 кмоль) необходимо затратить 32 кг (1 кмоль) кислорода. При этом выделяется 36 кг водяного пара. Для сгорания 1 кг водорода требуется 8 кг кислорода. Выделяется 125 МДж теплоты и 9 кг воды ($4\text{H} + 32\text{O} = 36\text{H}_2\text{O}$, или сокращая левую и правую части уравнения на 4, получим $1\text{H} + 8\text{O} = 9\text{H}_2\text{O}$). У работающего двигателя вода в виде пара выбрасывается в атмосферу.

Чтобы сжечь 12 кг углерода, необходимо затратить 32 кг кислорода. При этом выделяется 44 кг двуокиси углерода. Для сгорания 1 кг углерода С требуется $8/3$ кислорода (2,66). Выделяется 34 МДж теплоты и 3,6 кг двуокиси углерода CO_2 ($12\text{C} + 32\text{O} = 44\text{CO}_2$ или, сокращая левую и правую части уравнения на 12, получим выражение $1\text{C} + 8/3\text{O} = 44/12\text{CO}_2$). Один кг углерода и водорода сгорая, выделяют 34 и 125 МДж теплоты. Зная процентное содержание углерода и водорода в топливе, подсчитывают его теплотворную способность.

Двуокись углерода хорошо пропускает солнечные лучи на Землю, но препятствует охлаждению Земли путем излучения в Космос. Создается своеобразный **парниковый эффект**, который грозит глобальным потеплением и возможными катастрофами.

Горение – это сложный процесс. Факел горящих углеводородов напоминает своеобразный организм, живущий до тех пор, пока в его огненной оболочке, в которую поступает газифицированное топливо и кислород воздуха, происходит правильный обмен веществ [24]. Даже простейшие газообразные метан, этилен, пары бензина сами по себе не горят, пока не будут преобразованы до простейших составляющих в виде молекул СО и Н₂. При окислении (горении) углеводородная молекула «опускается» на более низкие энергетические уровни и достигает нулевого уровня, когда полностью разваливается на углекислый газ СО₂ и воду Н₂О.

Очаг горения – это совокупность трех потоков: теплового (энергетического) и двух материальных – окислителя О₂ и топлива.

Окисление – это реакция взаимодействия молекул углеводородного топлива с молекулами кислорода. Если температура воздуха достигает требуемого значения, то **окисление** переходит в процесс **горения**.

В жидком топливе имеют место легкие, средние и тяжелые молекулы. В процессе распыливания топлива легкие фракции уже являются газифицированными и в окружении кислорода воздуха под действием температуры электрической искры ($10\ 000\ ^\circ\text{C}$) воспламеняются, образуя начальную зону пламени (бензиновые двигатели). Далее действует принцип цепной реакции. Под влиянием температуры более тяжелые молекулы испаряются, прогреваются, расщепляются на более мелкие (газифицируются) и в упрощенном газообразном состоянии вступают в процесс горения.

У дизеля топливо должно самостоятельно воспламеняться при нагреве его в кислороде воздуха до температуры самовоспламенения $250 - 300\ ^\circ\text{C}$. Для надежного пуска и работы дизеля температура в конце такта сжатия должна быть не менее $500 - 600\ ^\circ\text{C}$.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг бензина, определяют из выражения

$$L_T = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} C + 8H \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) \approx 15 \text{ кг.} \quad (4.2)$$

В воздухе 23 % O_2 ; 1 кг бензина содержит 0,855 кг С и 0,145 кг Н.

Теоретическое количество воздуха для сгорания 1 кг дизельного топлива и бензина 14,5 – 15 кг, для газообразных топлив 15 – 17 кг, для этилового спирта 9 кг. Этиловый спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ содержит кислород и для его сгорания требуется меньшее количество воздуха.

Коэффициент избытка воздуха – это отношение действительно поступившего количества воздуха в цилиндр к теоретически необходимому для сгорания 1 кг топлива:

$$\alpha = L_d/L_T, \quad \text{при } L_d = L_T \quad \alpha = 1.$$

Если $\alpha > 1$, смесь бедная; $\alpha < 1$, – богатая.

Используя формулу Менделеева – Клапейрона

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T, \quad (4.3)$$

где P – абсолютное давление, Н/м^2 ; V – объем, м^3 , например цилиндра двигателя; m – масса, кг, например воздуха; R – газовая постоянная

ная для воздуха $287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; T – температура, К, можно определить массу воздуха, поступившего в цилиндр, и требуемое количество топлива.

Например, при атмосферных условиях в цилиндр дизельного двигателя поступила масса воздуха, равная 15 г . При подаче в камеру сгорания 1 г распыленного дизельного топлива коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$, а при подаче $0,5 \text{ г}$ $\alpha = 2$.

Коэффициент избытка воздуха у двигателей с воспламенением от сжатия (дизели) зависит от количества поданного топлива в камеру сгорания. У дизеля он может изменяться от 1 до 6, а у бензиновых двигателей от 0,8 до 1,2. У бензиновых двигателей при большой подаче топлива (богатая смесь) электроды свечи покрываются пленкой топлива и искрообразование нарушается. При бедных смесях затрудняется ее воспламенение от электрической искры. У двигателей с воспламенением горючей смеси от искры коэффициент избытка воздуха изменяется от его количества, поступившего в цилиндр, и от количества поданного топлива. Количество воздуха изменяется путём дросселирования на впуске (изменением положения заслонки).

В современных бензиновых двигателях процесс сгорания топлива протекает при $\alpha = 1$. В выпускном коллекторе установлен датчик кислорода (λ – зонд), который по наличию кислорода в отработавших газах дает сигнал в микропроцессор (контроллер) о возможности изменения подачи топлива. Если в выхлопных газах есть кислород воздуха, участвующий в процессе сгорания, то оператор (водитель) может увеличить подачу топлива, если кислорода нет, то подача топлива ограничивается.

Применение датчика кислорода в современных электронных системах впрыска топлива позволяет снизить расход топлива двигателем внутреннего сгорания и токсичность отработавших газов.

Процесс сгорания топлива в координатах $P - \varphi$ показан на рис. 4.1 (φ – угол поворота коленчатого вала). Примерно за $20\text{--}30^\circ$ до верхней мёртвой точки (ВМТ) подаётся искра при помощи свечи (в центре искры температура достигает $10\ 000^\circ\text{C}$), горючая смесь воспламеняется, кривая сгорания отделяется от кривой сжатия.

У двигателя с искровым зажиганием процесс сгорания можно условно разбить на три фазы: I – **начальный период сгорания начинается от точки 1 и протекает до точки 2** (сгорает 6 – 8 % топ-

лива от начала подачи искры до начала сгорания топлива и повышения давления); II – **основная фаза горения начинается от точки 2 и заканчивается в точке 3 (80 % топлива);** III – догорание топлива [27].

При нормальном процессе сгорания воспламенение свежих порций рабочей смеси и перемешивание фронта пламени по камере сгорания происходит вследствие передачи тепла под действием теплопроводности и лучеиспускания.

По анализу изменения давления во второй фазе сгорания судят о жесткости процесса сгорания (скорости повышения давления). Двигатель должен работать мягко, без стуков с плавным повышением давления в процессе сгорания топлива.

Для бензиновых ДВС жёсткость процесса сгорания ($C = \Delta P / \Delta \varphi$, МПа/град) $C = 0,1 - 0,2$ МПа/град. Жесткость сгорания – это приращение давления за один градус поворота коленчатого вала двигателя.

Нормальный процесс сгорания протекает со скоростью 20– 50 м/с. В процессе детонации скорость сгорания достигает 2 – 3 тыс. м/с. На осциллограмме процесс сгорания (в зоне третьей фазы) наблюдается в виде затухающих острых пиков. Частота вибрации давления равна частоте слышимых стуков. Звонкие металлические стуки являются результатом отражения ударных волн от стенок цилиндра и камеры сгорания.

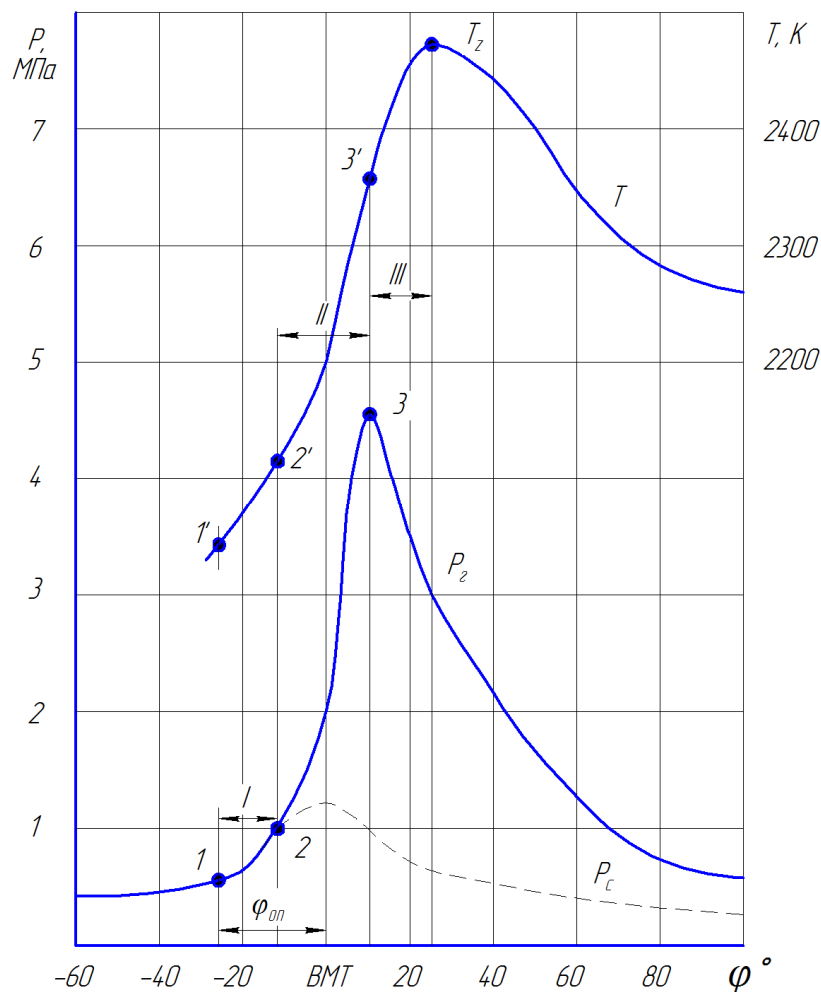


Рис. 4.1. Изменение давления газов в цилиндре P_z и температуры T в бензиновом двигателе:
 1 – начало подачи искры; 2 – отрыв линии сгорания от линии сжатия; 3 – максимальное давление сгорания

На детонационное сгорание топлива влияют:

1. Степень сжатия (повышение степени сжатия ускоряет детонацию).
2. Угол опережения зажигания (раннее зажигание – усиливает).
3. Сорт топлива (октановое число меньше, детонация больше).
4. Частота вращения коленчатого вала (с уменьшением – возрастает детонация).

Причиной детонации является образование перекисей. Кислород при высокой температуре внедряется в углеводородную молекулу топлива, повышая её способность к самовоспламенению. Детонационному (взрывному) сгоранию подвергается та часть горючей смеси, которая должна сгореть в последнюю очередь (рис. 4.2). Перекиси накапливаются в несгоревшей части рабочей смеси и при достиже-

нии критической концентрации распадаются со взрывом и выделением большого количества тепла, активизируя всю рабочую смесь.

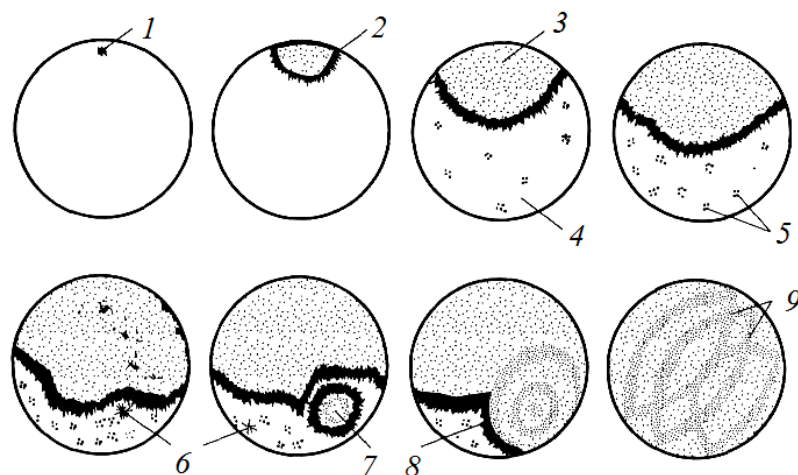


Рис. 4.2. Схема детонационного сгорания топлива:

1 – воспламенение смеси искрой свечи; 2 – фронт горения; 3 – сгоревшая смесь; 4 – несгоревшая смесь; 5 – места повышенной концентрации перекисей; 6 – очаг самовоспламенения; 7 – образование детонационной волны; 8 – детонационная волна; 9 – отраженные волны

Детонация – процесс очень быстрого завершения сгорания в результате самовоспламенения части рабочей смеси и образования ударных волн, распространяющихся со сверхзвуковой скоростью.

При детонации резко повышается температура в камере сгорания, что приводит к прогоранию поршней и выпускных клапанов, перегреву и выходу из строя свечей, а при длительной интенсивной детонации к выходу из строя двигателя.

Внешним признаком детонации является чёрный дым. Его причина заключается в забросе несгоревшего топлива в зону горения, где нет кислорода. При детонации ударная волна отражается от стенок цилиндра с частотой 2000 – 3000 Гц, при этом возникают металлические стуки. Давление в цилиндре резко повышается, мощность двигателя падает. Для устранения детонации зажигание устанавливают позже. В современных автомобилях это выполняется автоматически.

В блоке цилиндров установлен датчик детонации. При появлении детонации сигнал с датчика передается на контроллер, который при помощи исполнительного механизма автоматически уменьшает

угол опережения зажигания, что снижает давление, температуру в камере сгорания и детонацию.

4.3. Процесс сгорания дизельного топлива

Процесс сгорания топлива у дизеля условно разбивают на четыре фазы (рис. 4.3): 1) **индукционный период** (период задержки воспламенения, от точки 1 до точки 2); 2) **период резкого нарастания давления** (фаза быстрого сгорания, от 2 до 3); 3) **период основного горения** (от 3 до 4); 4) **период догорания** [27].

Индукционный период начинается от момента впрыска топлива до начала горения. Период резкого нарастания давления наблюдается от начала горения до максимального значения давления в цилиндре.

Период основного горения продолжается от максимального давления до максимальной температуры в цилиндре двигателя. Процесс сгорания в цилиндре начинается при постоянном объеме, завершается при постоянном давлении.

Периодом задержки воспламенения называется время от начала поступления топлива в камеру сгорания (начало подъема иглы форсунки), до момента, когда в результате химических реакций количество теплоты будет достаточно для прогрева, испарения и воспламенения топлива.

Чем больше скорость химической реакции, тем меньше период задержки воспламенения τ_i или интервал времени от момента впрыска топлива в нагретый воздух до момента появления пламени. Период задержки воспламенения можно определить по формуле академика Н.Н. Семёнова:

$$\tau_i = \frac{B}{P^m} \cdot e^{\frac{E}{RT}}, \quad (4.4)$$

где B – постоянный множитель, зависящий от свойств топлива (цетанового числа) и состава горючей смеси; P – давление в цилиндре на такте сжатия в момент начала подачи топлива, Н/м²; m – порядок реакции (для бимолекулярной смеси при соударении двух реагирующих молекул, $m = 2$); E – энергия активации ($10 - 17$)·10⁴ Дж/моль, необходимая для преодоления разрыва существующих межмолекулярных связей и замещения их новыми;

mR – универсальная газовая постоянная, 8314 Дж/(кмоль·градус);
 T – температура воздуха в момент подачи распыленного топлива в камеру сгорания, К; e – основание натурального логарифма (2,71).

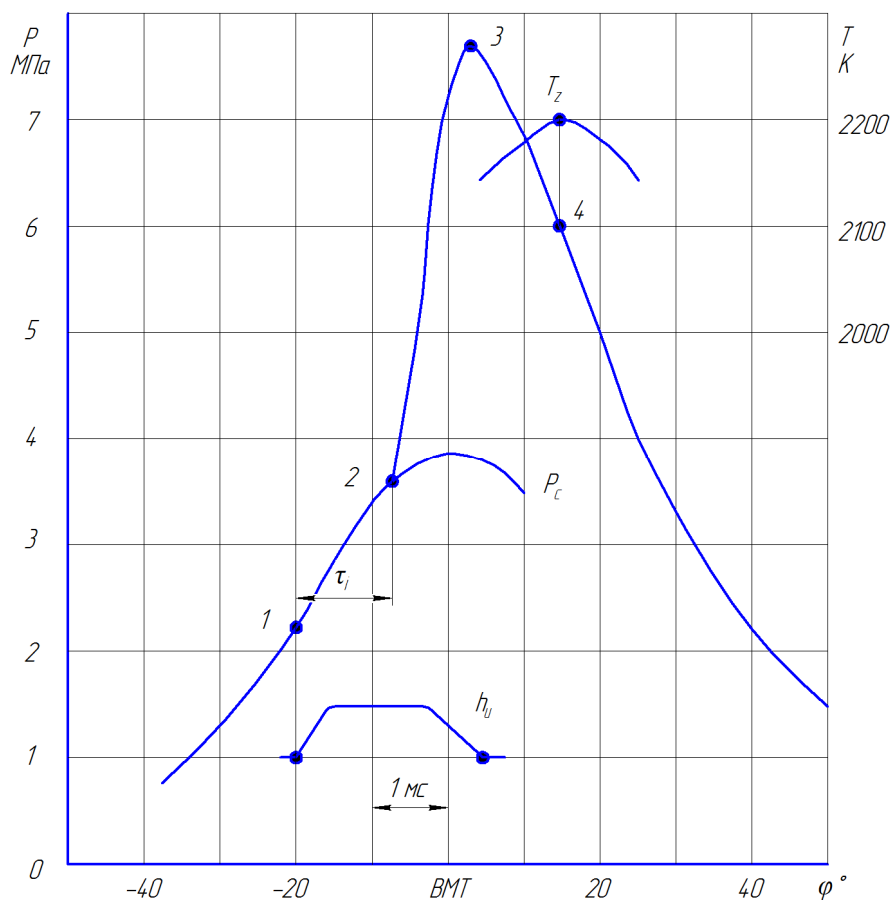


Рис. 4.3. Осциллограммы изменения хода иглы h_u и давления газов в цилиндре P_c дизеля Д – 440 ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $N_e = 66 \text{ кВт}$):

- 1 – действительное начало подачи топлива; 2 – отрыв линии сгорания от линии сжатия (начало видимого сгорания);
- 3 – максимальное давление при сгорании топлива;
- 4 – максимальная температура в цилиндре двигателя

Для воздуха газовая постоянная R равна $8314 / 28,9 = 287$ Дж/(кг·К). Где 28,9 кг/кмоль – молекулярная масса воздуха (M_m).

Для дизелей с объёмным смесеобразованием и степенью сжатия 15 – 17, работающих на топливе с цетановым числом 45 – 55, давлением распыленного топлива 50 – 100 МПа, значение τ_l достигает 0,001 – 0,002 с.

Для снятия индикаторной диаграммы рабочего процесса двигателя используют датчики различной конструкции. Широкое приме-

нение получили тензометрические датчики, наклеенные на упругую мембрану. На рис. 4.4 показана конструкция датчика для измерения давления газов в цилиндре двигателя [2].

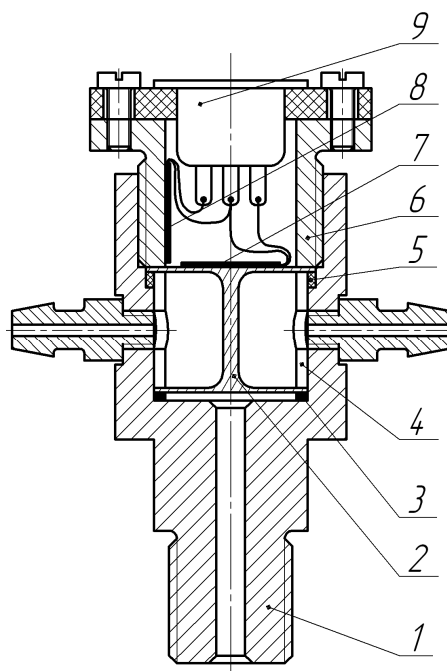


Рис. 4.4. Датчик для измерения давления газов

В корпусе *1* устанавливается чувствительный элемент *2*, который от прорыва газов уплотняется медной прокладкой *3*. Чувствительный элемент *2* представляет собой две мембраны, жестко соединенные между собой штоком. Между мембранами расположена втулка *4*, которая для обеспечения сборки выполнена из двух частей (разрезана). Втулка имеет канавку с отверстиями, через которые циркулирует вода, охлаждающая датчик. Резиновое кольцо *5* служит для уплотнения полости охлаждения датчика. Гайкой *6* чувствительный элемент прижат к корпусу датчика. Рабочий тензометр *7* наклеен на поверхность тонкой мембраны, которая при изменении давления в цилиндре прогибается, изменяя его сопротивление. Компенсационный тензометр *8* наклеен на внутреннюю поверхность гайки. Выводы тензометров припаяны к разъёму *9*, образуя полумост. Чувствительный элемент изготовлен из стали 4X15 с последующей термообработкой. Рабочий диаметр мембран 20 мм, толщина мембран 0,5 мм, расстояние между ними 15 мм. Датчик через отверстие с резьбой соединяется с камерой сгорания двигателя.

Принцип действия тензометрического преобразователя давления основан на изменении электрического сопротивления проводника

при его деформации. Привлекательность тензометрических датчиков давления определяется простотой усиления сигнала. Полумост из проволочных тензоэлементов припаян к разъему датчика, который при помощи экранированных проводов присоединяется к усилителю. Усилитель работает совместно с осциллографом, который фиксирует процессы изменения давления в цилиндре.

Для снижения расхода топлива и токсичности (вредности) отработавших газов интенсифицируют процесс подачи топлива [8] (повышают давление впрыскиваемого топлива до 100 и более МПа), активизируют смесеобразование и сгорание.

Для снижения расхода топлива и токсичности (вредности) отработавших газов интенсифицируют процесс подачи топлива (повышают давление впрыскиваемого топлива до 100 и более МПа), активизируют смесеобразование и сгорание.

Для обеспечения высокой экономичности и минимальной токсичности отработавших газов процесс смесеобразования и сгорания организуют по следующей схеме [29]. За период задержки воспламенения передний фронт распыленного топлива должен пройти путь от распыливающего отверстия форсунки до стенки камеры сгорания. За период основного горения (он заканчивается в момент достижения максимальной температуры газов в цилиндре) топливные факелы, например четыре, должны быть повернуты на угол между распыливающими отверстиями. Поворот факелов обеспечивается при помощи винтовых или тангенциальных каналов, по которым воздух поступает в цилиндры двигателя.

Согласно требованиям стандарта ЕВРО-5 (2008 г.) удельные выбросы четырех основных компонентов отработавших газов дизелей в г/(кВт·ч) не должны превышать: углеводороды – 0,25; окиси азота – 2; окиси углерода – 1,5; сажа (твердые частицы) – 0,02. У двигателей, находящихся в эксплуатации, токсичность отработавших газов может превышать допустимые в 5 – 10 раз. Токсичность возрастает при износе цилиндропоршневой группы, неправильной регулировке топливной аппаратуры, плохом качестве топлива.

В табл. 4.3 приведены значения концентрации вредных веществ в отработавших газах дизельных двигателей, находящихся в эксплуатации, и допустимые нормы стандарта ЕВРО [30].

Углеводороды вызывают головокружение, расстройства дыхания и сердечной деятельности. **Окись углерода** поражает центральную

нервную систему, вызывает потерю сознания и может привести к смертельному исходу. **Окислы азота** провоцируют отек легких. **Сажа**, твердые частицы способствуют зарождению опухолей.

Таблица 4.3

Требования стандарта ЕВРО к концентрации вредных веществ в ОГ

Компоненты	Концентрация вредных веществ в ОГ, г/(кВт·ч)	ЕВРО-3 2000 г	ЕВРО-4 2005 г	ЕВРО -5 2008 г
Оксид углерода	1,5–12,0	2,1	1,5	1,5
Углеводороды	1,3–8,0	0,6	0,46	0,25
Оксиды азота	10–30	5,0	3,5	2,0
Сажа	0,25– 2,0	0,10	0,02	0,02

Уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами может быть достигнуто внедрением регулярного контроля токсичности, использованием малотоксичных и экономичных регулировок, установкой нейтрализаторов в выпускную систему двигателя, которые бывают с пламенным дожиганием вредных веществ, каталитическими, жидкостными и фильтрующими.

Контрольные вопросы

1. Требования к бензинам и дизельным топливам.
2. Способы повышения детонационной стойкости бензинов, крекинг, риформинг.
3. Процесс горения углеводородного топлива, конечные реакции сгорания углерода и водорода.
4. Коэффициент избытка воздуха, его значение для бензиновых и дизельных двигателей, в каких пределах он изменяется.
5. Индикаторная диаграмма (изменение давления в цилиндре) бензинового двигателя, фазы сгорания.
6. Индикаторная диаграмма дизельного двигателя, период задержки воспламенения, жесткость процесса сгорания, фазы сгорания?
7. Устройство и принцип работы тензометрического датчика давления.
8. Требование стандарта ЕВРО к содержанию вредных веществ в отработавших газах.
9. Действие отравляющих веществ на здоровье человека.
10. Способы снижения и нейтрализации вредных веществ отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

5. МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА

5.1. Бензины

При сгорании топлива образуются CO_2 и H_2O . При сгорании серы и сернистых соединений выделяются серный и сернистый ангидриды (SO_2 и SO_3). Пары воды, соединяясь, с ангидридами, образуют сернистую и серную кислоты H_2SO_3 и H_2SO_4 . Данные кислоты вызывают коррозию баков, трубопроводов и деталей двигателя.

Активность сернистых соединений проверяют с помощью **медной пластинки**. В пробирку наливают бензин, опускают медную пластинку и кипятят 18 мин при температуре 100°C . Если на пластине отсутствуют тёмные пятна, то сера в топливе находится в допустимых пределах.

Контрольно-измерительное оборудование совершенствуется. В последних вариантах приборов используются автоматика, электроника, микропроцессорная техника. Длительность контроля сократилась, а качество и точность повысились.

На рис. 5.1 показан анализатор содержания серы АСЭ-1 в нефти и нефтепродуктах. Содержание серы в нефтепродуктах определяется в соответствии с ГОСТ Р 51947-2002. Принцип действия прибора – энергодисперсионный анализ рентгеновской флуоресценции серы. Время измерения одного образца нефтепродукта до 5 мин.



Рис. 5.1. Анализатор содержания серы в нефтепродуктах АСЭ-1

При сгорании топлива его химическая энергия переходит в тепловую и далее, при использовании специальных устройств – в механическую. При нормальном сгорании средняя скорость распространения пламени доходит до 50 м/с. В процессе детонации скорость сгорания увеличивается до 2500 м/с. Во время детонации слышны звонкие металлические стуки (ударные волны), мощность двигателя

снижается, резко повышается температура, увеличиваются нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма.

5.1.1. Методика определения октанового числа

Октановое число бензинов проверяют моторным и исследовательским способами. Установка представляет одноцилиндровый двигатель (УИТ – 85М) с переменной степенью сжатия (4 – 12). УИТ – универсальная одноцилиндровая установка для испытания топлива, изображенная на рис. 5.2 [18]. Диаметр поршня 85 мм, ход – 115 мм. При моторном методе частота вращения коленчатого вала $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ и угол опережения зажигания $\varphi = 15\text{--}26^\circ$. Исследовательский метод осуществляется при $n = 600 \text{ мин}^{-1}$, $\varphi = 13^\circ$. Установка оборудована прибором для измерения интенсивности детонации, которая изменяется от 0 до 100 единиц.



Рис. 5.2. Общий вид установки УИТ-85М для определения октанового числа бензинов

Моторный способ имитирует работу двигателя грузовых автомобилей на форсированных режимах и длительных нагрузках (междугородное движение транспорта).

Исследовательский способ имитирует работу двигателя легкового автомобиля при меньших нагрузках (внутригородское движение).

В качестве эталонных топлив берут **изооктан** C_8H_{18} (ОЧ = 100) и **гептан** C_7H_{16} (ОЧ = 0).

Октановое число определяется сравнительным методом при помощи эталонной смеси, состоящей из октана и гептана. Например, бензин, которому присвоили марку А-76, расшифровывается так: А – автомобильный бензин, октановое число 76, определено моторным методом. Если взять смесь из 76 % изооктана и 24 % гептана, то она по детонационной стойкости будет такой же, как бензин марки А-76.

Октановое число есть показатель детонационной стойкости топлива, численно равный процентному содержанию изооктана в той его смеси с гептаном, которая по интенсивности детонации эквивалентна испытываемому топливу.

Рассмотрим последовательность методики определения ОЧ по моторному методу.

1. Одноцилиндровый двигатель прогрет и работает на бензине, ОЧ которого неизвестно. Частота вращения вала двигателя 900 мин^{-1} , угол опережения зажигания, например 20° .

2. Повышаем степень сжатия (уменьшая объем камеры сгорания), добиваемся устойчивой детонации (например, при степени сжатия 8).

3. Отключаем анализируемый бензин и переводим работу двигателя на эталонную смесь с известным октановым числом. Эталонные смеси могут иметь октановые числа от 62 до 98 единиц и состоят из изооктана и нормального гептана. Подбираем эталонную смесь, при которой создаются условия сгорания с устойчивой детонацией. Например, эталонная смесь начала активно детонировать при октановом числе 76 (изооктана 76 %, гептана 24 %), то октановое число анализируемого бензина будет равно 76.

При определении октанового числа могут применяться контрольные топлива. Октановые числа изменяется от 76 до 104 при различном содержании в смеси толуола, гептана, изооктана. Например, эталонная смесь с октановым числом 98 содержит толуола

(C_7H_8) 74 %, изооктана (C_8H_{18}) 8 % и нормального гептана (C_7H_{16}) 18 %. Толуол имеет октановое число по моторному методу 104, а по исследовательскому – 120. При исследовании топлив с октановыми числами более 100 применяют смеси изооктана и тетраэтилсвинца.

При исследовательском методе двигатель работает с меньшей частотой вращения вала двигателя (600 мин^{-1}) [18]. На данном режиме увеличивается время на протекание процесса сгорания и образования перекисей (очагов самовоспламенения). При наличии очагов самовоспламенения нужно меньше гептана – ускорителя детонации. По этой причине ОЧ по исследовательскому методу будет больше ОЧ по моторному методу.

В соответствии с ГОСТ 2084-77 вырабатывались 3 марки бензинов: А-76, Аи-93, Аи-98. Показатели бензинов приведены в табл. 5.1.

Октановое число по исследовательскому и моторному методам можно определить при помощи переносного портативного прибора октанометра (экспресс-метод).

На рис. 5.3 показан октанометр ПЭ-7300 с дополнительной программой определения цетанового числа в дизельных топливах. При помощи данного прибора за несколько минут определяют октановое число бензина по моторному и исследовательскому методам.



Рис. 5.3. Октанометр типа ПЭ-7300

Разность октановых чисел, определенных по исследовательскому методу и моторному ($ОЧ_{И} - ОЧ_{М}$), называется **чувствительностью бензина**. Эта разность достигает 10 единиц. Чем выше данная разность, тем лучше сгорает бензин на неустановившихся режимах.

По ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51313-99 выпускаются 4 марки неэтилированных бензинов, показатели которых приведены в табл. 5.2 [17].

Таблица 5.1

Характеристики бензинов

Показатель	А - 76	Аи - 93	Аи - 98
Октановое число: по моторному методу	76	85	89
по исследовательскому методу	–	93	98
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг, не более	0,41	0,82	0,82
Цвет	Жёлт.	Оранж.	Синий
Давление насыщенных паров, мм рт. ст., не более	500	500	500
Фракционный состав: начало перегонки, не ниже 35 °С			
$t_{10\%}$ (10 % испарившегося топлива)			
летнее	70	70	70
зимнее	55	55	–
$t_{50\%}$ (50 % испарившегося топлива)			
летнее	115	115	115
зимнее	100	100	–
$t_{90\%}$ (90 % испарившегося топлива)			
летнее	180	180	180
зимнее	160	160	–
Содержание серы, %, не более	0,1	0,1	0,1

Таблица

5.2

Характеристики бензинов

Показатель	Марка бензина			
	«Нормаль 80»	«Регуляр 91»	«Премиум 95»	«Супер 98»

1. Октановое число: по моторному методу	76	82,5	85	88
по исследовательскому методу	80	91	95	98
2. Концентрация свинца, г/л, не более	0,01	0,01	0,01	0,01
3. Содержание серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05
4. Индукционный период, мин, не менее	360	360	360	360

Кроме детонационного сгорания возможно и калильное зажигание. Под калильным зажиганием понимают воспламенение горючей смеси от раскаленного тела, например электрода свечи, клапана. Калильное зажигание возможно даже после выключения зажигания (двигатель продолжает работать). Причиной данного нарушения могут быть нагретые поверхности клапана или свечи. Например, свеча А-17-ДВ, установленная вместо свечи А-20-ДВ, может вызвать калильное зажигание. Свеча А-20-ДВ более «холодная», лучше отводит тепло, и устранит калильное зажигание.

Индукционный период определяется с целью оценки допустимого срока хранения нефтепродуктов, и он должен быть не менее 360 мин. Это время испытания образца (100 см³) в объеме кислорода при давлении 0,7 МПа, температуре 100 °С до начала активного поглощения кислорода. Окисление начинается при снижении давления, контролируемого по манометру (ГОСТ-1105-97 и ГОСТ 4039-80 [15]).

Бензины, полученные прямой перегонкой, практически не содержат ненасыщенных углеводородов, имеют высокую химическую стабильность (большой индукционный период) и возможность длительного хранения. Бензины, полученные при помощи крекинг-процесса, имеют до 50 % ненасыщенных углеводородов, малый индукционный период и срок хранения. При индукционном периоде 360 мин. бензин можно хранить до 6 месяцев.

5.1.2. Давление насыщенных паров

Давление насыщенных паров – это давление, при котором устанавливается термодинамическое равновесие между паром и жидкостью, а концентрация паров топлива в воздухе максимальная.

Прибор для определения давления насыщенных паров топлива (рис. 5.4) состоит из топливной 1 и воздушной 2 металлических камер цилиндрической формы, соединенных между собой резьбой. Воздушная камера, предназначенная для паровой фазы, соединена при помощи резиновой трубки и пружинного зажима (крана) 5 с манометром - вакуумметром 6. При проведении опытов прибор помещается в водяную баню 3, соединенную двумя шлангами 7 с термостатом 8. Заданная температура воды поддерживается термостатом и контролируется по ртутному термометру 4, погруженному в баню до отметки 38 °С, с пределами измерений от 0 до 50 °С. На позиции 9 показана схема заполнения топливной камеры.

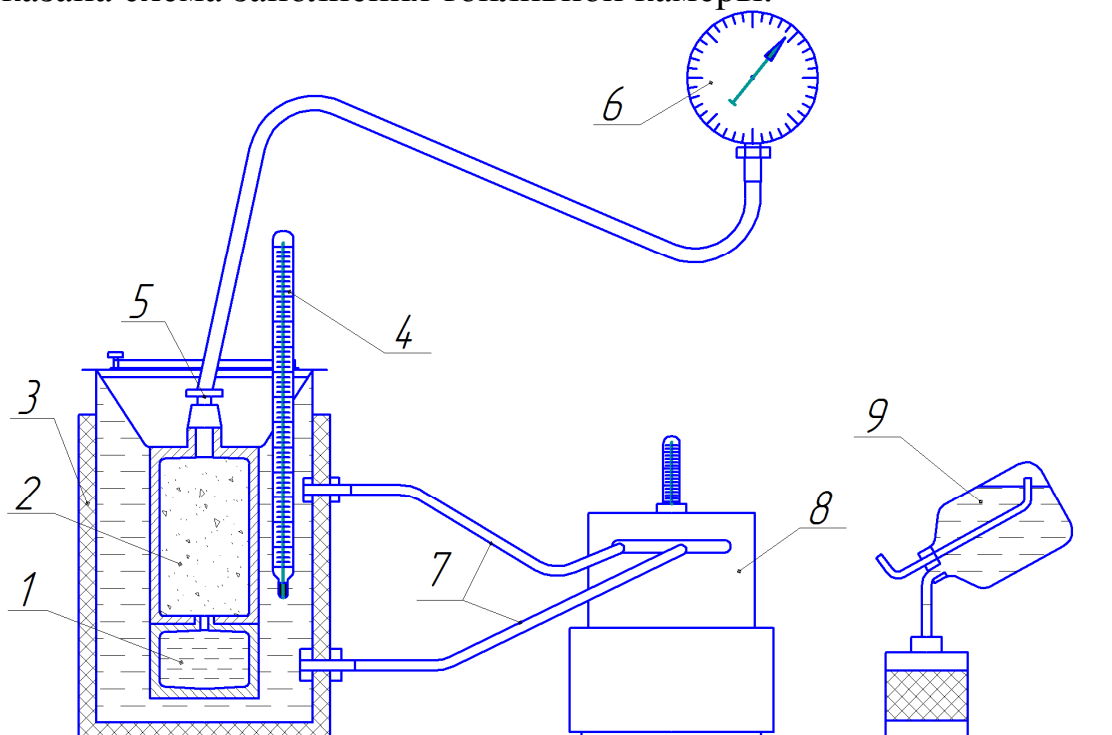


Рис. 5.4. Схема прибора для определения давления насыщенных паров:
 1 – топливная камера; 2 – воздушная камера;
 3 – водяная баня; 4 – термостат; 5 – пружинный зажим; 6 – манометр;
 7 – шланги; 8 – термостат; 9 – схема заполнения топливной камеры

Так как давление насыщенных паров зависит от температуры и состояния жидкой и паровой фаз, ГОСТ 1756 - 52 предусматривает

определение этой величины при температуре $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ и соотношение фаз 1:4 (жидкость – воздух).

Перед началом опыта сосуд рассоединяют, шланг должен быть зажат зажимом. В топливную часть заливают бензин и охлаждают до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плотнo соединяют топливную камеру с воздушной. Собранный сосуд поворачивают и сильно встряхивают несколько раз. Приводят сосуд в нормальное положение, опускают его в баню с температурой $38\text{ }^{\circ}\text{C}$. После погружения сосуда в баню открывают зажим и через 5 мин определяют давление или разрежение по показанию манометра-вакуумметра.

Указанные выше операции повторяют до тех пор, пока значение давления по манометру не стабилизируется. При стабилизации давления достигается термодинамическое равновесие, когда жидкость (бензин) уже не испаряется, а газ (пар) не конденсируется. Стабилизированное давление и есть *давление насыщенных паров*.

Следует помнить, что если манометр показывает избыточное давление, например $+0,1 \cdot 10^5$ Па, то абсолютное давление будет равно $1,1 \cdot 10^5$. Если вакуумметр показывает установившееся разрежение минус $0,2 \cdot 10^5$ Па, то абсолютное давление будет равно $0,8 \cdot 10^5$ Па, или 80 кПа. Давление насыщенных паров можно определять согласно ГОСТ-28781-90 по методике, изложенной в работе [14].

В соответствии с ГОСТ 1756–2000 (ISO – 3007–99) «Нефтепродукты, определение давления насыщенных паров» давление насыщенных паров определяют с использованием водяной лабораторной бани типа ПЭ–700 и набора бомб ПЭ–7100 с комплектами манометров марки МТИ–1218.

На рис. 5.5 показан современный прибор для определения давления насыщенных паров. Прибор состоит из манометра с ручкой, которая служит для поворота и встряхивания, воздушной и топливных камер. В процессе определения давления насыщенных паров прибор находится в водяной бане, в которой поддерживается постоянная температура,



равная 38 °С.

Испаряемость бензина – это главное его качество, характеризующее скорость перехода жидкой фазы в газообразную. Для оценки испаряемости выполняют фракционную (фракция – часть) разгонку и определяют температуру, при которой испаряются 10, 50 и 90 % топлива по объему ($t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$) [28].

На рис. 5.6 представлены графики разгонки бензина и дизельного топлива.

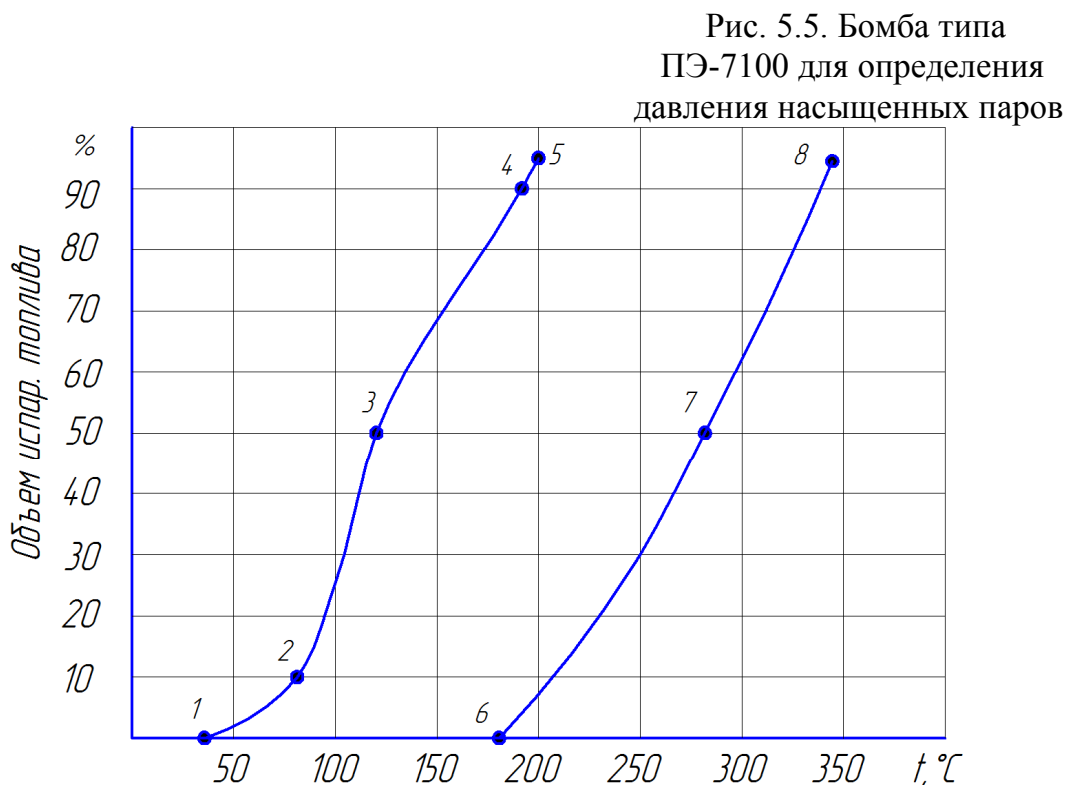


Рис. 5.6. Графики разгонки бензина и дизельного топлива.

По величине температуры, при которой испаряется 10 % топлива ($t_{10\%}$), определяют **пусковые качества** топлива и двигателя. При пуске двигателя в первую очередь воспламеняются от искры легкие фракции. По величине температуры выкипания (испарения) 10 % топлива можно определить минимальную температуру воздуха, при которой возможен пуск двигателя

$$t_B = 0,5 \cdot t_{10\%} - 50. \quad (5.1)$$

Моторное масло должно иметь индекс вязкости (не менее 100), при котором обеспечивается легкое проворачивание коленчатого вала от стартера. Если температура воздуха не ниже минус 25 °С, то возможно применение всесезонного моторного масла М-3₃/10-Г₁ (SAE - 5W/30, API - SL).

По значению температуры, при которой испаряется 50 % топлива ($t_{50\%}$), определяют **качество** протекания рабочего процесса двигателя, а также время его прогрева, динамику разгона автомобиля.

По величине температуры $t_{90\%}$ оценивают количество **тяжелых углеводородов**. В случае их неполного сгорания они способствуют образованию нагара и разжижению моторного масла.

Чем меньше значения $t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$, тем лучше пусковые качества и экономичнее работает двигатель при минимальной токсичности отработавших газов.

Точки 1 и 6 характеризуют начало кипения или перехода из жидкой фазы бензина и ДТ в газообразную фазу. Точки 2 и 7 оценивают пусковые качества бензина и ДТ. Точка 3 характеризует качество бензина (скорость прогрева двигателя, его динамику разгона). По точкам 4, 5 и 8 оценивают наличие в топливе тяжелых фракций и смол.

По ГОСТ Р 51105 – 97 испаряемость бензина характеризуется пятью классами (табл. 5.3).

При давлении насыщенных паров, например 80 кПа (0,8 атм), бензин хорошо испаряется, что способствует более качественному протеканию процесса сгорания. Однако в системе питания могут создаваться паровые пробки. Это приведет к перебоям при подаче топлива из бака в бензонасос и в камеру сгорания (двигатели с карбюратором).

Рекомендации к применению бензинов по классам: 1, 2 – Южные районы (лето); 3 – Центральные районы; 4 – Север; 5 – Крайний Север.

Таблица 5.3

Испаряемость бензинов

Показатель	Классы				
	1	2	3	4	5
Давление насыщенных паров, кПа	35–70	45–80	55–90	60–95	80–100
Фракционный состав:					
$t_{10\%}$	75	70	65	60	55
$t_{50\%}$	120	115	110	105	100
$t_{90\%}$	190	185	180	170	160

5.2. Дизельные топлива

В процессе разгонки нефти бензиновые фракции выкипают при температуре до 200 °С, лигроиновые – до 230 °С, керосиновые – до 290 °С, газойлевые – до 340 °С, соляровые – до 370 °С. Из керосиновых, газойлевых и соляровых фракций (путем их смешивания) получают дизельные топлива. Широкое применение получили летние (Л), зимние (З) и арктические (А) топлива. Главной их отличительной способностью является температура застывания. Так, например, летнее топливо нельзя применять зимой, так как оно может помутнеть при нулевой температуре и потерять подвижность при минус 5 °С. При застывании топлива в системе топливоподачи оно теряет подвижность, не поступает в камеру сгорания и двигатель прекращает работу. У летнего топлива больше парафиновых углеводородов.

В маркировке дизельных топлив [16] указывают его вид, допустимое содержание серы в процентах, температуру вспышки для летнего и замерзания для зимнего (Л- 0,2-50; З- 0,2 минус 35; А- 0,4).

Если нет зимнего топлива, то летнее можно разбавить керосином, снижая температуру замерзания. Добавка 10 % керосина снижает температуру замерзания на минус 5 °С.

У дизельных топлив пусковые качества оцениваются при t_{50} % перегонки (250 – 280 °С); наличие тяжёлых фракций (смола) характеризуется $t_{98\%}$ испарившегося топлива (330–360 °С).

Принцип работы двигателя с воспламенением от сжатия был предложен в 1896 г. немецким инженером Рудольфом Дизелем. Распыленное топливо подаётся в камеру сгорания, в которой за счет сжатия температура воздуха достигает $t = 500 - 600$ °С, где оно само воспламеняется и сгорает.

5.2.1. Методика определения цетанового числа дизельного топлива

Топливо дизельное должно иметь температуру самовоспламенения 250 – 300 °С, обеспечивая устойчивую работу двигателя.

Способность дизельного топлива самовоспламеняться оценивается цетановым числом (ЦЧ). Цетан или гексадекан ($C_{16}H_{34}$) – это углеводород с хорошей самовоспламеняемостью, ЦЧ = 100, α – метилнафталин ($C_{11}H_{10}$) – с низкой самовоспламеняемостью, ЦЧ = 0.

Цетановое число определяется на специальной одноцилиндровой установке ИТД-90 (рис. 5.7). Частота вращения вала двигателя $n = 900 \text{ мин}^{-1}$, угол опережения впрыска топлива $\varphi = 13^\circ$.

Топливо подаётся в камеру сгорания при помощи насоса высокого давления и форсунки. Под действием высокого давления форсункой топливо подается в распыленном виде в предкамеру, в которой при помощи подвижного поршня может изменяться объем камеры сгорания и соответственно степень сжатия.



Рис. 5.7. Установка ИТД -90 для определения цетанового числа дизельного топлива

Процесс смесеобразования включает в себя распыливание топлива, его смешение с воздухом, нагрев, испарение, окисление и самовоспламенение. Время от момента подачи топлива до его воспла-

менения – это период задержки воспламенения, который зависит от цетанового числа, температуры и давления.

Испытания проводят на одноцилиндровом двигателе серии ИТД-90 методом совпадения вспышек [11]. Первая вспышка происходит в момент подъема иглы форсунки (начало подачи топлива в камеру сгорания). Вторая вспышка осуществляется в момент резкого повышения давления в цилиндре (начало сгорания топлива). Вспышки от неоновых ламп фиксируют на ободе маховика.

Степень сжатия (7–23) изменяется при помощи подвижного поршня, расположенного в предкамере. Установка имеет один бачок для хранения исследуемого топлива и двух для эталонных топлив.

1. Начало впрыска топлива устанавливают за 13^0 до верхней мертвой точки поршня (ВМТ).

2. Запускают двигатель, прогревают его и, подбирая (изменяя) степень сжатия (например, 16), добиваются того, чтобы начало сгорания происходило в ВМТ.

3. Исследуемое топливо отключают, двигатель начинает работать на эталонной смеси с известным цетановым числом. Подобранная эталонная смесь должна воспламениться в ВМТ. Если эталонная смесь, содержащая цетана 40 %, α -метилнафталина 60 %, воспламенилась в ВМТ, то цетановое число исследуемого топлива принимается равным 40.

Эталонные смеси должны отличаться между собой по цетановому числу не более чем на 4 единицы. Для окончательного определения цетанового числа топлива подбирают две эталонные смеси. Одна должна воспламениться в ВМТ при большей степени сжатия, а другая при меньшей, чем степень сжатия, определенная для испытываемого топлива.

Цетановое число есть показатель воспламеняемости дизельных топлив, который численно равен процентному содержанию цетана в такой эталонной смеси с α -метилнафталином, которая по воспламеняемости (периоду задержки воспламенения) эквивалентна испытываемому топливу.

Начало подачи топлива и момент воспламенения оцениваются при помощи неоновых ламп, расположенных на маховике. Лампы воспламеняются при подаче напряжения в момент замыкания контактов. Один контакт замыкается при подъеме иглы (начало подачи топлива), другой – при повышении давления в момент воспламене-

ния топлива. Угол от первой вспышки до второй есть период задержки воспламенения. Подбирая эталонную смесь из цетана и α -метилнафталина, добиваются равного периода задержки воспламенения (метод совпадения вспышек).

Цетановое число можно определить при помощи переносного портативного прибора октанометра (цетанометра).

Между цетановым и октановым числом, определенным исследовательским методом, существует связь:

$$\text{ЦЧ} = 60 - 0,5 \text{ ОЧ}_и. \quad (5.2)$$

Бензин марки Аи-98 имеет низкое цетановое число (12) и не сможет самовоспламениться в камере сгорания у дизеля. Для работы дизеля на бензине используются низкооктановые бензины.

На рис. 5.8 показано изменение жесткости процесса сгорания S и удельного расхода топлива q_e для дизеля от величины ЦЧ.

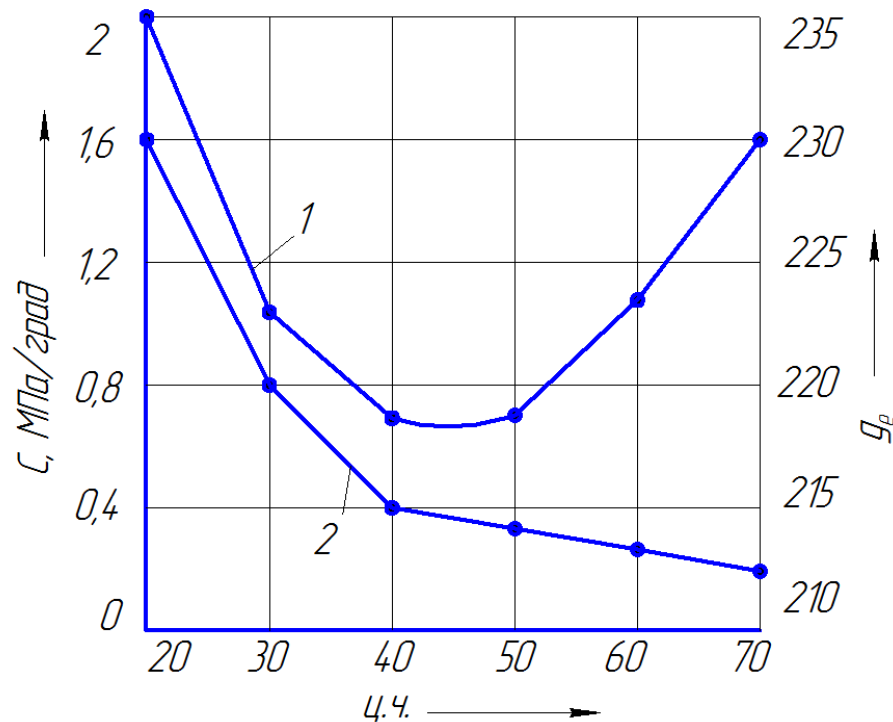


Рис. 5.8. Зависимость жесткости процесса сгорания (кривая 2) и удельного расхода топлива (кривая 1) от значения цетанового числа (ЦЧ)

При цетановом числе менее 40 ухудшаются пусковые качества дизеля, растет жесткость процесса сгорания, увеличивается расход топлива. Это связано с тем, что при малых значениях цетанового числа ухудшается самовоспламеняемость топлива. Вспышка распы-

ленного топлива происходит с опозданием в момент, когда его часть в виде пленки сконцентрировалась на стенке камеры сгорания. Процесс сгорания пленки топлива ухудшается.

При цетановом числе более 60 улучшаются пусковые свойства дизеля, снижается жесткость процесса сгорания, но расход топлива увеличивается. Увеличение расхода топлива объясняется тем, что при больших цетановых числах скорость воспламенения топлива повышается. Топливо воспламеняется в зоне распылителя. В результате малого периода задержки воспламенения топливо не успевает распространиться по всему объему камеры сгорания. Воздух (кислород), поступивший в камеру сгорания, полностью не используется в процессе сгорания. Часть топлива не сгорает, образуется сажа. Топливо, смешанное с воздухом, должно воспламениться в момент, когда передний фронт факела коснется стенки камеры сгорания.

Оптимальное значение цетанового числа 45 – 55 и зависит, главным образом, от способа смесеобразования.

Различают три основных способа смесеобразования:

1. Объемный (КамАЗ) – распыленное топливо подается в объем камеры сгорания, жесткость сгорания достигает 0,6 – 1 МПа/град.

2. Пленочный («Икарус») – топливо подается на горячую стенку, испаряется и плавно сгорает. Жесткость снижается до 0,2 – 0,4 МПа/град. Двигатель работает мягко, но неэкономично с плохими пусковыми качествами.

3. Объемно-пленочный (ЗИЛ-645) – часть топлива подается на стенку, а часть – в объем. Жесткость достигает 0,4 – 0,6 МПа/град.

Жесткость процесса сгорания определяется по индикаторной диаграмме на участке резкого повышения давления (см. рис. 4.3). От жесткости сгорания зависят экономичность двигателя, вибрации и стуки. Жесткость процесса сгорания (МПа/град) представляет отношение приращения давления на участке резкого повышения давления за один градус поворота коленчатого вала.

Считается, что при повышении давления на один градус поворота коленчатого вала на 0,2 – 0,5 МПа двигатель работает мягко, при повышении давления до 0,6 – 0,9 МПа – жестко, а при повышении давления более 0,9 МПа – очень жестко.

5.2.2. Характеристики дизельных топлив

Основные показатели дизельных топлив (ГОСТ 305-82) приведены в табл. 5.4 [16].

Температура помутнения – это минимальная температура, при которой топливо теряет прозрачность и однородность.

Температура застывания характеризует потерю подвижности топлива. Если в пробирку стандартных размеров поместить топливо и охладить, оно остается неподвижным в течение 1 мин, при наклоне пробирки на 45° это и есть температура застывания. При помутнении топлива забиваются фильтры, а при застывании теряется его подвижность в топливопроводах и двигатель прекращает работу.

Температура вспышки – это минимумы температур, при которых пары топлива, смешанные с воздухом, воспламеняются от источника пламени (например, спички).

Таблица

5.4

Характеристики дизельных топлив

Показатель	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, °С			
$t_{50\%}$, не выше,	280	280	255
$t_{96\%}$ (конец перегонки), не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при 20 °С	3,0 – 6,0	1,8 – 5,0	1,5 – 4,0
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	минус 5	минус 25	–
холодной	–	минус 35	–
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	минус 10	минус 35	–
холодной	–	минус 45	минус 55
Массовая доля серы, %, не более,			
в топливе вида I	0,2	0,2	0,2
в топливе вида II	0,5	0,5	0,4
Температура вспышки (в закрытом тигле), не ниже, для дизелей общего назначения	40	35	30
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³ , не более	40	30	30

Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5	5	5
Температура самовоспламенения, °С	300	310	330
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность, кг/м ³ при 20 °С, не более	860	840	830

Кислотным числом топлива называют количество миллилитров едкого калия КОН, необходимого для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 см³ топлива.

Чистоту топлива оценивают **коэффициентом фильтруемости** по ГОСТ 19006–73. Он характеризует присутствие в топливе всех видов загрязнений и представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги при атмосферном давлении десятой порции перетекаемого топлива к первой. На коэффициент фильтруемости влияет содержание механических примесей, воды, смолистых веществ. При коэффициенте фильтруемости более 3 снижается срок службы фильтров, ускоряется износ двигателя и его систем.

Прибор для определения коэффициента фильтруемости состоит из стеклянной градуированной трубки, сверху которой расположена стеклянная воронка с краном, а внизу – разборный корпус фильтра с краном. Перед началом опыта в корпус устанавливается бумажный фильтр. От степени загрязнения бумажного фильтра зависит скорость вытекания топлива и значение коэффициента фильтруемости.

Для улучшения качества дизельных топлив применяют присадки различного функционального назначения: депрессорные, антиокислительные, повышающие цетановое число, моющие и снижающие дымность отработавших газов. Антидымные присадки (МСТ-15, АДП-2056, ЭФАП-Б) в концентрации 0,2 – 0,3 % позволяют понизить дымность отработавших газов на 40 –50 %.

Плотность жидких нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, масла) определяют ареометрами [22]. По плотности

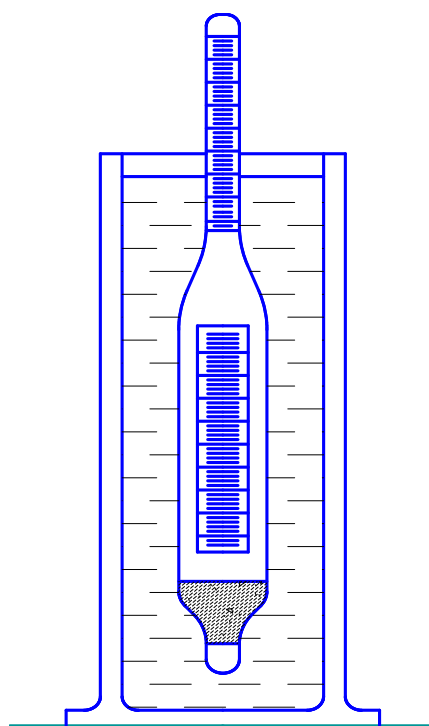


Рис. 5.9. Определение ареометром плотности жидкости

оценивают вид нефтепродукта и его массу. Методика определения плотности следующая.

В стеклянный цилиндр (рис. 5.9), установленный на прочный горизонтальный стол, осторожно наливают испытуемый нефтепродукт, температура которого не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на ± 1 °С. В нефтепродукт медленно и осторожно опускают чистый и сухой ареометр, держа его за верхний конец, до момента его свободной плавучести. Отсчет показаний производится по верхнему краю мениска, глаз должен находиться на уровне мениска.

Температуру нефтепродукта определяют по термометру нефтенденсиметра или измеряют дополнительным термометром.

Обработка результатов. Если температура нефтепродукта в момент определения плотности отличалась от установленной, необходимо ввести температурную поправку. Тогда плотность, приведенная к 20 °С, определяется по формуле

$$\rho_{20} = \rho_t + \kappa (t - 20), \quad (5.3)$$

где ρ_{20} и ρ_t – плотность нефтепродукта при 20 °С и при температуре измерения; κ – температурная поправка плотности; t – температура испытаний, °С.

Среднее значение температурных поправок на плотность нефтепродуктов приведено в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Температурные поправки к плотности нефтепродуктов

Плотность топлива ρ_{20} , кг/м ³	Поправка «к»
730 – 740	0,857
740 – 750	0,844
750 – 760	0,831
760 – 770	0,818
770 – 780	0,805
780 – 790	0,793
790 – 800	0,778
800 – 810	0,765
810 – 820	0,752
820 – 830	0,738
830 – 840	0,725

840 – 850	0,712
850 – 860	0,699
860 – 880	0,676
880 – 900	0,655

Плотность бензинов стандартами не нормируется. Она используется для ориентировочной оценки вида топлива, при пересчете нефтепродуктов из массовых в объемные единицы, для обеспечения их учета при транспортировках и отпуске при заправке в бак. Плотность основных нефтепродуктов при 20 °С может лежать в следующих пределах:

бензины – 700 ÷ 780 кг/м³, дизельные топлива – 830 ÷ 860 кг/м³, моторные масла – 900 ÷ 910 кг/м³.

Национальный стандарту российской федерации «Топливо дизельное ЕВРО», ГОСТ 52368 – 2005 предъявляет более жесткие требования к содержанию в топливах примесей, например серы.

В условном обозначении топлива указывают его сорт (А, В, С, D, Е, F) в зависимости от значений предельной температуры фильтруемости (для класса и температуры помутнения), класс (0, 1, 2, 3, 4) и вид топлива в зависимости от содержания серы (I, II, III).

Пример: «Топливо дизельное ЕВРО по ГОСТ Р 52368-2005, сорт А, вид I». Сорт А имеет предельную температуру фильтруемости (помутнения) 5 °С. Топливо летнее, вид I, содержание серы не более 0,35 г на 1 кг топлива.

По физико-химическим и эксплуатационным показателям топливо должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Требования к топливу

Наименование показателя	Значение
1. Цетановое число, не менее	51,0
2. Плотность при 15 °С, кг/м ³	820 – 845
3. Содержание серы, мг/кг, не более, для топлива:	
<i>вид I</i>	350,0
<i>вид II</i>	50,0
<i>вид III</i>	10,0

4. Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	55
5. Зольность, % (по массе), не более	0,01
6. Содержание воды, мг/кг, не более	200
7. Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	2,0 – 4,5

Топливо для умеренных климатических условий должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.7.

Под предельной температурой фильтруемости топлива, например, для сорта «С» – минус 5 °С понимается температура, при которой оно теряет подвижность и не проходит через фильтры.

Таблица 5.7

Требования к топливу для умеренного климата

Наименование показателя	Значение для сорта					
	A	B	C	D	E	F
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	5	0	–5	–10	–15	–20

Топливо для холодного и арктического климата должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Требования к топливу для холодного и арктического климата

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
1. Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	–20	–26	–32	–38	–44
2. Температура помутнения, °С, не выше	–10	–16	–22	–28	–34
3. Плотность при 15°С, кг/м ³	800- 845	800-845	800-840	800-840	800-840
4. Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,5–4,0	1,5–4,0	1,5–4,0	1,4–4,0	1,2–4,0
5. Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0
6. Фракционный состав: до температуры 180 °С,					

% (по объему), не более до температуры 340 °С,	10	10	10	10	10
% (по объему), не менее	95	95	95	95	95

Топливо должно соответствовать требованиям настоящего стандарта и изготавливаться по технологии, утвержденной в установленном порядке.

Предельная температура фильтруемости (на холодном фильтре) [13] – это температура, при которой данный объём топлива не протекает через проволочную сетку (фильтрующую установку) в течение определенного времени (более 60 с). Топливо полностью не стекает обратно через фильтр в измерительный сосуд.

При данной температуре в дизельном топливе выделяются растворенные парафины (температура помутнения) и оно теряет прозрачность и подвижность.

Контрольные вопросы

1. Что называют октановым числом бензинов?
2. Методика определения октанового числа по моторному и исследовательскому методам.
3. Что представляют эталонные топлива изооктан и гептан?
4. Признаки детонационного (взрывного) сгорания топлива и к каким отрицательным последствиям оно приводит, способы устранения детонации.
5. Что называют «чувствительностью бензина»?
6. Характеристики бензинов, маркировка.
7. Что называют индукционным периодом бензина?
8. Что называют давлением насыщенных паров, методика определения?
9. Испаряемость бензинов, связь с давлением насыщенных паров.
10. Цетановое число, методика определения.
11. Что представляют эталонные топлива цетан и α – метилнафталин?
12. Какая связь между цетановым и октановым числом?
13. Как влияет цетановое число на жесткость процесса сгорания и экономичность?
14. Характеристики дизельных топлив (цетановое число, температура вспышки, помутнения и замерзания).
15. Что называется коэффициентом фильтруемости и кислотным числом?

16. Маркировка дизельных топлив.

17. Почему высокооктановые бензины трудно самовоспламеняются и их нельзя использовать вместо дизельного топлива?

18. Почему зимнее дизельное топливо можно использовать летом, а летнее нельзя применять зимой?

6. МОТОРНЫЕ МАСЛА

От качества масла зависят долговечность двигателя, его износ, время запуска. Эффективность использования моторного масла определяется возможностью оптимизации его свойств в соответствии с условиями протекания рабочих процессов и особенностями конструкции двигателя.

Основная функция, которую выполняют моторные масла, – это снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Одновременно моторные масла должны обеспечивать [4, 19]:

- уплотнение зазоров в сопряжениях поршневой группы;
- эффективный отвод тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей; защиту рабочих поверхностей деталей от коррозии;
- предотвращение образования нагара, лака на деталях двигателя;
- высокую стабильность при окислении и обводнении;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы.

6.1. Условное обозначение моторных масел

Основной характеристикой моторного масла является вязкость. Вязкость масла указывается при 100°C , так как такой температуры и выше оно достигает в процессе работы двигателя. Например, М-10 – моторное масло классом вязкости 10 (вязкость в сСт при 100°C может лежать в пределах 9,5 – 11,5) [20].

Затем указывается область применения и условия эксплуатации:

А – для нефорсированных бензиновых и дизельных двигателей;

Б – для малофорсированных двигателей;

В – для среднефорсированных двигателей;

Г – для высокофорсированных двигателей;

Д – для высокофорсированных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых условиях.

Если масло предназначено для бензиновых двигателей, указывается цифра 1, если для дизелей, – 2. Например, М-10-Г₁ – моторное масло летнее средней вязкостью 10 сСт для высокофорсированных бензиновых двигателей, М-З₃-Г₂ – зимнее, М-З₃/10-Г₁ – всесезонное. Класс вязкости всесезонного масла определяется по последней цифре.

Экономия топлива зависит и от вязкости масла. Качественное моторное масло, например SAE 5W-20, снижает расход топлива до 10 %. Если принять за 100 % энергию (теплоту), выделяемую при сгорании топлива, то около 30 % теряется с отработавшими газами, 30 % уходит в систему охлаждения и только 40 % может эффективно использоваться. Из 40 % около 10 % теряется на трение в деталях ДВС и трансмиссии. Эти потери можно снизить путем правильного выбора марки моторного масла.

К 2020 г автомобиль должен иметь расход топлива не более 5 л на 100 км. Для этого масса легковой автомашины должна быть не больше 1000 кг, с идеальной обтекаемостью, с низким коэффициентом трения в трущихся деталях, электронным впрыском бензина и управлением, с оптимальной постоянной вязкостью масла при любых погодных условиях (синтетические масла).

У синтетических масел и минеральных со специальными присадками вязкость незначительно изменяется от температуры, что важно при зимней эксплуатации автомобилей.

В маркировке масел часто встречаются иностранные обозначения. По системе SAE – американское общество автомобильных инженеров (*society of automobile engineers*) применяют 6 зимних (0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W) и 5 летних (20, 30, 40, 50, 60) масел [3]. По системе SAE указывается класс вязкости моторных масел.

В отечественной маркировке масел указывается 4 зимних масла (основных), 5 летних и 4 всесезонных (табл. 6.1). У всесезонных масел класс вязкости указывается последней цифрой в обозначении.

Моторное масло марки 0W (W-winter, зима) рекомендуется для зимних условий эксплуатации с температурой окружающей среды не ниже – 30 °С, а 5W – 25 °С, 10W – 20 °С.

Область применения моторных масел по американской системе указывает API (Американский институт нефти):

- S – для легковых бензиновых двигателей (*service*, сервис);
- C – для дизельных двигателей (*commercial*, коммерция);
- CF – для дизелей с разделенными камерами сгорания;
- CF-4 – для четырехтактных дизелей;
- CF-2 – для двухтактных дизелей транспортных средств;
- CG-4 – для четырехтактных дизелей, работающих на топливе с содержанием серы до 0,05 %;
- CD – высокофорсированные двигатели с наддувом;
- CC – высокофорсированные двигатели без наддува или уменьшенным наддувом; SL – для двигателей выпуска до 2001 г.;
- SE – высокофорсированные бензиновые двигатели;
- EC – энергосберегающее масло (*energy conserving*).

Таблица 6.1

Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости (Россия)	SAE	$\nu_{100}, ^\circ\text{C}$ мм ² /с	$\nu_{-18}, ^\circ\text{C}$, мм ² /с
3 _з	5W	Не менее 3,8	<1250
4 _з	10W	Не менее 4,1	<2600
5 _з	15W	Не менее 5,6	<6000
6 _з	20W	Не менее 5,6	<10 400
6	20	5,6 – 7,0	–
8	20	7,0 – 9,5	–
10	30	9,5 – 11,5	–
12	30	11,5 – 13,0	–
14	40	13 – 15	–
3 _з /8	5W–20	7,0 – 9,5	<1250
4 _з /8	10W–20	7,0 – 9,5	<2600
5 _з /10	15W–30	9,5 – 1,5	<6000
6 _з /14	15W–40	13 – 15	<10 400

Пример обозначения: SAE –5W/30, API – SE, EC. Всесезонное моторное масло со средней кинематической вязкостью 12 сСт (класс вязкости 30) при 100 °С. При отрицательных температурах ведет

себя как масло зимнее типа 5W, обеспечивает легкий запуск двигателя до температуры минус 25 °С, предназначено для высокофорсированных бензиновых двигателей, энергосберегающее.

В табл. 6.2 приведены условные обозначения моторных масел по американскому стандарту API и стандарту России (ГОСТ 17479.1 – 85) [20].

Таблица

6.2

Группы масел

Россия	A	B ₁	B ₂	B ₁	B ₂	Г ₁	Г ₂	Д
API	S	S	C	S	C	S	C	C
	B	C	A	D	B	E	C	D

Европейские страны с 1996 г. ввели свою классификацию моторных масел по системе ACEA (Ассоциация европейских производителей автомобилей). Обозначение масел по системе ACEA приведено в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Классификация масел по системе ACEA

Бензиновые двигатели			Дизельные двигатели		
ACEA	A2-96	A3-96	E1-96	E3-96	E5-99
API	SG	SH	CD	CD	CH-4

Примечание. А – бензиновые, Б – дизели легковых автомобилей и легких грузовых, Е – дизели грузовых автомобилей, где 1, 2, 3 – категории, 96 – год введения в действие.

6.2. Производство моторных масел

Мазут нагревают до температуры 450 °С, направляют в ректификационную колонну (см. рис. 2.1), которая работает при давлении меньше 0,01 МПа.

Известно, что с понижением давления над жидкостью уменьшается температура кипения. Так, например, углеводород при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. имел температуру кипения 500 °С, а при снижении давления до 50 мм рт. ст. его температура кипения уменьшилась до 250 °С. Тяжелые углеводороды будут **испаряться**, а

не разлагаться. Появляется возможность мазут разделить по их температурам кипения и получить масла разной вязкости. На этом принципе и основана вакуумная дистилляция мазута.

Технология получения масел следующая. Нагретый мазут в ректификационной вакуумной колонне разделяется **на дистилляты** (легкие, средние, тяжелые). Затем идет их очистка от смолистых соединений с получением **рафинатов**. Далее, рафинаты **депарафинизируют** (удаляют парафин) и получают базовые масла. Затем к базовым маслам добавляют присадки и получают конечный продукт – **товарные масла**.

Дистиллятом называют неочищенную нефтяную фракцию, полученную перегонкой. Полученное масло, например, SAE–5W (М-З₃) очищают, затем удаляют парафин, добавляют присадки и получают товарные масла. Основные методы очистки: **кислотная** (применение серной кислоты) и **селективная**.

Неочищенное масло смешивается с серной кислотой. Смолистые вещества вступают в реакцию с кислотой, образуя густую, тяжелую массу, – кислый гудрон. Гудрон удаляют из бака, в котором остается чистое масло.

При селективной (выборочной) очистке применяют растворитель (фенол, ацетон). Растворитель выборочно растворяет, например, сернистые соединения при повышении температуры. При понижении температуры сернистые соединения выпадают в осадок.

При депарафинизации масло смешивают со смесью растворителей (толуол, метилэтилкетон). Полученный раствор охлаждают до температуры минус 6 – 12 °С. Кристаллы парафина выпадают в осадок. Депарафинизация повышает температуру застывания масел.

Товарные масла с необходимыми эксплуатационными свойствами получают из базовых масел, которые смешиваются между собой с добавлением соответствующих присадок.

6.3. Присадки к маслам

Для повышения технико-эксплуатационных и экономических показателей масел в них вводят присадки, количество которых изменяется от долей до 25–35 %. **Присадки** – это вещества, которые усиливают положительные природные свойства базовых масел. **Базовое**

масло – это смазочный материал, к которому для получения товарного продукта добавляют присадки (минеральные, синтетические).

Для усиления смазочных свойств моторных масел в них вводят антифрикционные, противоизносные и противозадирные присадки. В качестве *антифрикционных присадок* используют олеиновую и стеариновую кислоты, эфиры различных кислот. Эти присадки добавляют к маслам в количестве 0,5–2,0 %.

Противоизносные и противозадирные присадки обладают способностью образовывать на трущихся поверхностях адсорбированные и хемосорбированные пленки (нафтенат свинца). Механизм действия таких присадок заключается в образовании прочных, главным образом хемосорбированных, граничных пленок, обеспечивающих “мягкое” изнашивание поверхностей трения благодаря созданию на них тонкого слоя продуктов химического взаимодействия вещества присадок с металлом.

Масла, в которые вводят *вязкостные* присадки, называют загущенными. Загущенные масла правильно называть зимними. Для их приготовления берут маловязкие масла, например М-3 (вязкость примерно 3 сСт при 100 °С). При введении в масло вязкостных присадок его вязкость увеличилась в 2 раза и масло стало иметь марку М-6з. При понижении температуры до минус 30 °С вязкость масла с 6000 сСт снизилась до 3000 сСт. Масла загущенные имеют повышенную вязкость при плюсовых температурах, но при отрицательных температурах вязкость масла снижается.

Механизм воздействия вязкостных присадок можно объяснить изменением формы молекул присадки (полиизобутилен C_4H_8). При повышенной температуре обладающая большими линейными размерами молекула имеет вид длинной разветвленной цепи и присоединяет силами адгезии ко всей своей поверхности окружающие углеводородные молекулы, обуславливая этим повышенную вязкость масла. При снижении температуры молекула присадки «свертывается», ее поверхность уменьшается, соответственно снижаются силы межмолекулярного взаимодействия и вязкость масла.

Моющие присадки применяют с целью ограничить прилипание смолистых веществ к нагретым деталям двигателя (они **не моют** двигатель). Применяют два основных типа моющих присадок: зольные и беззольные. Зольные присадки содержат сульфаты бария, кальция,

магния и обладают высокой щелочностью, обеспечивающей эффективную нейтрализацию кислых продуктов.

При сгорании зольных присадок образуется зола, оказывающая отрицательное влияние на работу двигателя. Зольность товарных масел находится в пределах 0,5 – 2,6 %. Содержание золы до 0,002 % оценивается как ее отсутствие. При снижении зольности масла уменьшается возможность калильного зажигания, улучшается работа свечей и уменьшается износ двигателя.

Беззольные присадки состоят из органических соединений и при сгорании не дают зольных отложений. Существуют беззольные присадки двух основных видов: на основе производных янтарной кислоты – сукцинимидные присадки и на основе метакриловых эфиров и азотистых соединений – сополимерные присадки. Недостатком беззольных присадок является повышенная коррозионная агрессивность, поэтому их применяют вместе с антиокислительными присадками.

Для уменьшения вспениваемости масел в них вводят **противопенные присадки**. Практически во все моторные масла вводят противопенные присадки на основе кремнийорганических соединений $(\text{CH}_3)_2\text{SiO}$. Механизм пеногасящего действия этих присадок заключается в том, что кремнийорганические соединения плохо растворяются в масле и располагаются на поверхности раздела «масло–воздух» в виде тончайшей пленки. Обладая большим поверхностным натяжением, эти пленки ускоряют «схлопывание» пузырьков пены, успокаивают колебания масла в картере двигателя и препятствуют проникновению газа в масло (что одновременно способствует уменьшению его окисления). К недостаткам противопенных присадок относится то, что они ухудшают адсорбцию масел к металлическим поверхностям. Противопенные присадки вводят в масло в небольших количествах – 0,001 – 0,005 %.

Способность масла не терять подвижность до определенных температур оценивается его депрессорными свойствами. Для снижения температуры, при которой масла теряют подвижность, к ним добавляют вещества, называемые депрессаторами (диалкил нафталина). Присадки, понижающие температуру застывания масла, называют **депрессорными**.

Воздействие депрессорных присадок основано на том, что они препятствуют объединению кристаллов в объемные структуры, пре-

рывающая процесс застывания на стадии образования кристаллов. Депрессорные присадки понижают температуру структурного застывания масла, но не влияют на его вязкостное застывание.

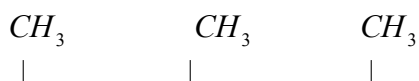
Депрессорные присадки наиболее эффективны в маловязких маслах, так как механизм потери текучести в них объясняется образованием объемной структуры из кристаллов парафинов. Потеря текучести в высоковязких маслах объясняется не столько образованием объемных структур, сколько вязкостным застыванием жидкости с понижением температуры.

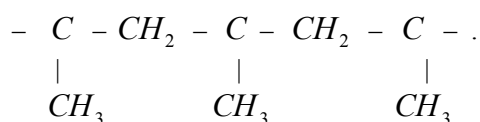
Для изготовления депрессорных присадок используют продукты полимеризации некоторых углеводородов и кислородосодержащих соединений (полиметакрилаты, полиакриламиды). Такие присадки обладают моющими и антикоррозионными свойствами. Добавление 0,5 % депрессорной присадки снижает температуру застывания масла на 15 – 20 °С.

6.4. Определение индекса вязкости

Индекс (указатель) вязкости (ИВ) – это условный показатель, характеризующий степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и оценивающий крутизну вязкостно-температурной кривой. Чем выше ИВ, тем более пологой кривой характеризуется масло и тем лучше оно для зимней эксплуатации. Чаще всего ИВ определяют по номограмме или расчетным путем, зная значения вязкости исследуемого масла при 40 и 100 °С. Для автомобильных масел ИВ должен быть не менее 100, а для зимних условий эксплуатации не менее 120.

Лучшие моторные масла при зимней эксплуатации двигателя должны иметь пологую характеристику зависимости вязкости от температуры, то есть вязкость должна незначительно изменяться от температуры. При кинематической вязкости масла более 3000 сСт (мм²/с) запуск двигателя затрудняется. Для снижения зависимости вязкости от температуры в него добавляют присадку (3 – 4 %), например полиизобутилена. Полиизобутилен получают полимеризацией изобутилена C₄H₈ в присутствии катализаторов. Формула полиизобутилена приведена ниже





Молекула полиизобутилен подобна нити или волокнам, изменяет форму в зависимости от температуры. При высокой температуре молекулы вытягиваются в длинные нитевидные цепочки, повышая вязкость. При снижении температуры молекулы полиизобутилена находятся в масле в виде компактных клубков, снижая трение и вязкость.

Согласно ГОСТ 53371-97 «Нефтепродукты, метод расчёта индекса вязкости» [5] индекс вязкости (ИВ) определяют следующим образом. У исследуемого масла, например М-4з/10-Г₁ (SAE 10W-30), определяется вязкость в диапазоне температуры от 40 до 100 °С. При 100 °С кинематическая вязкость должна быть примерно 10 сСт. По табл. 1 ГОСТа находим, что для исходной вязкости 10 сСт., при температуре 40 °С вязкость для эталонного масла с крутой характеристикой при ИВ = 0 равна 147 сСт, а для ИВ = 100 вязкость равна 83 сСт.

При температуре 40 °С вязкость исследуемого масла, для которого определяется ИВ, оценена опытным путём и составила 63 сСт. Вычислим ИВ по формуле

$$ИВ = \frac{v_2 - v_1}{v_2 - v_3} \cdot 100, \quad (6.1)$$

где v_1 – кинематическая вязкость при 40 °С исследуемого масла;
 v_2 – кинематическая вязкость при 40 °С эталонного масла с ИВ = 0;
 v_3 – кинематическая вязкость при 40 °С эталонного масла с ИВ, равна 100. Для нашего примера

$$ИВ = \frac{147 - 63}{147 - 83} \cdot 100 = 133.$$

Величина ИВ может быть определена по номограмме (рис. 6.1). Для этого нужно знать вязкость исследуемого масла при 50 и 100 °С. Для моторного масла М-4з/10-Г₁ вязкость при 50 и 100 °С составила 45 и 10 сСт. Чтобы определить ИВ моторного масла по номограмме, необходимо восстановить перпендикуляры от известных значений вязкости при 50 и 100 °С, и точка пересечения с наклонной прямой

на номограмме покажет ИВ для данного масла. Для нашего примера индекс вязкости $ИВ = 120$.

Если при изменении температуры от 100 до 40 °С вязкость масла увеличивается в 15–16 раз, то такое масло имеет ИВ, равный **нулю**, если в 7–8 раз, то ИВ равен 100. Характеристики данных масел (зависимость вязкости от температуры) считаются **эталонными**.

Для легкого запуска двигателя при отрицательных температурах (не ниже минус 20 °С) ИВ должен быть не менее 120.

Наиболее высокий индекс вязкости имеют **синтетические масла**, которые представляют собой индивидуальные химические вещества или смесь ограниченного количества веществ, близких по химическому составу и физическим свойствам.

Использование синтетических масел открывает широкие возможности для повышения удельных параметров, экономичности и эффективности ДВС. Это особенно важно, если учесть, что моторные масла на нефтяной основе находятся на пределе своих возможностей по ряду важнейших эксплуатационных свойств, а современные синтетические масла по тем или иным свойствам обладают значительно лучшими показателями. Например, некоторые синтетические масла имеют высокий индекс вязкости (150–170). Низкую температуру застывания (минус 65 °С), вязкость при температуре 250 – 300 °С в 2–3 раза большую, чем у равновязких им при 100 °С нефтяных масел. Высокую термическую стабильность при практическом отсутствии образования отложений и потерь на испарение, хорошие смазочные свойства.

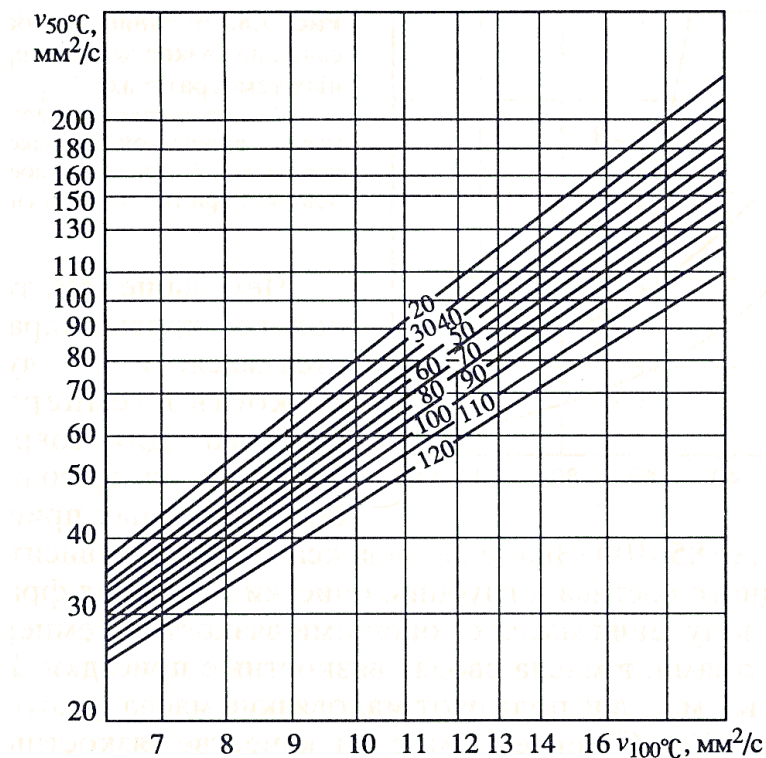


Рис. 6.1. Номограмма для определения индекса вязкости моторного масла

Контрольные вопросы

1. Укажите отечественную и зарубежную маркировку моторных масел.
2. Дайте характеристики присадкам, улучшающим качество моторных масел (противозадирным, противоизносным, загущающим, противопенным, моющим, депрессорным)?
3. Расскажите технологию получения товарных масел.
4. Что такое индекс вязкости моторного масла, как он определяется расчетным путем и по номограмме?
5. Какой индекс вязкости должно иметь моторное масло при эксплуатации двигателя при температуре окружающей среды не ниже минус 30 °C?

7. ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Трансмиссия (лат. *переход, передача*) служит для передачи и изменения крутящего момента вала двигателя на колёса автомобиля.

Включает в себя: коробку перемены передач, карданный вал, главную передачу и дифференциал.

Основное назначение трансмиссионных масел – смазка высоконагруженных зубчатых механизмов, подшипников и других узлов силовой передачи автомобиля.

Требования к трансмиссионным маслам:

- 1) снижать износ трущихся пар, отводить тепло;
- 2) уменьшать потери энергии на преодоление трения, вязкость масла не должна превышать $150 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (150000 сСт);
- 3) понижать шум и вибрации, защищать металл от коррозии;
- 4) удалять продукты износа и не быть токсичным.

В трансмиссии в основном применяют гипоидные передачи с передаточным числом, равным 10. Гипоидная – это передача колеса, которая соприкасаются по прямой линии без разрыва связи. Существуют также передачи конические, червячные и прямозубые.

До 2000 г широкое применение получило трансмиссионное масло ТАД-17_и для автомобилей типа ВАЗ, ГАЗ, АЗЛК. В маркировке трансмиссионного масла буква Т обозначает – трансмиссионное; А – автомобильное; Д – работающие длительное время; 17 – класс вязкости; «и» – с добавлением износостойкой присадки. Это масло имело индекс вязкости, равный 120. Хорошо работало до температуры минус $25 \text{ }^\circ\text{C}$. При температуре минус $45 \text{ }^\circ\text{C}$ динамическая вязкость достигала $150 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и потери энергии в коробке перемены передач и главной передаче не превышали 5 %.

В нашей стране в соответствии с ГОСТ 17479-85 (табл. 7.1) производятся трансмиссионные масла пяти групп.

Основное назначение трансмиссионных масел – смазка высоконагруженных зубчатых механизмов, подшипников и других узлов силовой передачи автомобиля. В трансмиссии автомобиля используют спирально-конические, червячные и гипоидные передачи. Масло для гидродинамических передач, автоматических коробок также относят к трансмиссионным маслам. Хотя кроме смазки оно выполняет другую функцию – изменение и передачу крутящего момента (гидромуфты, гидротрансформаторы). Гидромуфта служит для плавной передачи крутящего момента от насосного колеса к турбинному. Гидротрансформатор при помощи реактора увеличивает крутящий момент от ведущего вала (насосного колеса) к ведомому валу примерно в четыре раза (используется в автоматических коробках).

Главное требование к таким маслам – отсутствие серы, которая приводит к коррозии подшипников скольжения, выполненных из цветных металлов.

Таблица

7.1

Область применения трансмиссионных масел

Группа масел		Наличие присадок	Область применения
Россия	API		
TM-1	GL-1	Без присадок	Цилиндрические, конические, червячные при σ_k до 600 МПа, при t масла до 90 °С
TM-2	GL-2	Противоизносная	Прямозубые, конические, червячные до σ_k 1200 МПа и $t=120$ °С
TM-3	GL-3	Противозадирные	Те же передачи, что и для TM-1 и TM-2, σ_k до 2000 МПа и $t=120$ °С
TM-4	GL-4	Противозадирные с высоким эффектом	Все передачи с t до 130 °С и σ_k до 2000 МПа
TM-5	GL-5	Противозадирные, противоизносные, эффективные присадки	Гипоидные передачи σ_k до 3000 МПа и t до 150 °С

Трансмиссионные масла делятся на 4 основных класса по вязкости (табл. 7.2)

Таблица 7.2

Классы вязкости

Класс вязкости	ν , мм ² /с, при 100 °С	Мах. темп., °С, при $\mu = 150$ Па·с
9	6–11	минус 45
12	11–14	минус 35
18	14–25	минус 18
34	25–41	–

По стандартам России и SAE выпускают следующие виды трансмиссионных масел (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Виды трансмиссионных масел

Классы вязкости SAE	Россия	ν , мм ² /с
---------------------	--------	----------------------------

	ГОСТ 174792-85	min	max
70w, 75w	9	4,1	–
80w, 85w	12	7	–
90	18	13,5	24
140	34	24	41

Трансмиссионные масла (табл. 7.4) могут иметь следующие марки.

Таблица 7.4

Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости	Группа по эксплуатационным свойствам				
	ТМ-1	ТМ-2	ТМ-3	ТМ-4	ТМ-5
9	–	ТМ-2-9	ТМ-3-9	ТМ-4-9	ТМ-5-9
12	–	ТМ-2-12	ТМ-3-12	ТМ-4-12	ТМ-5-12
18	ТМ-1-18	ТМ-2-18	ТМ-3-18	ТМ-4-18	ТМ-5-18
34	ТМ-1-34	ТМ-2-34	ТМ-3-34	ТМ-4-34	ТМ-5-34

В трансмиссионных маслах применяют следующие виды присадок:

1) противоизносные ЭФО – экстракт фенольной очистки (фосфора – 1,4 %; цинка – 1,1 %; бария, – 2 %);

2) противозадирные ПЗ – 309/2 (серы – 1,7 %; хлора – 2,7 %; фосфора – 1 %).

Отечественная маркировка трансмиссионных масел: Т – трансмиссионное; М – масло; 1, 2, 3, 4, 5 – область применения масел (группа масел).

В старой маркировке масел буквы указывали: Т – трансмиссионное; А – автомобильное; Д – работающее длительное время; С – селективной очистки; З – загущенное; К – для автомобиля КамАЗ; Э – присадка ЭФО (экстракт фенольной очистки); ГИП – для гипoidных передач; В – из волгоградской нефти.

Зарубежная маркировка масел:

W – зимнее масло; GL – главная смазка (*General* – главный, *Lube* – масло); 90 – класс вязкости (номер масла соответствующей вязкости);

API – Американский институт нефти (указывает область применения масел); SAE – Общество инженеров автомобилистов (указывает класс вязкости масел).

Например, ТМ-5-18 – трансмиссионное масло, 5-й группы, все-сезонное, классом вязкости 18 (вязкость 14–25 мм²/с, при 100 °С).

API GL-5, SAE-70W/90 – масло трансмиссионное, 5-й группы, все-сезонное, классом вязкости 90 (вязкость 13,5–24 мм²/с, при 100 °С).

Некоторые нефтеперерабатывающие заводы и российские фирмы помимо масел, выпускаемых по ГОСТам и общеотраслевым техническим условиям, вырабатывают трансмиссионные масла под своей торговой маркой и по собственным техническим условиям.

В качестве примера приведем несколько торговых марок трансмиссионных масел, вырабатываемых российскими фирмами (Омский Супер Т, Ангрол Супер Т, Новойл Супер Т). Указанные торговые марки по качеству соответствуют трансмиссионному маслу ТМ-5-18.

Контрольные вопросы

1. *Какова отечественная и зарубежная маркировка трансмиссионных масел?*
2. *Укажите классы вязкости трансмиссионных масел?*
3. *Дайте характеристику присадкам, улучшающим качество трансмиссионных масел (противозадирным, противоизносным)?*
4. *В обозначении трансмиссионных масел ТМ-5 и GL-5, что указывает цифра 5?*
5. *Расшифруйте марки трансмиссионных масел ТМ-4 -18 и GL-4 -90?*
6. *Какую марку отечественного трансмиссионного масла вы выберете, если температура окружающей среды минус 40 °С?*
7. *Какие торговые марки трансмиссионных масел вы знаете?*

8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА

Гидравлические масла используются в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах дорожно-строительных машин, экскаваторах, подъемных кранах, станках и другой технике.

Рабочая жидкость гидравлических систем должна обладать:

1. хорошими смазывающими свойствами;
2. минимальной зависимостью вязкости от температуры в требуемом диапазоне рабочих температур (минус 50 до плюс 80 °С);
3. низкой упругостью насыщенных паров и высокой температурой кипения;

4. нейтральностью к применяемым материалам, особенно к резиновым уплотнениям;

5. высоким модулем объемной упругости, малым содержанием растворенного воздуха в масле;

6. минимальной токсичностью и длительным сроком службы.

Гидравлическим приводом называют устройство, служащее для привода в движение машин и механизмов путем использования рабочей жидкости, находящейся под давлением. В общем случае гидропривод состоит из источника энергии (насоса), исполнительного механизма (силового цилиндра или гидромотора), а также системы управления потоком жидкости, предохранительных устройств и трубопроводов.

Обозначение гидравлических масел производится в соответствии с ГОСТ 17479.3-85 «Обозначение нефтепродуктов. Масла гидравлические» [21]. Состоит из группы знаков, первая из которых обозначается буквами «МГ» (минеральное, гидравлическое); вторая группа знаков – цифрами и характеризует класс кинематической вязкости при плюс 40 °С (табл. 8.1); третья – буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам (табл. 8.2).

При эксплуатации техники используются следующие гидравлические масла:

Масло веретённое МГ-22-А используют в различных гидравлических передачах, амортизаторах, гидроусилителях руля, для смазывания узлов и механизмов, работающих в условиях низких температур, а также в станках.

Плотность масла 886–896 кг/м³, температура застывания минус 45 °С. Обеспечивает пуск механизма при температуре ниже минус 35 °С. Кратковременный верхний предел температуры плюс 90 °С, оптимальная рабочая температура плюс 50–60 °С. Вырабатывается из низкозастывающей и очищенной нефти.

Масло гидравлическое МГ-22-Б обладает хорошими противокоррозионными и антиокислительными свойствами, содержит до 2 % присадок. Обеспечивает пуск гидросистемы без предварительного прогрева при температурах выше минус 35 °С. Максимальная кратковременно допустимая температура масла при эксплуатации плюс 125 °С, оптимальная рабочая температура плюс 50–60 °С, температура застывания минус 45 °С. Масло получают из низкозастываю-

щей нефти с добавлением антиокислительной, антикоррозийной, противоизносной присадок.

Таблица 8.1

Класс вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при плюс 40 °С, мм ² /с
5	4,1 – 5,06
7	6,1 – 7,5
10	9,0 – 11,0
15	13,5 – 16,5
22	19,8 – 24,2
32	28,8 – 35,2
46	41,4 – 50,6
68	61,2 – 74,8
100	90,0 – 110,0

Таблица 8.2

Группы гидравлических масел по эксплуатационным свойствам

Группа масла	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестерёчными, поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла до 80 °С
Б	Минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объёме более 80 °С
В	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объёме более 90 °С

Масло МГ-22-В для гидрообъёмных систем автомобилей производят на основе веретённого масла, в которое добавляют моющую, противоизносную, антиокислительную и противопенную присадки. Масло обеспечивает запуск систем при температурах выше минус 35 °С без специального подогрева. Максимальная кратковременно до-

пустимая при эксплуатации температура масла плюс 125 °С, оптимальная рабочая температура плюс 50–60 °С, температура застывания минус 45 °С.

Масло гидравлическое МГ-15-В используют в средней полосе нашей страны в летний и зимний периоды в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем автотехники при температуре масла в диапазоне от минус 70 до плюс 50 °С. Максимальная кратковременно допустимая температура масла при эксплуатации плюс 90 °С, оптимальный температурный режим плюс 35–40 °С, температура застывания минус 60 °С. Вырабатывается масло из низкозастывающей нефти с добавлением присадок.

Масло МГ-30У получают из гидравлического масла *МГ-32В* или *МГ-46-В*, в которое добавляют 1,5 % присадки ДФ-11, и применяют в объёмных гидроприводах ведущих колёс сельскохозяйственной техники. Масло имеет высокие противоизносные, противозадирные, вязкостные свойства, которые не изменяются в процессе длительной работы на максимальных нагрузочных режимах.

Хорошо зарекомендовало себя гидравлическое масло марки АМГ-10 (ГОСТ 6794-53). Вязкость масла при 50 °С 10 сСт, а при минус 50 °С не превышает 800 сСт. Температура застывания масла минус 70 °С. Пределы рабочих температур от минус 60 до плюс 90 °С. Плотность 900 кг/м³. Данное масло широко используется в гидроприводах летательных аппаратов (авиации) и другой технике.

Контрольные вопросы

1. *Что такое гидравлический привод?*
2. *Какие требования предъявляются к гидравлическим маслам?*
3. *Область применения и обозначение гидравлических масел.*
4. *Расшифруйте гидравлическое масло МГ-22-Б.*

9. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Пластичные (консистентные) смазки – это высоковязкие мази, применяемые для смазки узлов автомобилей (подшипников ступиц передних и задних колес, рессор, резьбовых соединений, гибких валов, шаровых опор, игольчатых подшипников).

Технология изготовления: в качестве загустителя используют парафин (вазелин) и мыла, которые приготавливают, используя щелочноземельные металлы Ca, Li, Ba. Наполнителем является масло.

В основу мыла входит растительный или животный жир и щёлочи.

Жир + щёлочь = мыло.

Жир + едкий кальций = кальциевое мыло.

Мыло + минеральное масло = пластичная смазка (ПС).

Все солидолы (плотная смазка) выпускают на основе кальциевого мыла. Кальций (лат. *calcis* – известь). Впервые был выделен из гашеной извести. Химический элемент из группы щелочноземельных металлов. Серебристо-белый легкий металл плотностью 1540 кг/м³, с температурой плавления 851 °С. Главные минералы – кальцит, мел, известняк.

Простейшая модель «ПС» – вата, смоченная маслом. Пластичная смазка состоит из 80 – 90 % маслянистой основы и 10 – 20 % загустителя (мыла). Пластичные смазки часто называют *консистентными* (от лат. – *густею*).

Промышленность России выпускает следующие пластичные смазки:

1. Антифрикционные ПС – для снижения трения в деталях.
2. Защитные или консервационные – для предотвращения коррозии металлов при хранении и эксплуатации.
3. Канатные – для смазки и снижения коррозии стальных канатов.
4. Уплотнительные – для герметичности запорной арматуры.

Маркировка ПС:

1. Антифрикционные:

С – среднеплавкие, t плавления до 70 °С;

О – общего назначения с t плавления до 110 °С;

М – многоцелевая, t от 30 до 130 °С; Х – химически стойкие;

Н – низкостойкие (морозостойкие), ниже – 40 °С;

Ж – жаростойкие (термостойкие), более 150 °С; П – приборные.

2. Уплотнительные: А – арматурные; Р – резьбовые; В – вакуумные.

3. К – канатные, З – защитные.

В обозначении ПС указывается тип загустителя, например:

Ка – кальциевые; Ли – литиевые; На – натриевые.

Рекомендованный температурный диапазон указывается дробью. Число, уменьшенное в 10 раз в числителе без знака минус, минимально допускаемая отрицательная температура, в знаменателе максимальная положительная. Затем указывается класс густоты или консистенции. Например: М-Ли 3/13 - 4 – многоцелевая смазка, приготовлена на литиевом мыле, $t - 30$ до 130 °С, класс густоты – 4.

Классы консистенции пластичных смазок приведены в табл. 9.1. Класс консистенции определяют при помощи прибора пенетрометра (рис. 9.1).

Таблица

9.1

Классы консистенции пластичных смазок

Класс консистенции	Диапазон пенетрации, 10^{-1} мм	Густота
000	445 – 475	Очень мягкая
00	400 – 430	Очень мягкая
0	335 – 385	Мягкая
1	310 – 340	Мягкая
2	265 – 295	Вазелинообразная
3	220 – 250	Почти твердая
4	175 – 205	Твердая
5	130 – 160	Твердая
6	85 – 115	Очень твердая

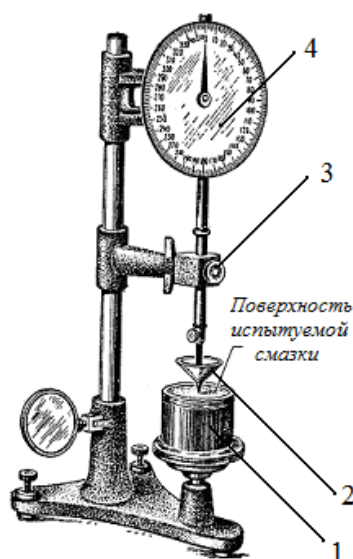


Рис. 9.1. Схема пенетрометра:

- 1 – чаша, наполняемая ПС;
- 2 – конус массой 150 г;
- 3 – тормоз;
- 4 – шкала с делением 0,1 мм

Работа по определению класса консистенции выполняется в следующей последовательности.

Чашу с ПС нагревают до 25 °С. Конус подводят к поверхности смазки и опускают в течение времени равном 5 с. Индикатором 4 определяют число пенетрации. Например, число пенетрации 270, класс консистенции (густоты) – 2 (см. табл. 9.1).

Основной характеристикой ПС является температура каплепадения. В современном автомобиле с дисковыми тормозами температура передней ступицы может достигать 150 °С. Поэтому солидолы с низкой температурой плавления не применяют, а используют литолы. Температуру каплепадения определяют на приборе Уббелодде (рис. 9.2). Капсула 3 наполняется пластичной смазкой, соединяется с термометром 1 и устанавливается в пробирку 2. При падении первой капли отмечают температуру каплепадения.

Температура каплепадения должна превышать на 15 – 20 °С температуру трущихся деталей.

Пластичные смазки должны быть водостойкими. Если в мензурку с водой поместить кусочек пластичной смазки и кипятить в течение часа или поместить на 24 часа в воду при 20 °С, то:

1. Пластичная смазка водостойкая, если смазка сохранила внешний вид и форму.

2. Неводостойкая смазка, если произошел полный или частичный распад куска пластичной смазки.

Основные виды пластичных смазок.

1. Кальциевые пластичные смазки.

1.1. Солидол «С» влагостойкий, синтетический, температура кипения равна 55 – 85 °С.

1.2. Графитная смазка УСС - А с добавлением 10 % графита, при-

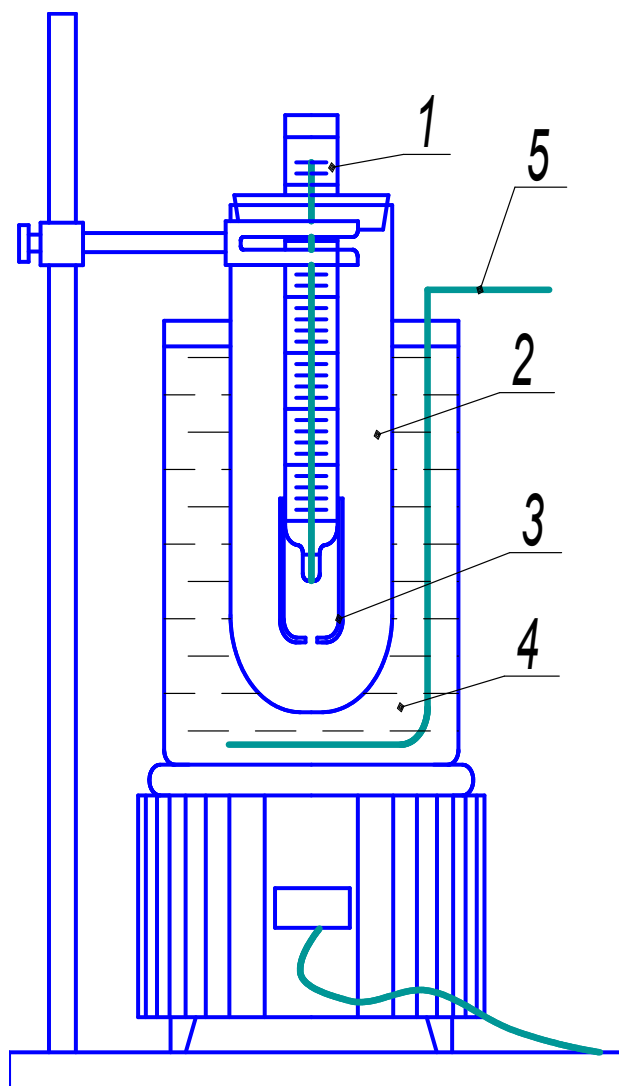


Рис. 9.2. Установка для определения температуры каплепадения: 1 – термометр; 2 – пробирка; 3 – капсуль; 4 – стакан с жидкостью; 5 – мешалка

меняется для смазки рессор, болтов крепления. Цвет серебристо-черный.

2. Литиевые ПС водостойкие, термостойкие, допустимая температура до 150 °С.

2.1. Литол 24 – для смазки узлов трения всех типов.

2.2. ШРУС – шарнирная смазка равных угловых скоростей с противозадирной присадкой.

2.3. Смазка № 158 – синего цвета с добавлением фтолационина меди $C_{32}H_{16}N_6Cu$. Применяется в игольчатых подшипниках, в шариковых подшипниках генераторов. Эту смазку иногда называют «вечной» (до 500 тыс. км пробега автомобиля).

3. Бариевые ПС.

ШРБ-4 – шарнирная смазка, загущенная бариевым мылом, которое не разрушает резину. Цвет коричневый, температура плавления 150 °С. Применяется в шарнирах, шаровых опорах.

4. Углеродистая ПС.

ВТВ – это вазелин технический волокнистый. Цвет белый, нерастворимый в электролитах, хорошо прилипает к металлу. Применяется для смазки клемм аккумуляторных батарей и консервации.

Характеристики основных пластичных смазок, применяемых на автомобилях, приведены в табл. 9.2.

Основные эксплуатационные требования к пластичным смазкам:

- коллоидная стабильность (неразделимость масла и загустителя);
- испаряемость (потеря массы при нагревании);
- водостойкость (способность противостоять размыву водой);
- смазочные свойства (способность предотвращать износ и задир трущихся поверхностей);
- прилипаемость к поверхностям трения.

Характеристики пластичных смазок приведены в табл. 9.2 и оценены по пятибалльной системе: 1 – плохо; 2 – достаточно удовлетворительно; 3 – удовлетворительно; 4 – хорошо; 5 – отлично.

Солидол «С» синтетический, Литол-24 применяются для смазки узлов трения всех типов; графитная смазка – для рессор, резьбовых соединений; Фиол-1 – для гибких тросов; ЛСЦ-15 – для петель дверей; ШРБ - 4, ШРУС - 4 – для шарниров и шаровых соединений; ВТВ – для клемм аккумуляторных батарей; № 158 – для игольчатых подшипников.

Таблица 9.2

Характеристики пластических смазок

Тип смазки	Класс густоты	Температурный интервал применения	Коллоидная стабильность	Испаряемость	Водостойкость	Смазочные свойства	Взаимозаменяемость
Солидол	2	-20/65	5	3	4	3	Литол-24
Пресс-солидол	1	-30/50	4	3	4	2	Фиол-1
Графитная	2	-20/60	5	4	3	4	ШРУС-4
Литол-24	3	-40/120	4	4	4	3	ЛСЦ-5
ШРБ-4	2	-40/130	4	4	4	4	ШРУС-4
ШРУС-4	2	-40/120	4	4	5	5	ШРБ-4

Современные пластичные смазки должны быть стабильными, водостойкими, с хорошими смазывающими свойствами, иметь широкий температурный диапазон применения, обладать оптимальным классом густоты (2 – 4).

Контрольные вопросы

1. Что представляют собою консистентные (пластичные) смазки, их состав?
2. Назначение консистентных смазок.
3. Как классифицируются консистентные смазки?
4. Что относят к внешним признакам смазок?
5. Каким образом можно установить тип загустителя?
6. Что называется температурой каплепадения консистентных смазок, для каких целей используется этот параметр?
7. Порядок определения смазки по внешним признакам.
8. Что представляет собою прибор для определения температуры каплепадения консистентных смазок, порядок ее определения?
9. Методика определения класса густоты пластичной смазки.
10. Что понимается под числом пенетрации?

10. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА

В 2000 г. общее количество автомобилей на земном шаре составило 500 млн единиц. За год выпуск автомобилей всеми странами составляет $40 \cdot 10^6$ штук. За один год автомобиль с двигателем мощностью 100 кВт потребляет примерно $5 \cdot 10^3$ л бензина.

За один год из земли выкачивают $3 \cdot 10^9$ т нефти. Запасы нефти и газа составляют примерно 50 лет, угля – 300 лет. Проблемы человечества XXI века – это загрязнение атмосферы и уменьшение запасов нефти и газа.

В настоящее время в США, Германии, Японии, России ведутся разработки новых топлив и внедряются альтернативные топлива (заменители) – *водородное, газообразное, спирты, масла.*

Широкое применение получили два вида газообразного топлива – сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатый природный газ (СПГ).

В табл. 10.1 даны характеристики газов, применяемых в качестве топлив в двигателях внутреннего сгорания.

Таблица 10.1

Характеристики газов

Параметры	Метан	Этан	Пропан	Бутан
1. Молекулярная формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
2. Молекулярная масса, кг / кмоль	16	30	44	58
3. Относительная плотность газовой фазы по воздуху	0,55	1,05	1,56	2,1
4. Теплотворная способность, МДж/кг, МДж/ м ³	49,7 33,8	47,1 59,9	45,9 85,6	45,4 111,6
5. Необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг / кг	17,2	16,8	15,7	15,6
6. Температура самовоспламенения, °С	680 – 750	650 – 580	510 – 580	475– 510
7. Октановое число по мот. методу	110	108	105	94

10.1. Сжиженные газы

Автомобильная газобаллонная установка рассчитана на подачу топлива в камеру сгорания под действием давления паров газа в баллоне. В этой связи величина давления насыщенных паров имеет важное эксплуатационное значение. Зависимость давления насыщенных паров пропана и бутана мало изменяется от температуры, что позволяет хранить сжиженные газы в баллонах при давлении 1,6 МПа. Для перевода в жидкое состояние пропана и бутана достаточно при 20 °С повысить давление соответственно на 0,8 и 0,2 МПа.

Главным преимуществом пропана и бутана является высокое октановое число, равное 98 единиц по моторному методу.

В соответствии с ГОСТ 20448-90 наша промышленность выпускает две марки сжиженных газов: СПБТЗ – смесь пропана, бутана, техническая, зимняя; СПБТЛ – летняя (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Характеристики сжиженных газов

Содержание газов, %	СПБТЗ	СПБТЛ
Пропан	75	34
Бутан	20	60
Метан, этан, этилен	5	6

При емкости баллонов 50 л их заполняют на 45 л, обеспечивая запас 10 % в связи с расширением газа при повышении температуры. При изменении температуры от 0 до 50 °С объем пропана увеличивается на 10 %.

Один 50 – литровый баллон, заправленный сжиженной пропан - бутановой смесью для автомобиля ВАЗ, рассчитан на 500 км пробега.

Баллон для сжиженного газа имеет 2 трубки: одна – для газовой фазы, другая – для жидкой. Газовая фаза используется для пуска двигателя.

Пропан - бутановая жидкая смесь имеет теплотворную способность ниже, чем бензин, поэтому при переводе двигателя на газ его мощность снижается примерно на 20 %.

Пропан- бутановая смесь тяжелее воздуха, и при ее утечках газ будет скапливаться внизу. Скопление газа может спровоцировать взрыв и пожар.

На рис. 10.1 показаны принципиальные схемы систем питания газобаллонного оборудования при работе двигателя на сжатом и сжиженном газе. **Сжатый газ** при давлении 20 МПа при помощи двухступенчатого редуктора 11 снижается до атмосферного и поступает в карбюратор-смеситель 17, где смешивается с воздухом, поступает в цилиндр и воспламеняется от электрической искры.

В качестве топлива используют метан (CH_4). Теплота сгорания 1 кг метана 49,7 МДж, а 1 м^3 – 33,8 МДж. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг газа 17,2 кг. Температура самовоспламенения 680–720 °С. Плотность при 20 °С 0,717 кг/м³. Октановое число, определенное по моторному методу, – 110.

Сжатый газ под давлением 20 МПа хранится в баллонах, масса которых в незаполненном состоянии составляет около 100 кг. Использование тяжелых баллонов на легковых автомобилях не рационально. Их используют на грузовых автомобилях и автобусах.

При работе на сжиженных газах запуск холодного двигателя осуществляется на бензине, а после прогрева двигатель переводится на газовое топливо.

В баллон сжиженный газ заправляется через вентиль 4. Наполнение баллона автоматически прекращается при всплытии поплавка 3, который связан с предохранительным клапаном 2.

Через магистральный вентиль 19 газ поступает через электромагнитные клапаны и далее в редуктор 12. В карбюраторе-смесителе происходит снижение давления газа до атмосферного значения. Для испарения жидкой фазы газ подогревается жидкостью из системы охлаждения. Через дозатор газ поступает в смеситель, откуда смесь газа с воздухом поступает в цилиндры (одна часть газа и 16 частей воздуха).

Преимущества работы двигателя на газе:

1. Срок службы моторного масла увеличивается в 2 – 3 раза.
2. Токсичность отработанных газов снижается в 3 – 4 раза.
3. Уменьшается образование нагара в поршневой группе.

Недостатки:

1. Мощность двигателя снижается на 20 %.
2. Работа автомобиля на газе требует герметичной системы. Для определения утечки газа (по запаху) в него добавляется этилмеркаптан $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ с неприятным запахом.
3. Плохие пусковые качества и пожарная опасность.

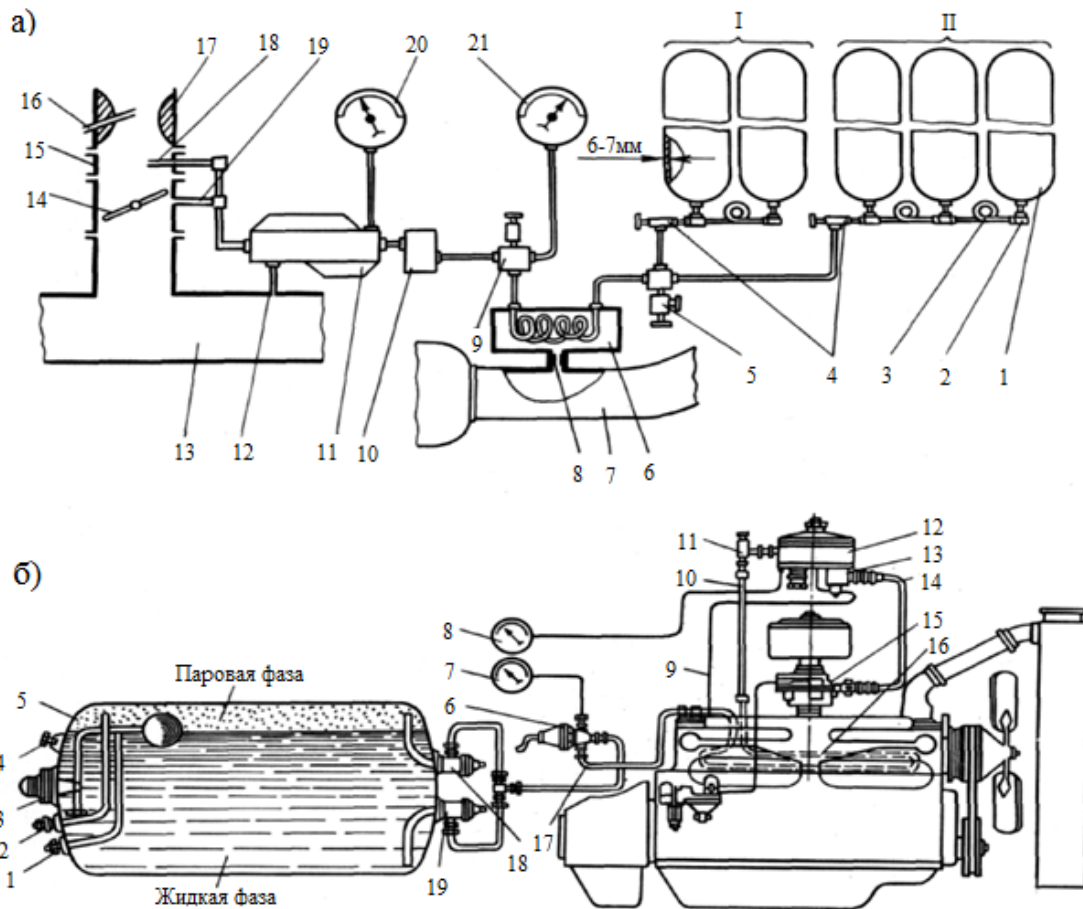


Рис. 10.1. Схема газобаллонных установок.

а – схема установки для работы на сжатом газе:

1 – баллоны высокого давления; 2,3 – соединительная арматура и трубки; 4, 5, 9 – расходные, наполнительный и магистральный вентили; 6 – теплообменник; 7 – приемная труба глушителя; 8 – дозировочная шайба; 10 – фильтр; 11 – двухступенчатый редуктор; 12 – трубка разгрузочного устройства; 13 – впускной трубопровод; 14 – дроссельная заслонка; 15 – проставка; 16 – распылитель; 17 – карбюратор-смеситель; 18 – газовая форсунка; 19 – трубка питания двигателя газом на холостом ходу; 20, 21 – манометры низкого и высокого давления;

б – схема установки для работы на сжиженном газе:

1 – вентиль – указатель максимального уровня; 2 – предохранительный клапан; 3 – указатель уровня жидкости в баке; 4 – наполнительный вентиль; 5 – баллон низкого давления; 6 – магистральный вентиль; 7, 8 – манометры; 9 – трубка разгрузочного устройства; 10, 17 – упругие газопроводы; 11 – фильтр; 12 – двухступенчатый редуктор; 13 – экономайзер; 14 – газопровод; 15 – карбюратор-смеситель; 16 – испаритель; 18, 19 – вентили для пара и жидкости

На рис 10.2 и 10.3 представлены современные схемы питания двигателя сжатым и сжиженным газом.

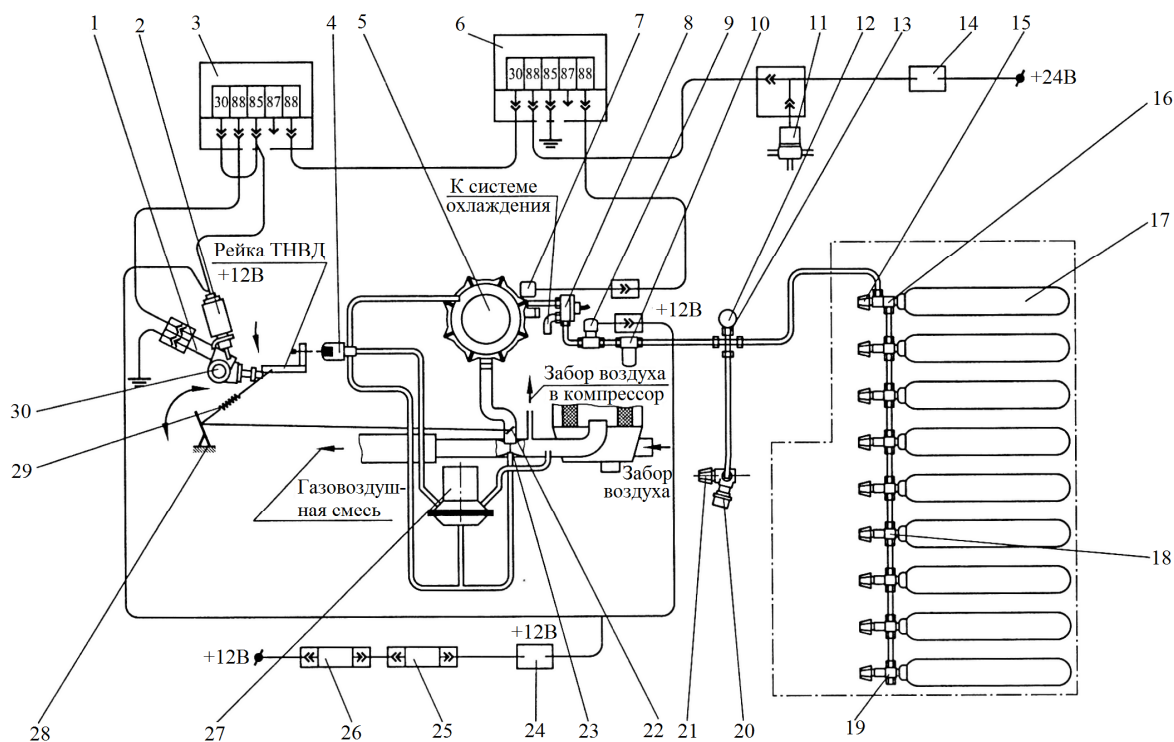


Рис. 10.2 . Принципиальная схема газодизельной аппаратуры:

1 – концевой выключатель; 2 – электромагнит; 3 – реле; 4 – пневмомеханический клапан ограничения подачи газа; 5 –редуктор низкого давления; 6 – реле клапана моторного тормоза; 7 – электромагнитный клапан РНД; 8 – РВД; 9 – электромагнитный клапан; 10 – фильтр газовый; 11 –трехходовой клапан моторного тормоза; 12 – манометр; 13 – крестовина; 14– выключатель моторного тормоза; 15– расходный вентиль; 16– угольник; 17– баллоны; 18 – тройник вентильный; 19 – баллонный вентиль; 20 – заправочный узел; 21 – наполнительный вентиль; 22– дозатор газа; 23 – смеситель газа; 24 – тиристорный блок напряжения 12 В; 25–переключатель режимов работы двигателя «Дизель» - «Газодизель»; 26 – предохранитель; 27– пневмоконтактор отключения газа при неработающем двигателе; 28 – педаль привода рейки ТНВД; 29 – телескопическая тяга; 30 – механизм установки запальной дозы дизельного топлива

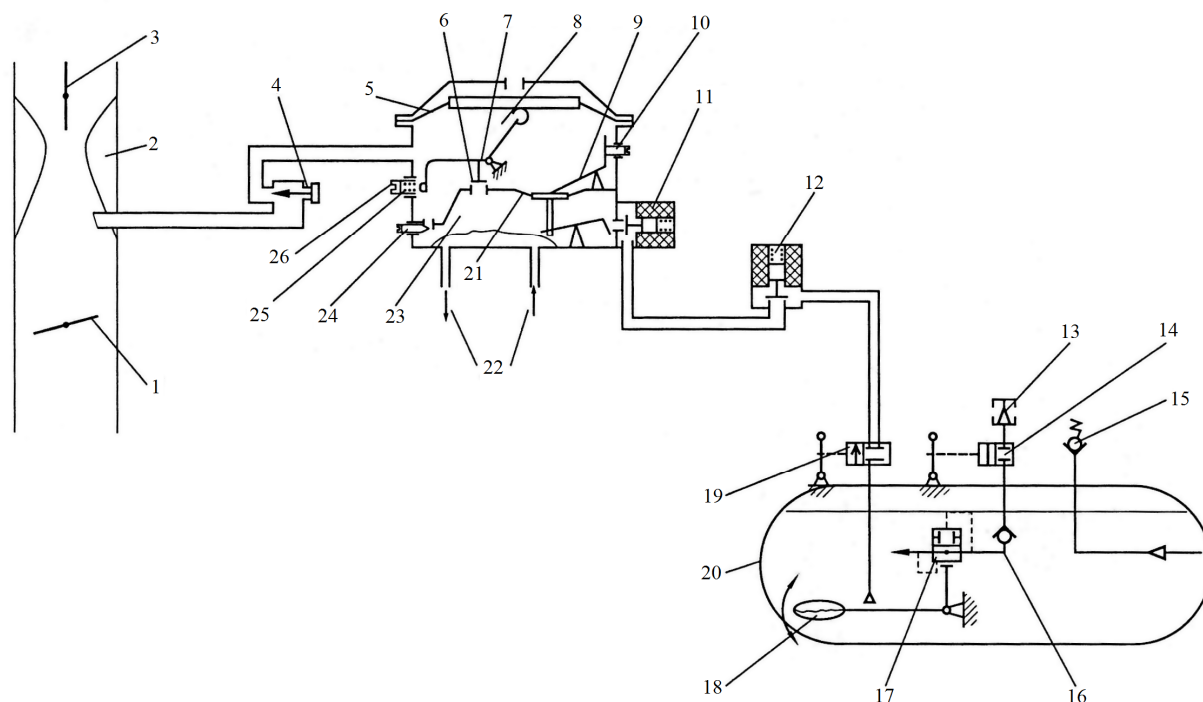


Рис. 10.3. Принципиальная схема питания двигателя сжиженным газом:

1 – дроссельная заслонка; 2 – смеситель; 3 – воздушная заслонка; 4 – дозатор газа; 5 – мембрана 2-й ступени РВД; 6 – клапан 2-й ступени; 7 – рычаг клапана 2-й ступени; 8 – полость 2-й ступени; 9 – рычаг мембраны 1-й ступени; 10 – регулировочный винт рычага 1-й ступени; 11 – входной электромагнитный клапан; 12 – магистральный электромагнитный клапан; 13 – заправочное устройство; 14 – заправочный вентиль; 15 – предохранительный клапан; 16 – клапан обратный; 17 – отсечной клапан; 18 – поплавков; 19 – магистральный вентиль; 20 – баллон; 21 – мембрана с клапаном 1-й ступени; 22 – каналы для охлаждающей жидкости; 23 – полость 1-й ступени; 24 – винт регулировочный холостого хода; 25 – пружина; 26 – регулировочный винт клапана 2-й ступени

Снижение мощности двигателя при переходе питания с бензина на газ объясняется следующим образом. Пропан-бутановая смесь газов имеет теплотворную способность ниже (25,45 МДж/л), чем у бензина (31,57 МДж/л). Если сжечь по 1 л сжиженного газа и бензина, то первый выделит на 20 % меньше теплоты.

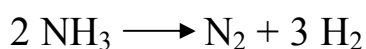
10.2. Применение водорода

В перспективе основным видом топлива может стать **водород**. При сгорании 1 л жидкого водорода выделяется в 3 раза больше теп-

лоты, чем от бензина. Чтобы водород стал жидким, нужно понизить его температуру до $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$. При атмосферном давлении плотность водорода составляет примерно $0,1\text{ кг/м}^3$.

Более простой путь применения водорода – это использование аммиака, он поступает в цилиндр с выделением водорода. Водород взрывоопасен и его хранение затруднено. При получении водорода его целесообразно сразу направлять в камеру сгорания двигателя и сжигать.

Аммиак NH_3 . Его можно рассматривать как энергоноситель, обеспечивающий при его термическом разложении в камере сгорания получение водорода:



Неограниченные сырьевые ресурсы (аммиак производится из водорода и азота воздуха) и хорошо развитая промышленная база позволяют рассматривать аммиак как одно из перспективных топлив.

Благодаря высокой температуре самовоспламенения пожарная опасность аммиака относительно невелика. По содержанию энергии в единице массы аммиак уступает водороду в 7 раз и бензину в 2,5 раза. Теплота сгорания 17 МДж/кг .

Аммиак обладает высокой детонационной стойкостью: октановое число по моторному методу равняется 110, по исследовательскому методу – 130.

К недостаткам аммиака можно отнести высокую температуру самовоспламенения ($650\text{ }^{\circ}\text{C}$) по сравнению с нефтяными топливами. Вследствие этого возникает малая скорость горения и практически невозможность применения в современных двигателях внутреннего сгорания без проведения специальных мероприятий по интенсификации его воспламенения и сгорания (повышение степени сжатия у дизеля).

В настоящее время в автомобилях стали использовать **топливные элементы**, которые позволяют получить электрическую энергию непосредственно из химической энергии без преобразования теплоты.

Если принять в качестве топлива водород, а окислителя – кислород (воздух), то топливный элемент условно можно представить в виде, как показано на рис. 10.4. Вместо водорода можно подавать газ

с большим содержанием водорода, например метан, а вместо кислорода – воздух.

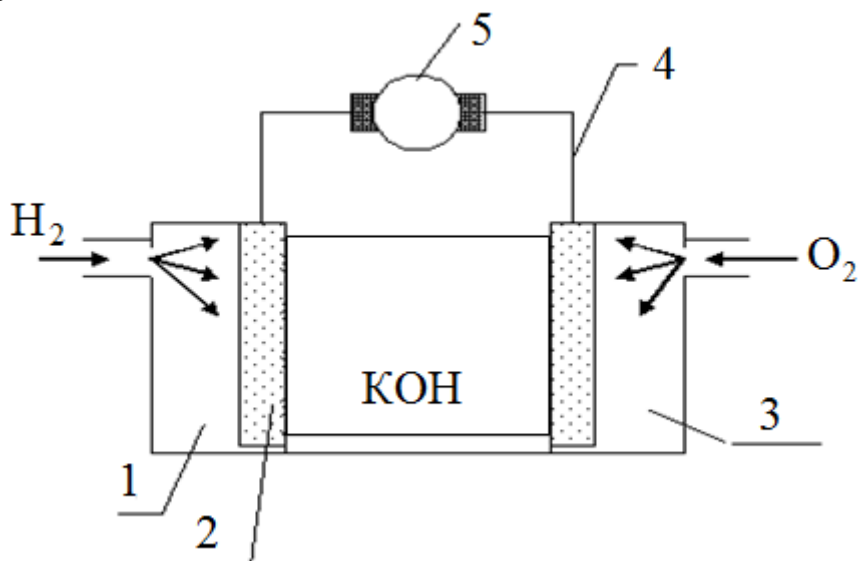
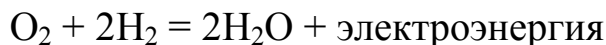


Рис. 10.4. Принципиальная схема топливного элемента

В полость 1 подается водород, который контактирует с пористым анодом 2 (сплав платины с иридием). В полость 3 подается кислород, который контактирует с пористым катодом 4, который выполнен из такого же материала, что и анод 2. Между катодом и анодом находится электролит. Водород проходит через поры анода 2 и, соприкасаясь с электролитом, ионизируется. **Ионизация в газах** – отрыв от атома или молекулы газа одного или нескольких электронов. При этом электроны будут уходить во внешнюю цепь, а ионы водорода поступят в электролит. Затем электроны, пройдя внешнюю цепь (электродвигатель 5), соединяются на катоде 4 с кислородом, образуя ионы кислорода. Далее, ионы кислорода соединяются с водой электролита и образуют гидроксильные ионы, которые после соединения с ионами водорода вновь образуют воду. В результате получим



Электроэнергия подается на электродвигатель 5, который может приводить в движение, например, колеса автомобиля.

10.3. Применение спиртов

Спирты обладают высоким октановым числом, благодаря чему их целесообразно использовать в двигателях с принудительным воспламенением. Октановое число по моторному методу у метанола равняется 90, у этанола – 88; по исследовательскому методу у метанола – 110, у этанола – 106. Стехиометрическое количество воздуха для сгорания 1 кг спирта (кг воздуха/кг топлива) у метанола – 6,5, у этанола – 9,0.

Теплота сгорания спиртов приблизительно в 2 раза меньше, чем у нефтяных топлив (у метанола – 22 000 кДж/кг, у этанола – 26 000 кДж/кг), поэтому при практически равных энергетических затратах двигатели, работающие на спирте, имеют по сравнению с бензином большие массовые расходы топлива. Спирты по сравнению с нефтяным топливом характеризуются более устойчивым сгоранием. Благодаря этому расширяется диапазон устойчивого горения на бедных смесях до значения $\alpha = 1,5 - 1,6$.

Сгорание спиртов по сравнению с бензинами характеризуется меньшими задержками воспламенения и большими скоростями горения, более низкими температурами и большей полнотой сгорания. Всё это обеспечивает меньший отвод теплоты из зоны реакции, пониженную тепловую напряжённость деталей цилиндропоршневой группы, уменьшение нагарообразования, повышенный индикаторный КПД, меньшую токсичность отработавших газов по СО и C_nH_m и оксидам азота.

При работе на спиртах токсичность отработавших газов при $\alpha = 0,98 - 1,0$ по концентрации СО соответствует бензиновым двигателям. С увеличением коэффициента избытка воздуха свыше 1,0 концентрация СО резко снижается. По мере дальнейшего обеднения смеси оксид углерода в отработавших газах практически отсутствует. Концентрация углеводородов в 10–20 раз меньше, чем в бензиновых двигателях, а оксида азота в 1,5–2,0 раза.

Препятствием для использования метанола является его высокая токсичность, так как он яд, действующий на нервно-сосудистую систему. Отравление возможно при попадании его в пищеварительный тракт, при вдыхании или попадании жидкости на кожу. Предельно допустимая концентрация паров метанола в воздухе 5 мг/м^3 (для сравнения у бензина 100 мг/м^3). Попадание в организм свыше 10 мл метанола может окончиться тяжёлым отравлением. Смертельная доза 30 мл. При длительном контакте с метанолом возможно хроническое

отравление, сопровождающееся нервным расстройством. Поэтому необходима надёжная герметизация топливных баков и топливоподающей системы.

Спирты можно использовать в качестве добавки (15 %) к бензинам. В этом случае достигаются такие положительные результаты:

- не нужно вносить изменения в конструкцию двигателя и регулировать его топливную аппаратуру;
- можно работать на бензине с меньшим октановым числом;
- снижается токсичность отработавших газов и расход бензина.

Основные характеристики спиртов приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Основные характеристики спиртов

Показатель	Метанол	Этанол
Плотность, кг/м ³ , 20 ° С	795	789
Теплота сгорания, МДж/кг	22	26
Октановое число по моторному методу	90	88

Этиловый и метиловый спирты токсичны и ядовиты, 30 г метилового спирта может вызвать смерть (метиловый спирт CH_3OH – древесный спирт). Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) оказывает наркотическое воздействие.

Этиловый спирт (этанол) можно получить из сахарной свеклы, пшеницы, картофеля, сахарного тростника. Из одной т указанных продуктов можно получить спирта в литрах, соответственно, 90, 340, 167, 90.

Урожайность в т с одного га составляет в среднем сахарной свеклы 15–50, пшеницы 1,5–2,5, картофеля 8–50, сахарного тростника 50–90.

Первоначально этанол применялся в смеси с бензином, а затем специальные автомобили стали работать на чистом этаноле. Основными производителями этанола является Бразилия и США. Бразилия производит в год 12 млрд (миллиардов) литров этанола или 60 % мирового объема производства, а США – 8 млрд.

10.4. Применение рапсового масла

В последнее время в качестве топлив стали применять рапсовое масло или его добавки в дизельное топливо. Рапс – это маслянистое растение из семейства крестоцветных. Рапс – однолетнее растение с тонким корнем, с прямым, а кверху ветвистым стеблем. Высота стебля достигает 50–150 см. Цветки золотисто-желтые, собранные в негустые кисти. Стручки растут от стебля, почти горизонтально, семена бурые. Стручки имеют длину 5–10 см, ширину 3–4 мм. В семенах содержится до 40–50 % масла. Урожай семян рапса с одного гектара составляет 10–20 ц.

По данным производственной и сельскохозяйственной организации ООН в 2004 году было собрано 36 млн (миллионов) т семян рапса. Рапс возделывают в Мексике, США, Канаде, Индии, Китае, Украине.

Основной недостаток рапсового топлива – его большая вязкость (76 сСт при 20 °С), плохое распыливание и дымность при сгорании. Для снижения вязкости его разбавляют дизельным топливом.

В табл. 10.4 приведены сравнительные физико-химические показатели рапсового масла и зимнего дизельного топлива.

Таблица 10.4

Основные характеристики рапсового масла

Показатель	Рапсовое масло	3-0,1 минус 35
Плотность, кг/м ³ , 20 °С	917	840
Теплота сгорания, МДж/кг	37	42
Цетановое число, не менее	40	45
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при 20 °С	76	1,8 – 5,0
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	100	35
Температура застывания, °С, не выше	минус 23	минус 35

10.5. Основные пути снижения расхода топлива

Совершенство конструкции двигателя и автомобиля оценивается величиной расхода топлива. Расход топлива зависит от следующих факторов:

1. Усовершенствования конструкции двигателя, методики его ремонта, регулировки, диагностики и эксплуатации.

2. Повышения качества топлив и смазочных материалов.
3. Обучения водителей экономному управлению автомобилем.
4. Уменьшения массы автомобиля (за последние 50 лет масса некоторых легковых автомобилей снижена примерно в 2 раза).
5. Совершенствования обтекаемости автомобиля.
6. Применения специальных шин с высоким давлением.
7. Применения автоматических коробок передач или использования механических коробок передач с широким диапазоном передаточных чисел (5–10 ступеней). Применение многоступенчатых коробок позволяет автомобилю двигаться с большой скоростью, например 150 км/ч, а двигатель будет работать на средних частотах с минимальным расходом топлива.
8. Применения электронного впрыска бензина и впрыска дизельного топлива при давлении более 100 МПа. Применения электронного управления работой двигателя и автомобиля.
9. Использования воды до 30 % для дизеля и 10 % для бензиновых двигателей.
10. Применения энергии солнца, использования альтернативных и новых видов топлив (водорода, спирта, газа, рапсовых и других масел).

Контрольные вопросы

1. *Какая главная причина необходимости замены бензина и дизельного топлива на газ, спирт, водород, рапсовое масло?*
2. *Преимущества и недостатки применения газа в качестве топлив. Принцип работы системы двигателя на сжиженном и сжатом газе.*
3. *Дайте характеристику газам пропану, бутану и метану.*
4. *Дайте характеристику спиртам, их преимущества и недостатки по сравнению с бензином.*
5. *Особенности получения водорода и его использование в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания.*
6. *Принцип работы топливного элемента.*
7. *Перспективы использования рапсового топлива в дизелях.*
8. *Пути снижения расхода топлива.*

11. ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ

При работе двигателя около 20–30 % теплоты необходимо отводить в систему охлаждения. Основные требования к охлаждающей жидкости:

- не должна замерзать при температуре минус 60 °С;
- не должна кипеть при температуре плюс 120 °С;
- иметь теплоёмкость не менее 4 – 6 МДж/(кг· К).

Вода применяется для охлаждения двигателя. Она доступна, не токсична, но замерзает при 0 °С.

Для охлаждения двигателей применяют антифризы – это незамерзающие жидкости. Фризер (от англ. *замораживать*), антифризы готовят из двухатомных спиртов (этиленгликоль) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ или $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$, и дистиллированной воды.

Гликоль (от лат. *сладкий*) – бесцветная, ядовитая жидкость. В табл. 11.1 дано её сравнение с водой.

Таблица 11.1

Характеристика воды и этиленгликоля

Показатель	Вода	Этиленгликоль
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1000	1113
Температура застывания	0 °С	минус 12 °С
Температура кипения	100 °С	198 °С
Теплоёмкость при 20 °С, МДж/(кг·К)	4,18	2,42
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	1	20

Антифризы готовят путем разбавления этиленгликоля водой. Если в этиленгликоль добавить 38 % чистой воды, то температура замерзания антифриза будет минус 73 °С. В практике применяют:

тосол А (концентрированный этиленгликоль); тосол А-40 (температура замерзания не выше минус 40 °С, цвет голубой); тосол А-65М (температура замерзания не выше минус 65 °С, цвет красный).

При замерзании антифриз образует рыхлую массу, объем увеличивается на 0,2 – 0,3 %, что не приводит к разрушению блока цилиндров и радиатора системы охлаждения. Недостатки: ядовит, очень токсичен, теплоемкость меньше, чем у воды, меньше интенсивность охлаждения. Тосол марки А-40 получается путем смешивания этиленгликоля (53,7 %) с дистиллированной водой (46,3 %), его плотность 1078 – 1085 кг/м³. Тосол марки А-65М – 62,4% смешиванием этиленгликоля и 37,6 % воды, плотность 1085 – 1095 кг/м³.

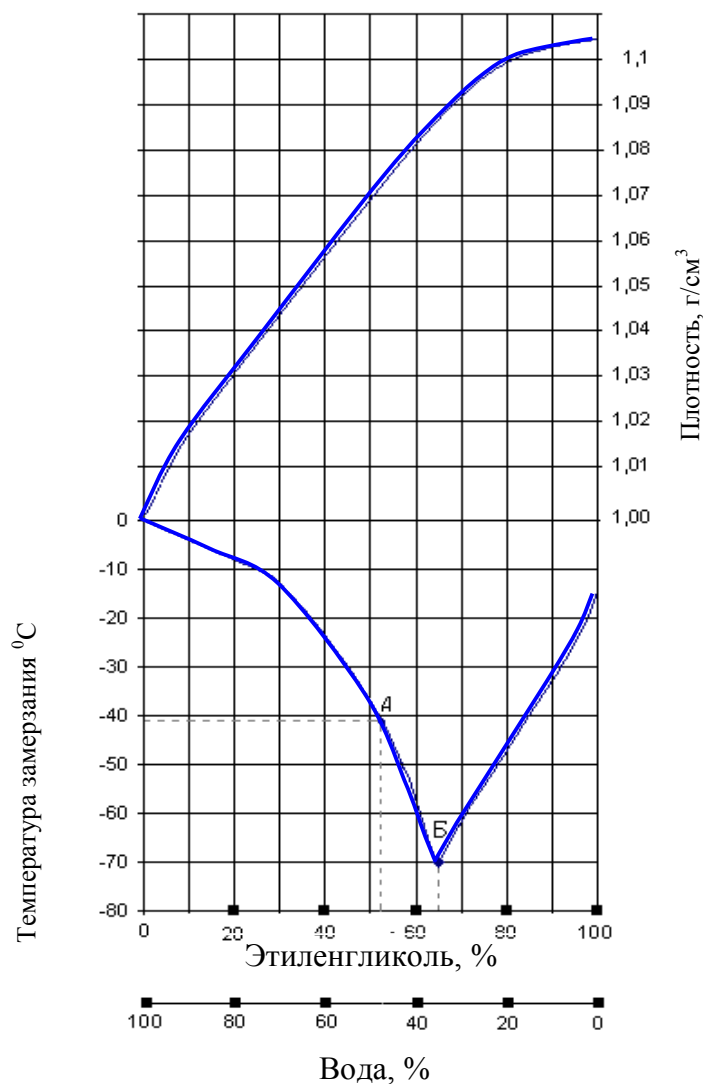


Рис. 11.1. Зависимость температуры замерзания антифризов от их плотности

На рис. 11.1 показаны изменение температуры замерзания антифриза в зависимости от содержания в нем воды и этиленгликоля и соответствующая плотность. По плотности определяют марку антифриза и его температуру замерзания.

Название Тосол произошло от двух слов «ТОС» – технология органического синтеза (название лаборатории, в которой получен данный антифриз), «ОЛ» – предпоследние две буквы окончания в названии этиленгликоля. С 1988 г выпускают антифриз «Лена» трех марок: ОЖ-К, ОЖ-40, ОЖ-65.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой низкотемпературные жидкости?
2. Назовите основные свойства и марки низкотемпературных жидкостей.

3. Поясните происхождение слова Тосол.

12. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

12.1. Жидкости для тормозных систем

На рис. 12.1 приведена схема гидропривода тормозной системы.

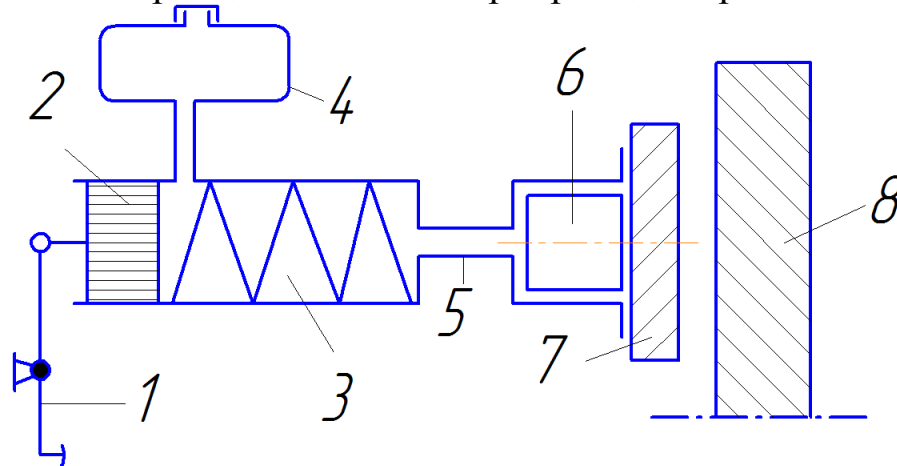


Рис. 12.1. Схема тормозной системы:

1 – педаль; 2 – поршень; 3 – цилиндр; 4 – бачок с тормозной жидкостью;
5 – трубопровод; 6 – рабочий поршень; 7 – тормозная колодка;
8 – диск колеса

При помощи педали 1 поршень 2 перемещается вправо, закрывая отверстие бачка 4, давление в цилиндре 3 повышается, достигая 10 МПа (100 атм). По трубопроводу 5 жидкость под давлением передается на рабочий поршень 6, который прижимает тормозную колодку 7 к диску колеса 8. Усилие торможения определяется по формуле

$$F_{\text{тор}} = p \cdot S, \quad (12.1)$$

где p – давление в цилиндре, Н/м²; S – площадь рабочего поршня, м².

Момент торможения

$$M_{\text{тор}} = F_{\text{тор}} \cdot R, \quad (12.2)$$

где R – средний радиус в зоне трения колодки и диска.

Тормозные жидкости должны:

1. иметь необходимый уровень вязкости и индекс вязкости;
2. иметь незначительную сжимаемость;
3. не разрушать резиновые уплотнения;
4. иметь высокую температуру кипения (200 – 250 °С);

5. не изменять свои свойства в течение длительного срока (3 года).

На первых автомобилях применяли тормозную жидкость БСК. Она состояла из 50 % бутилового спирта и 50 % касторового масла. Данная жидкость обладает хорошими смазывающими свойствами, не разрушает резиновые уплотнения, но имеет низкую температуру замерзания минус 20 °С. Позднее появилась жидкость, выполненная на основе двухатомных спиртов $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ (гликолевая смесь).

В настоящее время в основном применяют 3 вида тормозных жидкостей (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Характеристика тормозных жидкостей

Показатель	«Нева» (СПб)	«Томь» (Кемерово)	«Роса» (Владимир)
Цвет	Желтый	Желтый	От желтого до коричневого
Кинематическая вязкость, мм ² /с:			
при 50 °С	5	5	5
при 100 °С	2	2	2
при минус 40 °С	1500	1500	1700
Температура кип., °С	200	215	260
Область применения	Для всех автомобилей		

«*Нева*» – тормозная жидкость на основе 51–59 % этилкарбитола, 31–34 % диолов, 5 % эфиров и 13,5 % смесей гликолей и полигликолей, а также вязкостная и противокоррозионная присадки. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого. Она рекомендуется для легковых автомобилей с температурой окружающей среды от плюс 50 до минус 50 °С. Плотность при плюс 20 °С составляет 1012 – 1015 кг/м³. Жидкость огнеопасна, при попадании на кожу вызывает дерматит.

«*Томь*» – состоит из этилкарбитола, боратов, загущающих, антикоррозионных и противоизносных присадок. Имеет цвет от светло-жёлтого до жёлтого, применяется при температуре плюс 50 до минус 50 °С. При температуре окружающего воздуха ниже минус 40 °С допускается добавка до 20 % этилового спирта.

«*Роса*» – тормозная жидкость на основе боросодержащих олигомеров алкиленоксидов, в которую введены антиокислительная и ан-

тикоррозионная присадки. Применяется при температуре окружающей среды в диапазоне плюс 50 до минус 50 °С. Имеет цвет от светло-жёлтого до светло-коричневого. Жидкость «Роса ДОТ-4» превосходит тормозную жидкость «Роса» по эксплуатационным свойствам.

В процессе эксплуатации тормозных жидкостей температура кипения снижается, что может привести к образованию паровых пробок и выходу из строя тормозной системы. Предельная температура кипения может достигнуть у «Невы» – через год эксплуатации, у «Томи» – через 2 года, у «Росы» – через 3 года.

12.2. Жидкости для амортизаторов

Амортизатор (от фр. *смягчать*) применяют для гашения колебаний при движении автомобиля. В качестве жидкости используют маловязкие масла (трансформаторное, турбинное и веретенное).

Температура амортизаторных жидкостей может изменяться в широких пределах, например, минус 50 °С в северных районах, до плюс 120–140 °С при работе. Давление жидкости в амортизаторах достигает 8–12 МПа. Основное требование к амортизаторным жидкостям – оптимальная вязкость с минимальными изменениями во всём рабочем диапазоне температур.

МГП-10 (масло гидравлическое с присадками, вязкостью 10 сСт при 50 °С) – смесь маловязкого трансформаторного масла и синтетической полиэтилсилоксановой жидкости. Для улучшения эксплуатационных свойств используется кашалотовый жир, полимерная депрессорная, а также антиокислительная и антипенная присадки. Застывает жидкость при минус 40 °С.

АЖ-12Т (амортизационная жидкость, 12 сСт при 50 °С) – фракция трансформаторного масла, загущена полиэтилсилоксановой жидкостью с добавлением противоизносной и антиокислительной присадок. Температура застывания минус 55 °С, что обеспечивает мягкую работу амортизаторов в любое время года. Это прозрачная жидкость от светло-жёлтого до светло-коричневого цвета.

12.3. Пусковые жидкости

Для облегчения пуска двигателя при температурах ниже минус 30 °С применяют жидкости, состав которых приведен в табл. 12.2.

Применяют два вида пусковых жидкостей: для бензиновых и дизельных ДВС. В состав жидкости «Арктика» для бензиновых двигателей входит не более 2 % смазочного масла, что обусловливается недопустимостью попадания его на электроды свечей, которые при большом количестве масла становятся неработоспособными.

Таблица 12.2

Состав пусковых жидкостей

Показатель	«Арктика» (бензиновый),%	«Холод Д - 40» (дизель),%
Этиловый эфир	45–60	58 –62
Газовый бензин	35–55	13 – 17
Турбинное масло	2,0	10
Спирт	1,0–5,0	15

Пусковые жидкости выпускаются в ампулах по 20 см³. Пусковые жидкости должны иметь хорошую испаряемость при низкой температуре, быструю воспламеняемость от искры или самовоспламеняться от сжатия, высокие антикоррозийные и противоизносные свойства, низкую температуру застывания, стабильность при длительном хранении. Схема воспламенения пусковой жидкости:

Эфир → Бензин → Спирт → Топливо

Для подачи пусковой жидкости используют специальную систему с механическим или электрическим приводом (рис. 12.2).

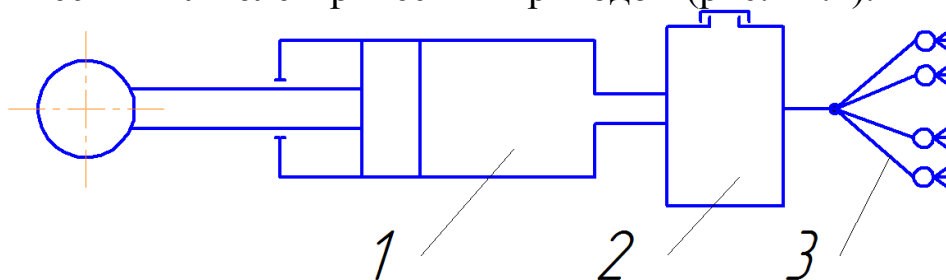


Рис. 12.2. Схема пусковой системы:

- 1 – насос для подачи воздуха; 2 – эмульсатор (жидкость + воздух);
3 – форсунки, через которые подаётся пусковая жидкость

Контрольные вопросы

1. Как работает тормозная система автомобиля?
2. Дайте характеристику тормозным жидкостям, которые применяются в современных автомобилях.
3. Требования к амортизационным жидкостям, перечислите их марки.
4. Перечислите состав пусковых жидкостей «Арктика» и «Холод».

5. *Как работает устройство для подачи пусковой жидкости в камеру сгорания двигателя?*

13. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Экономия моторного масла в двигателе можно достичь сокращением расхода «на угар», предотвращением порчи и загрязнения масел.

При заправке необходимо следить, чтобы совместно с маслом не поступали грязь и вода. Для этого следует очищать пробки заливных отверстий от грязи, пользоваться чистыми заправочными средствами.

Расход масел при эксплуатации относительно мал и составляет от расхода топлива для бензинового двигателя не более 3 %, для дизеля – 5 %.

На новом обкатанном двигателе расход масла минимальный. По мере износа двигателя, и прежде всего гильз цилиндров, поршневых колец, поршневых канавок, подшипников и шеек коленчатого вала, расход масел увеличивается. По мере износа деталей цилиндропоршневой группы масло всё интенсивнее попадает в камеру сгорания, где и сгорает. Характерными признаками большого износа поршневой группы являются большой расход масла и синий цвет отработавших газов.

Для снижения токсичности отработавших газов часть их снова направляют в цилиндры (рециркуляция газов), в таких системах расход масла на угар увеличивается.

К такому же результату может привести выход из строя направляющих и сальников клапанов, пригорание и залегание поршневых колец. Существенное влияние на расход масел оказывают чистота отверстий в поршне для отвода масла и состояние вентиляции картера. Если отводящие отверстия в поршне забиты отложениями, масло хуже удаляется со стенок цилиндра и значительная часть его сгорает. Одновременно идёт более быстрое загрязнение масла в картере продуктами сгорания.

Повышение теплового режима двигателя приводит к увеличенному «угару» масла. При этом также идёт более интенсивное окисление масла и ухудшение его качества.

Существенное влияние на расход масла оказывает его уровень в поддоне картера: при уровне выше нормы помимо прямого перерасхода происходит ухудшение качества масла; при недостатке – трущиеся детали быстрее изнашиваются, а масло быстрее загрязняется.

Угар масла определяют так: заливают необходимое количество масла, автомобиль проходит определенный путь, сливают масло и определяют разницу. Это и есть угар. Угар масла происходит в основном из-за его сгорания в цилиндре двигателя (90 %), испарения (легкие фракции), утечек и выброса через систему вентиляции. Угар зависит от состояния цилиндропоршневой группы (износа цилиндра, колец, втулки и стержня клапанов), вязкости масла, режима и условий работы двигателя.

Расход масла на угар определяют по формуле

$$G_m = k \cdot G_t, \quad (13.1)$$

где G_t – расход топлива; k – нормативный коэффициент.

Для лучших автомобилей $k = 0,001 - 0,003$. Для автомобиля «Жигули» $k = 0,008$, а фактически $k = 0,003 - 0,005$.

Обычно смену масла производят через 10 000 км, а для более качественных масел – через 20 000 км; для синтетических – через 100 000 км пробега. Выбраковку масла желательно производить по анализу его фактического состояния. На его состояние влияет вязкость, наличие воды, температура вспышки, кислотное число, наличие механических примесей. Чем выше температура вспышки масла, тем меньше в нем легких фракций, тем меньше угар масла.

В табл. 13.1 даны предельные значения для выбраковки масла.

Таблица 13.1

Критерии выбраковки моторных масел

Показатель	Бензиновый двигатель	Дизель
Изменение вязкости, %:		
рост	35 %	35 %
снижение	25 %	25 %
Снижение температуры вспышки, не менее 190 °С	20 %	20 %
Содержание воды, не более, %	<0,1	<0,1
Кислотное число, мг КОН на 100 см ³ , не более	Изменение 50 %	Изменение 50 %
Щелочное число, мг	Уменьшение до 50 %	Уменьшение до 50 %

КОН/кг		
--------	--	--

Кислотным числом называют количество в мг КОН, необходимого для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 см³ масла. Кислотные и сернистые соединения разрушают цветные металлы (вкладыши).

13.1. Признаки старения масла

В процессе работы моторного масла в двигателе внутреннего сгорания его свойства изменяются, оно стареет по следующим причинам:

1. Срабатываются присадки, например, моющие способствуют потемнению масла, загущающие присадки разрываются на более мелкие молекулы, вязкость масла уменьшается.

2. Уменьшается индекс вязкости, ухудшается его работа при отрицательных температурах.

3. Масло окисляется, молекулы масла соединяются с кислородом O₂ воздуха, темнеют с образованием смолистых веществ.

4. Загрязняется механическими примесями и продуктами сгорания топлива и частицами износа двигателя.

5. Образуется вода, способствующая коррозии и разрушению присадок.

Норма расхода моторных и трансмиссионных масел устанавливается на 100 л общего расхода топлива. Расход масел снижается на 50 % для новых автомобилей до трех лет эксплуатации. Норма расхода увеличивается на 20 %, если автомобиль эксплуатировался более 8 лет. В табл. 13.2 приведены нормы ТСМ для автомобилей.

Таблица 13.2

Норма расхода эксплуатационных материалов

Марка	Моторное масло, кг	Трансмиссионное масло, кг	Специальное масло, кг	Пластичные смазки, кг
ВАЗ	0,6	0,1	0,03	0,1
«Москвич»	1,8	0,15	0,05	0,1
ГАЗ	1,8	0,15	0,05	0,1
ЗИЛ	2,2	0,3	0,1	0,2
КамАЗ	2,8	0,4	0,15	0,35

13.2. Нормирование расхода топлива

На автомобильном транспорте применяют следующие виды **норм расхода топлива** [31]:

- 1) **линейные** – определяют расход топлива в процессе передвижения автомобиля или автомобиля с грузом;
- 2) **на работу спецоборудования** (печь отопления в автобусе 3 л/ч);
- 3) **на единицу выполненной работы** (спецмашины, например, укладчик асфальта на базе автомобиля ГАЗ-53А – 6 л/ч).

Линейные нормы расхода устанавливаются для каждой марки автомобиля и подразделяют на два основных вида: базовая норма на 100 км пробега автомобиля в литрах; норма на 100 т· км транспортной работы, учитывающая дополнительный расход топлива при движении автомобиля с грузом.

В табл. 13.3 приведены линейные нормы расхода бензина на 100 км пробега для некоторых отечественных и зарубежных легковых автомобилей.

Таблица 13.3

Нормы расхода топлива на 100 км пробега

Тип автомобиля	Линейная норма, л/100 км
ВАЗ- 2106	9
ВАЗ- 2109	8
ГАЗ -24	14
«Москвич» 2140, 2141	10
УАЗ - 469	16
Audi 80. 1.6	8,5
BMW 316 i 1.6	7,7
Ford Mondeo 2.0	10,7

Для легковых автомобилей нормируемое значение расхода топлива с учетом пробега и условий эксплуатации определяется по формуле:

$$Q_{л} = 0,01 \cdot H_{л} \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (13.2)$$

где $Q_{л}$ – нормируемый расход топлива, л; $H_{л}$ – линейная норма расхода, л/100 км; S – пробег автомобиля, км; D – поправочный коэффициент, %, учитывающий условия эксплуатации.

Значение коэффициента D в зависимости от работы автомобиля в городах с численностью населения до 0,25 млн – 10 %; от 0,25

до 1,0 млн – до 15 %; от 1,0 – до 3,0 млн – до 20 %; более 3,0 млн – до 25 %.

Если автомобиль эксплуатируется в зимнее время: центральные районы – до 10 %; северные – до 15 %; Крайний Север – до 20 %.

Работа в тяжелых дорожных условиях – до 20 %, работа автомобиля в качестве автобуса с высадкой пассажиров – до 10 %.

Для отечественных и зарубежных грузовых автомобилей линейная норма расхода топлива и нормы расхода на перевоз груза приведены в табл. 13.4.

Таблица

13.4

Норма расхода топлива для грузовых автомобилей

Тип автомобиля	Линейная норма, л/100 км	Норма на перевоз груза, л/100 т·км
ГАЗ - 53	25	2
ЗИЛ - 130 АН	31	2
ЗИЛ -131 НВ	41	2
КамАЗ - 4310	31	1,3
КамАЗ --5320	25	1,3
Magirus 290 D 26 L	34	1,3
Tatra 111 R	33	1.3

Расход топлива при транспортировке груза находят по формуле

$$Q_T = Q_L + 0,01 \cdot H_T \cdot M_G \cdot S_2 \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (13.3)$$

где Q_L – линейный расход топлива на пробег автомобиля с учетом условий эксплуатации (см. формулу 13.2), л; H_T – норма расхода топлива на перевозку груза (1,3 л дизели, 2 л бензиновые двигатели на 100 т·км); M_G – масса груза, т; S_2 – пробег автомобиля с грузом, км.

Для специальных машин дополнительно учитывают норму на работу. Например, для разбрасывателя песка КО -105 на базе ЗИЛ - 130 линейная норма на пробег составляет 34 л/100 км (проезд до места работы), а норма на работу – 43 л/100 км (расход на передвижение и выполнение работы по разбросу песка).

Контрольные вопросы

1. Что называют угаром масла, от чего он зависит, нормы угара масла?
2. Признаки старения моторного масла.

3. *Что называют линейной нормой расхода топлива, укажите его значение для легкового автомобиля?*
4. *Как определяется линейный расход топлива, расход топлива на работу спецоборудования?*
5. *Как определяется для спецмашин линейная норма расхода топлива на передвижение до места работы и норма на выполненную работу?*

14. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

14.1. Влияние нефтепродуктов на человека и окружающую среду

К экологической безопасности относят свойства нефтепродуктов оказывать влияние на окружающую среду, например, загрязнение воздуха отработавшими газами двигателей, пожароопасность и взрывоопасность.

Нефть – это черное золото, и государство, владеющее большими запасами нефти и газа, по праву считается богатым. Однако в результате добычи большого количества нефти, ее переработки и использования нефтепродуктов в технике человечество стало ощущать негативные влияния, которые проявляются в следующих областях [23]:

1. Изменение химического состава атмосферы и ее потепление.
2. Загрязнение почвы и воды нефтепродуктами.
3. Токсическое последствие воздействия топлив на людей при непосредственном контакте.
4. Загрязнение воздуха городов токсичными веществами, содержащимися в отработавших газах двигателей.
5. Пожарная и взрывная опасность топлив.

Двигатели внутреннего сгорания являются основными потребителями углеводородного топлива, при сгорании которого расходуется кислород и выделяется двуокись углерода CO_2 . В результате концентрация этого вещества в атмосфере Земли постоянно возрастает, что может привести к изменению соотношения между поглощённой и отражённой Землёй энергией Солнца и вызвать глобальные изменения климата и катастрофы.

Попадание нефтепродуктов на почву вызывает изменение её структуры, химического и микробиологического состава, что приводит к гибели растений. Восстановление производительной способности загрязнённой почвы проходит очень медленно, например, урожайность и качество сельскохозяйственных земель восстанавливаются через 10 лет.

При попадании нефтепродуктов в воду они растекаются, образуя плёнку. Небольшие количества нефтепродуктов покрывают громадные площади воды, например, 1 т нефти покрывает плёнкой 10 км^2

водной поверхности. Эта плёнка нарушает условия теплообмена водного бассейна с атмосферой, что влияет на климат планеты, вызывает загрязнение и гибель водной растительности и живых организмов.

Большинство нефтепродуктов легко проникает в организм даже через неповреждённую кожу, вызывая нарушение обменных процессов.

Основное токсичное воздействие оказывают пары топлив, поэтому дизельные топлива менее токсичны, чем бензины.

В процесс сгорания топлива в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания образуются токсичные (вредные) вещества:

- окись углерода CO (угарный газ);
- оксиды азота NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 , NO_x ;
- несгоревшие углеводороды и продукты их термического разложения C_nH_m ;
- сажа; оксиды серы SO_2 , SO_3 ; альдегиды.

Окись углерода является продуктом неполного окисления углерода. Он образуется в основном при горении с недостатком воздуха ($\alpha < 1$). Длительное пребывание в среде с концентрацией CO до 650 мг/м^3 вызывает потерю сознания. Пребывание в среде с концентрацией более 2000 мг/м^3 приводит к острым отравлениям и возможному смертельному исходу.

Содержащиеся в отработавших газах **углеводороды** C_nH_m (топливо) представляют собой смесь многих химических соединений. Их содержание в отработавших газах вызывает злокачественные опухоли и изменяют наследственность человека.

Альдегиды и другие продукты неполного окисления топлива образуются при нарушении процессов сгорания смеси, связанных с прекращением реакции горения на этапе образования промежуточных продуктов. Это может происходить в зонах камеры сгорания с обеднённой или обогащённой рабочей смесью, на режимах запуска или прогрева двигателя.

Сажа является продуктом пиролиза и крекинга топлива. Этот процесс происходит в результате высокотемпературного нагрева топлива при недостатке кислорода.

Образование **оксидов азота** NO_x непосредственно не связано с реакциями горения топлива и обусловлено процессами диссоциации и цепных реакций кислорода и азота в условиях высоких температур

и давлений, при которых молекулы азота и кислорода разлагаются на атомы.

Оксиды серы SO_2 и SO_3 появляются в отработавших газах из-за применения топлив, недостаточно очищенных от соединений серы, которые содержались в нефти. Оксиды серы оказывают вредное влияние на живые организмы, замедляют и даже прекращают рост растительности, увеличивают заболеваемость и сокращают продолжительность жизни человека. Оксиды серы при соединении с влагой образуют серную и сернистую кислоты, вызывающие повышение кислотности атмосферы и водоёмов, интенсивную коррозию металлических конструкций.

В среднем современный автомобиль в течение года эксплуатации выделяет в окружающую среду до 1000 кг окислов углерода, более 100 кг углеводородов и 40 кг оксидов азота. Более 80 % токсичных веществ, загрязняющих атмосферу городов, выделяют двигатели внутреннего сгорания.

Для снижения токсичности отработавших газов применяют нейтрализаторы и дожигатели, в которых продукты неполного сгорания дожигаются в присутствии катализатора или без него.

14.2. Пожарная и взрывная опасность нефтепродуктов

Пожарная опасность топлива определяется его огнеопасностью и взрывоопасностью. Пожарная опасность характеризуется следующими показателями качества: температурой вспышки, температурой воспламенения и самовоспламенения, предельной концентрацией смеси паров топлива с воздухом, в пределах которой смесь взрывоопасна (верхний и нижний пределы).

Температура вспышки нефтепродукта – это минимальная температура, при нагревании до которой над поверхностью образуются смесь его паров и воздуха, способная вспыхивать при поднесении открытого пламени (например, огня спички). Она зависит от фракционного состава топлива. Эта температура тем ниже, чем больше в топливе низкокипящих углеводородов и выше давление насыщенных паров. В табл. 14.1 представлены температуры вспышек различных эксплуатационных материалов. Следует отметить, что любой вид жидкого топлива способен гореть, если он превращен из жидкой фа-

зы в газообразную фазу (путем нагрева) и перемешан с воздухом (кислородом).

Таблица 14.1

Температура вспышки нефтепродуктов

Эксплуатационные материалы	Температура вспышки в открытом тигле, °С
1. Бензин	минус 50
2. Дизельное топливо	30 – 40
3. Масло моторное	190 –240
4. Мазут	80 –100

Температура воспламенения (горения) – это минимальная температура топлива, при которой горючая смесь топлива с воздухом вспыхивает от постороннего источника пламени и продолжает гореть вследствие испарения топлива. Температура воспламенения больше температуры вспышки на 5 – 10 °С.

Температура самовоспламенения – это температура, при которой пары нагретого топлива, смешанные с воздухом, воспламеняются самостоятельно без постороннего источника пламени. Примерно можно считать, что температура самовоспламенения для дизельных топлив, бензинов и газов соответственно 250 – 300; 400 – 500; 600 – 700 °С.

Температура вспышки и воспламенения характеризуют пожарную опасность топлива, а температура самовоспламенения – способность топлива **самостоятельно** воспламеняться в цилиндре дизеля и использоваться в качестве топлива.

В стандартах **температуру вспышки** нормируют для ограничения в нефтепродуктах количества фракций с более высоким давлением насыщенных паров. Этот показатель служит в основном для оценки пожарной опасности и потерь на испарение, что весьма важно для правильной организации применения и хранения нефтепродуктов.

Верхний и нижний пределы воспламенения газов, паров топлива в воздухе – значения граничных концентраций в области воспламенения. Значения этих пределов используют при расчёте предельно допустимой взрывоопасной концентрации паров топлива и газов в воздухе при работе с применением огня или искрообразующего инструмента.

В табл. 14.2 приведены показатели пожарной и взрывной опасности бензина, дизельного топлива и моторного масла и сжиженного газового топлива.

Таблица 14.2

Показатели пожарной и взрывной опасности нефтепродуктов

Нефтепродукты	Температура самовоспламенения, °С	Температурный предел взрываемости насыщенных паров в воздухе, °С		Объемная доля предела взрывающихся паров в воздухе, %.	
		верхний	нижний	верхнего	нижнего
Бензины	300 – 480	минус 5	минус 40	5,3	0,75
Дизельное топливо зимнее	240	120	70	–	0,61
Масло моторное	340	190	150	–	–
Пары сжиженных газов	–	–	–	2,0	9,5

Бензин – наиболее опасное жидкое топливо в плане пожарной опасности. Его пары могут вспыхнуть от пламени даже при температуре минус 50 °С. По этой причине температура вспышки бензина не регламентируется ГОСТом.

В табл. 14.3 приведены физико-химические свойства газообразных топлив [3], влияющих на взрывную и пожарную опасность (параметры бензина Аи-80 даны для сравнения).

По относительной плотности газовой фазы по воздуху можно судить о местах скопления газов при их утечках и взрывоопасности. Из анализа табл. 14.3 следует, что при утечке метана он будет уходить вверх, так как он легче воздуха, а этан, пропан и бутан будут скапливаться внизу.

Критическая температура представляет собой температуру, при которой плотности жидкости и ее насыщенных паров становятся равными и граница раздела между ними исчезает.

Давление насыщенных паров при критической температуре называется **критическим давлением**.

Таблица 14.3

Свойства газообразных топлив

Параметры	Метан	Этан	Пропан	Бутан	Бензин
1. Молекулярная формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	Смесь
2. Относительная плотность газовой фазы по воздуху	0,55	1,05	1,56	2,1	3,78
3. Критическое давление (абсолютное), МПа	4,58	4,88	4,2	3,6	–
4. Температура кипения при давлении 100 кПа, °С	минус 162	минус 88	минус 42	минус 1	плюс 35 -200
5. Температура самовоспламенения, °С	680 – 750	508 – 605	510 – 580	475 – 510	470 – 530
6. Критическая температура, °С	минус 42	плюс 32	плюс 97	плюс 153	–
7. Плотность жидкой фазы, кг/м ³ при 20 °С	–	540	580	600	735
8. Пределы воспламенения объемные в %: нижний верхний	5,0 15,0	3,2 12,5	2,1 9,5	1,9 8,5	1,5 6,0
9. Коэффициент избытка воздуха, соответствующий верхнему и нижнему пределам воспламеняемости	2,0 0,65	1,82 0,42	1,7 0,4	1,67 0,3	1,18 0,29

При температуре выше критической вещество может находиться только **в газообразном состоянии** независимо от внешнего давления.

Так при критической температуре пропана (плюс 97 °С) и бутана (плюс 153 °С) они при небольшом давлении переводятся в жидкое состояние. К примеру, при температуре плюс 20 °С пропан становится жидким при избыточном давлении 0,7 МПа, а бутан – при 0,1 МПа. Поэтому газовая смесь из пропан-бутана хранится в жидком

состоянии при давлении до 1,6 МПа при диапазоне температур от плюс 40 до минус 40 °С.

По температуре самовоспламенения судят о возможности воспламенения смеси топлива с воздухом в камере сгорания двигателя. При температуре самовоспламенения топлива более 500 °С его целесообразно применять в двигателях с воспламенением горючей смеси от электрической искры. В газодизельном варианте смесь газа с воздухом можно воспламенить запальной порцией дизельного топлива (15 – 20 мм³ за цикл).

Пределы воспламенения газов характеризуют граничные значения содержания газа (в процентах по объему) в воздухе, при которых еще возможно воспламенение горючей смеси. На воспламеняемость газовой смеси оказывают влияние температура, давление и турбулентность. Обедненные и обогащенные газовые смеси не воспламеняются.

Нижний предел воспламенения сжатого природного газа в смеси с воздухом составляет 5 % от объема. У пропана он составляет 2,1 %, у бутана 1,9 %. Таким образом, сжатый природный газ менее взрывоопасен. Для того, чтобы он спровоцировал взрыв, его должно накопиться в 2,5 раза больше, чем сжиженного нефтяного газа.

Знание этих пределов важно как для организации рабочего процесса и регулирования подачи топлива в двигателях, а также для определения взрывной и пожарной опасности концентраций в местах хранения и технического обслуживания автомобилей.

Температурный предел воспламенения – температура вещества, при которой его насыщенные пары, смешанные с воздухом, образуют концентрации, соответствующие пределам воспламенения.

Нижний предел взрываемости – минимальная концентрация газа и паров топлива в воздухе, при которой возможен взрыв.

Верхний предел взрываемости – концентрация газа и паров топлива в воздухе, выше которой взрыва не происходит.

Возникновение в топливовоздушной смеси **взрывоопасной** концентрации тем вероятнее, чем выше давление насыщенных паров и ниже температура начала кипения. Поэтому взрывоопасность бензина намного выше, чем дизельного топлива. Можно считать правилом, что горение в ёмкостях бензина или керосина обязательно сопровождается взрывом. Почти все топливные и смазывающие материалы являются взрывоопасными и пожароопасными.

Если три одинаковые герметичные емкости равной толщиной стенок частично наполнить дизельным топливом, высокооктановым бензином, газом метаном и бросить в горящий костер, то вначале **самовоспламенится** (взорвется) дизельное топливо, затем бензин и газ. Это объясняется тем, что самую низкую температуру самовоспламенения (300 °С) имеет дизельное топливо, затем бензин (450 °С) и далее газ (650 °С). Но при поднесении открытого пламени, смесь газа с воздухом наиболее опасна с точки зрения пожарной опасности, затем пары бензина с воздухом и далее пары дизельного топлива с воздухом.

Нефть и нефтепродукты к потребителям транспортируются по нефтяным и газовым трубопроводам, по воде и суше. По суше нефтепродукты перевозят железнодорожным и автомобильным транспортом. Так как нефтепродукты взрывоопасные и пожароопасные, то их транспортировка производится согласно специальным Правилам.

Контрольные вопросы

- 1. В чём заключаются экологические свойства топливных и смазывающих материалов?*
- 2. Какие токсичные вещества входят в состав отработавших газов?*
- 3. Какие вы знаете показатели пожарной и взрывной опасности нефтепродуктов?*
- 4. Бензин или дизельное топливо имеет большую температуру самовоспламенения?*
- 5. Что называют температурой вспышки, горения и самовоспламенения?*
- 6. Как воздействуют топливные и смазывающие материалы на окружающую природу и человека?*

15. ТРАНСПОРТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

15.1. Общие сведения о транспорте нефтепродуктов

Транспорт (лат. *перемещаю*) – отрасль, например, в нефтяной промышленности, осуществляющая перемещение нефти, нефтепродуктов из мест промысла, хранения, переработки до потребителя.

Транспортировка нефтепродуктов осуществляется трубопроводным, железнодорожным, водным, автомобильным транспортом, а также сетью нефтебаз, газохранилищ.

Вид транспорта применяется в зависимости от состояния транспортных путей, объема перевозок, характера нефтегрузов, расположения нефтепромыслов, нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), нефтебаз и потребителей. При выборе вида транспорта преследуется главная цель – это минимальные затраты грузоперевозок при сокращении сроков доставки.

При выборе данного вида транспорта учитываются его недостатки и преимущества. Известно, что удельные затраты тем меньше, чем больше мощность транспортной магистрали. Однако нельзя пренебрегать и такими факторами, как сезонность работы и расстояние перевозки. Например, водным транспортом можно перевозить только в навигационный период, а железнодорожным и трубопроводным – круглый год. При перевозках на короткие расстояния пользуются автомобильным транспортом.

В случае доставки нефтепродуктов на весьма большие расстояния, когда не удастся ограничиться одним видом транспорта, приходится передавать нефтегруз с одного вида транспорта на другой. Перемещение грузов несколькими видами транспорта называется смешанными перевозками.

15.2. Трубопроводный транспорт

Нефтепродуктопроводы протяженностью более 50 км и диаметром более 219 мм называются магистральными. Магистральные трубопроводы при перекачке нефти называют нефтепроводами, а при перекачке жидких нефтепродуктов, например бензина, керосина, дизельного топлива, мазута – нефтепродуктопроводами [37, 38].

Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы и ответвления от них в соответствии со Строительными нормами и правилами (СНиП II–45–75) сооружают диаметром до 1220 мм с избыточным давлением не выше 10 МПа (100 ат). Они предназначены для транспортирования до мест потребления – нефтебаз, пунктов налива и отдельных промышленных предприятий.

Согласно СНиП 2.05.06.–85 магистральные нефтепроводы в зависимости от диаметра трубопровода подразделяются на четыре класса: к I классу относятся трубопроводы диаметром 1000 – 1200 мм; к II классу – трубопроводы диаметром 500 – 1000 мм; к III классу – трубопроводы диаметром 300 – 500 мм; к IV классу – трубопроводы диаметром менее 300 мм.

Первый трубопровод протяженностью 12 км, диаметром 3 дюйма (1 дюйм 25,4 мм) был построен в 1872 г и предназначался для перекачки нефти с Балахнинских промыслов на бакинские нефтеперегонные заводы.

Протяженность магистральных трубопроводов России составляет около 220 тыс. км. Транспортировка продукции топливно-энергетического комплекса в 2000 г составила более 30 % общего грузооборота [37].

Нефтепроводы и нефтепродуктопроводы по устройству в принципе одинаковы и состоят из трубопровода и насосных станций, расположенных вдоль трассы трубопровода. Различаются они только отдельными элементами технологических схем магистрального трубопровода.

Длину трубопровода непосредственно по его трассе измеряют топографической лентой. При предварительных расчетах длину трубопровода можно определять по карте.

Основной задачей транспортировки нефти и нефтепродуктов является их доставка к нефтехранилищам, нефтеперерабатывающим заводам, нефтебазам и заправочным станциям.

По своему назначению нефтепроводы (нефтепродуктопроводы) можно разделить на следующие группы [38]:

промысловые – соединяющие скважины с различными объектами и установками подготовки нефти на промыслах;

технологические – предназначенные для транспортировки в пределах промышленного предприятия различных веществ – сырья, полуфабрикатов, конечных продуктов;

магистральные – предназначены для транспортировки товарной нефти и нефтепродуктов (в том числе конденсатов) из района их добычи, производства или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива в цистерны, нефтеналивных терминалов, отдельных промышленных предприятий, нефтеперерабатывающих заводов).

Основными сооружениями магистрального нефтепровода является **головная перекачивающая станция**, которую размещают на начальном участке трубопровода (в районе нефтепромыслов). Она служит для приема нефти с последующей подачей ее в трубопровод.

Промежуточные перекачивающие станции обеспечивают дальнейшее передвижение нефти по трубопроводу. Имеют аварийно-ремонтные пункты и устройства линейной и станционной связи.

В состав **перекачивающих станций** входят: резервуарный парк, устройства для пуска скребков или разделителей, установки для фильтров, а также отдельные емкости для сброса утечек и приема жидкости из предохранительных систем защиты.

Принятая на данном нефтепроводе технология перекачки нефти и нефтепродуктов диктует схему соединения насосов и резервуаров. Среди возможных схем можно выделить три основные [38], показанные на рис. 15.1 – **постанционную, с подключением резервуара, из насоса в насос**.

Постанционная перекачка характеризуется тем, что нефть поступает в резервуар промежуточной перекачивающей станции до его заполнения, а затем из него откачивают нефть для подачи на следующую станцию (рис. 15.1 а).

Для обеспечения непрерывности работы трубопровода на станциях предусматривается не менее двух резервуаров. Причем в один резервуар производится закачка, а из другого одновременно осуществляется откачка для подачи в трубопровод. По этой схеме требуется большее число резервуаров, что связано с усложнением условий эксплуатации и дополнительными затратами. Постанционная перекачка применяется только в отдельных случаях: при наладке нефтепровода, выявлении пропускной способности отдельных его перегонов.

На практике чаще применяют **транзитную перекачку** (рис. 15.1 б – г). При такой перекачке поступающий в резервуар продукт немедленно всасывается насосами и перекачивается на следующую стан-

цию. Резервуар одновременно включен и на прием продукта предыдущей станции, и на всасывание насосов для дальнейшей его перекачки.

В зависимости от способа включения самого резервуара различают следующие системы транзитной перекачки – через резервуар, с подключенным резервуаром, из насоса в насос.

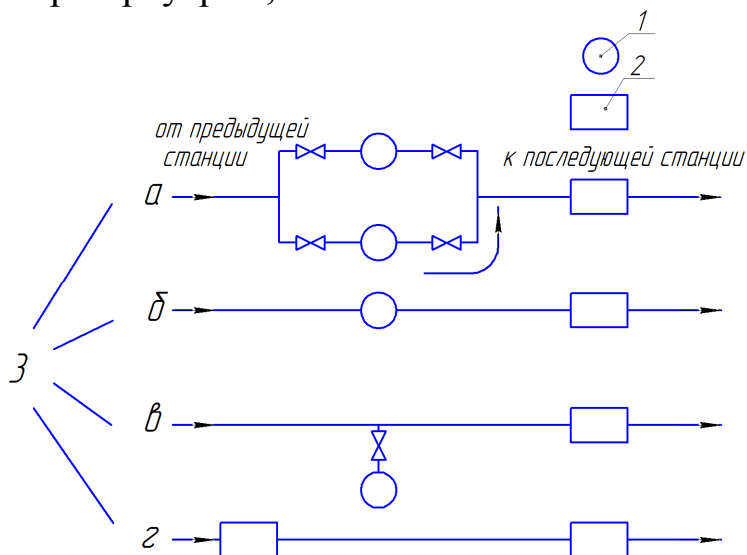


Рис. 15.1. Схемы трубопроводного транспорта:
 1 – резервуар; 2 – насосная станция; 3 - системы перекачек:
 а – постанционная; б – через резервуар;
 в – с подключенным резервуаром; г – из насоса в насос

Рассмотрим каждую из этих систем в отдельности. При последовательном включении резервуара жидкость, поступающая с предыдущей станции, прежде чем попасть на прием насосов, проходит через резервуар (рис. 15.1 б). Такой вид транспортировки нефтепродуктов называют перекачкой через резервуар.

Усиленное движение нефтепродукта способствует интенсивному испарению. **Перекачка «через резервуар»** применяется в случаях необходимости освобождения перекачиваемой жидкости от воздуха и газа до поступления ее в насос или для отстоя перекачиваемого продукта от воды по ходу перекачки. Не рекомендуется для перекачки нефти и светлых нефтепродуктов.

В процессе перекачки, с подключенным резервуаром, жидкость поступает в насосы, непосредственно из трубопровода минуя резервуар, включенный в магистраль параллельно (рис. 15.1 в). Из трубопровода в резервуар или наоборот жидкость поступает лишь в пе-

риоды нарушения согласованности в работе перекачивающих станций. Потери от испарения из резервуаров значительно снижаются, так как в резервуары попадает часть перекачиваемого продукта. Основное количество нефтепродукта проходит из начального пункта нефтепровода в конечный, не заходя в резервуары промежуточных станций.

Перекачка «из насоса в насос» является наиболее совершенной в отношении предотвращения потерь продукта от испарения (рис. 15.1 з). Недостатком этой схемы является «жесткая» гидравлическая связь всех участков, работающих в данном режиме. Любое изменение на отдельном участке вызывает изменения на всех остальных. Аварийная остановка одного участка ведет к остановке всех последовательных участков.

Основные элементы магистрального трубопровода – сваренные в непрерывную нитку трубы, представляющие собой собственно трубопровод. Трубы защищают от коррозии специальными покрытиями и, как правило, заглубляют в грунт обычно на глубину 0,8 м.

С интервалом 10 – 30 км, в зависимости от рельефа трассы, на трубопроводе устанавливают линейные задвижки для перекрытия участков в случае аварии или ремонта. Магистральные нефтепроводы имеют производительность до 80 млн т в год.

Для магистральных трубопроводов применяются цельнотянутые или сварные трубы диаметром 300 – 1220 мм. Толщина стенок определяется проектным давлением в трубопроводе, которое может достигать 10 МПа.

В табл. 15.1 приведены характеристики магистральных труб Челябинского трубного завода (ТУ-14-3Р-03-94, ТУ-14-3-1698-90) для рабочих давлений 5,4 – 7,4 МПа [36, 37].

Таблица 15.1

Характеристика магистральных труб

Наружный диаметр, мм	Номинальная толщина стенки, мм	Марка стали	Характеристики материала труб	
			σ_B , МПа	σ_T , МПа
1220	10; 11; 12, 13; 14; 15; 16.	08ГБЮ	510	350
1020	12,5; 12,9; 15,5; 16.	13Г1СУ	540	390
820	8; 9; 10; 11; 12.	13Г2АФ	530	363

720	8; 9; 10; 11; 12; 13; 14.	08ГБЮ	510	350
530	7; 7,5; 8; 9; 10.	17ГС	510	353

Примечание. В марках сталей, приведенных в табл. 15.1, буквами указаны легирующие добавки (Г – марганец, Б – ниобий, Ю – алюминий, А – азот, Ф – ванадий, С – кремний).

В качестве перекачивающих агрегатов **наиболее эффективны центробежные насосы**, так как они легко поддаются синхронизации и автоматическому регулированию. Кроме того, в отличие от поршневых насосов они не дают опасного повышения давления даже при полном закрытии задвижки на линии нагнетания.

В табл. 15.2 приведены технические характеристики центробежных насосов, используемые при транспортировке по трубам нефти и нефтепродуктов. Максимальный коэффициент полезного действия (КПД max) насосов составляет 0,8 – 0,9. Частота вращения колес насосов соответствует 1480 мин⁻¹. Характеристики насосов даны для перекачиваемой воды при 20 °С.

Таблица 15.2

Техническая характеристика магистральных центробежных насосов

Марка насоса	Диаметр рабочего колеса, мм	Максимальная подача, м ³ /час	Напор, развиваемый насосом, м при КПД max	Максимальная мощность, кВт
НМ-500 - 300	300	500	350	500
НМ-5000 - 210	450	5000	210	2800
НМ-10000 - 210	495	10000	210	5800

15.3. Железнодорожный транспорт

Железнодорожным транспортом перевозят все виды нефтепродуктов, нефть и сжиженные газы. В общем объеме перевозок на его долю приходится около 40 %. Нефть и нефтепродукты перевозятся по железным дорогам, как правило, в вагонах-цистернах. Только небольшая часть, около 2 %, транспортируется в мелкой таре – в бочках, контейнерах и бидонах. Для транспортировки отдельных видов масел, смазок и небольших партий светлых и темных нефтепродуктов используются крытые вагоны. Отличительная особенность же-

лезнодорожных перевозок – это возможность доставки нефтегрузов в любое время года, благодаря чему большинство распределительных баз расположено на железнодорожных магистралях.

Однако железнодорожный транспорт имеет существенные недостатки. К ним относятся: большие капиталовложения при строительстве новых и реконструкции действующих путей; относительно высокие эксплуатационные расходы на перевозку нефти по сравнению с другими видами транспорта (в 2–4 раза дороже водного и трубопроводного).

Нефть и нефтепродукты перевозятся в железнодорожных цистернах грузоподъемностью 25, 50, 60, 90 и 120 т. Наибольшее распространение имеют четырехосные цистерны объемом 50 и 60 м³. Вагоны-цистерны формируют в поезда, называемые наливными маршрутами. Цистерны оборудуются универсальными сливными приборами. Они устанавливаются в нижней части котла цистерны и обеспечивают полный слив нефтепродукта.

Цистерны, предназначенные для перевозки высоковязких застывающих нефтепродуктов, оборудуют наружными паровыми рубашками или внутренними устройствами для подогрева.

Слив и налив нефтепродуктов в железнодорожные цистерны, прибывающие на нефтебазу, производятся на специальных сливных и наливных устройствах (эстакадах).

На нефтебазу цистерны подают по подъездным железнодорожным путям, которые примыкают к железнодорожным магистралям у ближайшей станции. На основных железнодорожных путях размещают устройства для обеспечения сливных и наливных операций.

Нефтепродукты всех видов перевозят по железным дорогам в соответствии с «Правилами перевозок грузов МПС». Этими правилами предусмотрен порядок формирования железнодорожных цистерн в маршруты, условия перевозок нефтегрузов, подачи железнодорожных маршрутов под слив и налив на эстакады, правила сдачи наполненных маршрутов по железной дороге, нормы времени на погрузочные и разгрузочные операции, а также основные требования к технической эксплуатации.

15.4. Водный транспорт

Водным транспортом перевозят нефть, нефтепродукты и сжиженные газы. Он осуществляет перевозку нефти и нефтепродуктов

как внутри страны, так и за ее пределами. На долю водного транспорта приходится около 13 % от общего объема перевозок нефтегрузов.

По сравнению с железнодорожным транспортом водный транспорт требует меньшего расхода топлива на единицу перевозок, характеризуется небольшой численностью обслуживающего персонала, меньшими затратами металла на единицу грузоподъемности и небольшой собственной массой по отношению к массе перевозимого груза.

Морским транспортом внутри России основные перевозки нефтепродуктов осуществляются в Каспийском, Черном, Азовском, Балтийском, Японском и Охотском морях.

К преимуществам морского транспорта относятся низкая себестоимость перевозки нефти за счет использования судов большой грузоподъемности на дальние расстояния.

Речным транспортом доставляются нефтепродукты на многие нефтебазы, расположенные на реках. Протяженность судоходных рек в России составляет около 150 тыс. км.

К преимуществам речного транспорта относится высокая пропускная способность речных путей. Для отдельных районов Якутии, Тюмени, Омской и Новосибирской областей речной транспорт является основным способом доставки нефтепродуктов.

К отрицательным свойствам речного транспорта можно отнести то, что на зимний период прекращаются речные перевозки. Это приводит к созданию межнавигационных запасов нефти в перевалочных пунктах или у потребителей. Приходится сооружать крупные резервуарные емкости на промыслах, НПЗ и водных нефтебазах для соответствующего накопления и длительного хранения нефти.

При перевозке нефтепродуктов по водным магистралям соблюдаются правила Министерства морского и речного флота. Этими правилами предусмотрены порядок подготовки судна к наливу, погрузочно-разгрузочных операций, условия перевозки при различных температурных режимах, требования к герметичности систем и другим мерам технической эксплуатации; установлен также порядок замера количества груза и оформления грузовых документов.

15.5. Автомобильный транспорт

Автотранспорт широко используется при перевозках нефтепродуктов с распределительных нефтебаз непосредственно потребителю. Наиболее эффективно он используется в районах, куда невозможно доставить нефтепродукты железнодорожным или водным путем сообщения. Основное назначение автотранспорта – доставка готовых нефтепродуктов с крупных нефтебаз на более мелкие и далее к потребителю. Доставка производится автоцистернами, топливозаправщиками путем перекачки по местным трубопроводам. На долю автомобильного транспорта приходится около 20 % перевозок нефтегрузов.

Автоцистерны оснащены комплектом оборудования, включающим патрубок для налива нефтепродукта, дыхательный клапан, стержневой указатель уровня, клиновую быстродействующую задвижку для слива топлива, два шланга с наконечниками и насос с механическим приводом. Объем отдельных автоцистерн достигает 40 м³. Внутри цистерны установлены поперечные и продольные волнорезы для уменьшения силы ударной волны жидкости при движении автомашины.

Автозаправщики обычно монтируют на шасси грузовых машин и оборудуют раздаточным насосом, трубопроводной обвязкой, приемными и раздаточными шлангами, водовоздухоотделителями, фильтрами, счетчиками и другими контрольно-измерительными приборами. Автотопливозаправщики предназначены для хранения и транспортировки светлых нефтепродуктов по всем видам дорог и местности, а также для заправки топливом различной техники.

На рис. 15.2 показаны формы поперечного сечения кузовов-цистерн, а на рис. 15.3 приведены схемы установки цистерн на шасси автомобилей и прицеп [25, 34].

Форма поперечного сечения (см. рис. 15.2) определяется свойствами перевозимого груза. Прямоугольная форма цистерны (а) обеспечивает наибольший объем перевозимого груза. Цистерна для сжатого газа должна обладать повышенной прочностью, что в наибольшей степени обеспечивает цилиндрическая цистерна с круглым поперечным сечением (б). Эллиптическая форма поперечного сечения по сравнению с круглой обеспечивает более низкий центр масс автоцистерны (в) и ее устойчивость.

Способ разгрузки (опорожнения) цистерны выбирается в зависимости от свойств перевозимого груза. Жидкости сливают из цис-

терн самотеком (под действием гравитационных сил), при помощи насосов или самосвальной разгрузкой. Сжатые или жидкие газы «сливаются» из цистерны под действием собственного давления.

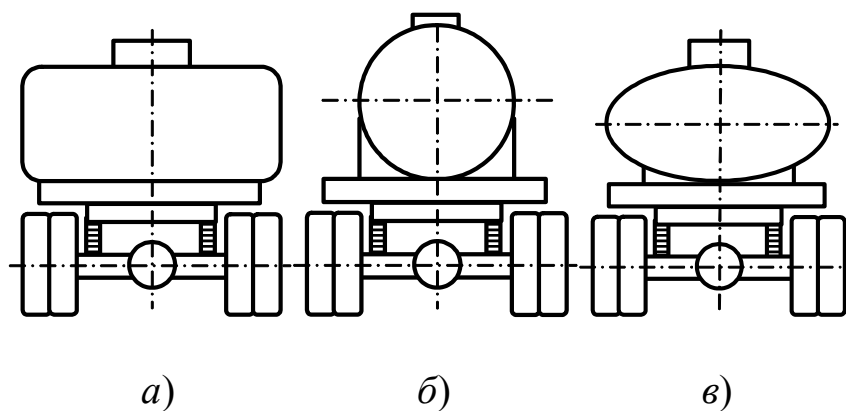
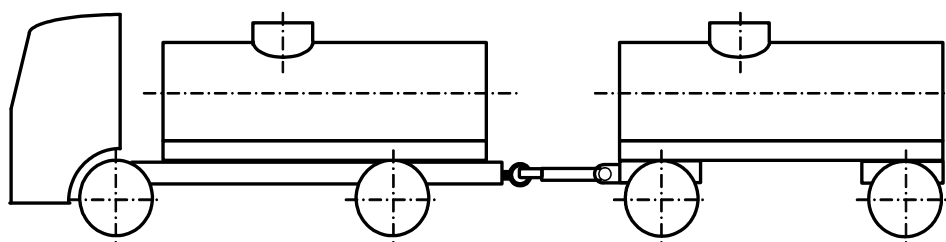
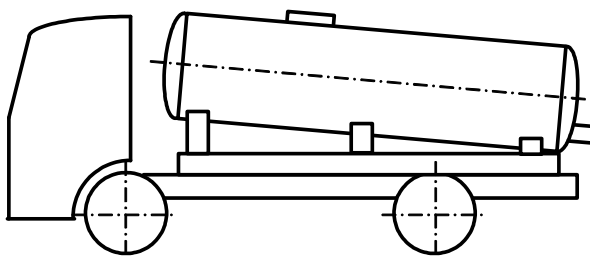


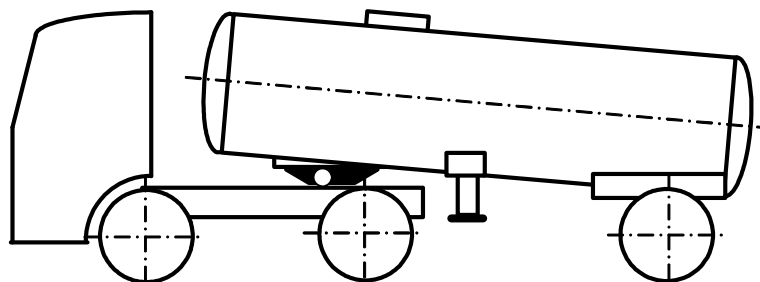
Рис. 15.2. Формы поперечного сечения кузовов-цистерн:
a – прямоугольная ("чемоданная"); *б* – круглая; *в* – эллиптическая



a)



б)



в)

Рис. 15.3. Схемы установки цистерн на шасси автомобилей и прицеп:
a – прицепной автопоезд-цистерна с горизонтальной установкой цистерн на шасси автомобиля-тягача и прицепа; *б* – автомобиль-цистерна с наклонной установкой цистерны; *в* – полуприцеп-цистерна несущей конструкции с наклонной установкой цистерны

В табл. 15.3 приведены основные технические данные автотопливозаправщиков (АТЗ). В обозначении автомобильного топливозаправщика указывается вместимость цистерны в м³ (АТЗ - 4,9).

Прицепы цистерны (ПЦ) и полуприцепы – цистерны (ППЦ) предназначены для транспортировки и кратковременного хранения светлых нефтепродуктов и рассчитаны на эксплуатацию в тех же дорожно-климатических условиях, что и базовый тягач.

Таблица 15.3

Технические данные топливозаправщиков на базе автомобилей

Базовое шасси	Вместимость цистерны , л	Время заполнения насосом, мин	Время слива самотеком, мин	Глубина всасывания , м
ГАЗ - 3307	4900	15	25	5
УРАЛ – 4320-10	6200	15	25	4,5
ЗИЛ - 433362	6500	15	25	4,5
КамАЗ-43101	7800	30	45	4,5
УРАЛ - 5557	8600	25	35	4,5
КамАЗ - 53212	11000	20	25	4,5
МАЗ – 5337	11000	25	45	5,5
УРАЛ – 4320 1912 - 30	11800	33	45	4,5
КамАЗ -53229	17000	45	65	4,5

В табл. 15.4 приведены характеристики цистерн, выполненных в виде прицепов и полуприцепов.

Таблица 15.4

Технические данные прицепов и полуприцепов - цистерн

Прицепы и полуприцепы-цистерны	Вместимость цистерны , л	Время слива насосом, мин	Время слива самотеком, мин	Скорость транспортирования, км/ч
ПЦ – 6,2 - 1	6200	–	25	85
ПЦ – 8,5 - 1	8500	–	30	85
ПЦ – 10,7 - 1	10700	–	35	80

ППЦ – 17 - 2	17000	48	35	80
ППЦ – 24 - 3	24000	35	–	80
ППЦ – 30 - 3	30000	40	–	90
ППЦ – 40 - 4	40000	27	30	80

15. 6. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом

15.6.1. Общие положения

Настоящие Правила [33] устанавливают порядок перевозки опасных грузов автомобильным транспортом на территории Российской Федерации по улицам городов и населенных пунктов, автомобильным дорогам общего пользования, а также ведомственным и частным дорогам, не закрытым для общего пользования, вне зависимости от принадлежности опасных грузов и транспортных средств, перевозящих эти грузы. Правила обязательны для всех организаций, а также индивидуальных предпринимателей.

Международные перевозки опасных грузов, в том числе экспортно-импортные и транзитные перевозки опасных грузов по территории Российской Федерации, осуществляются с соблюдением норм и правил, установленных международными конвенциями и межправительственными соглашениями, участницей которых является Российская Федерация. При осуществлении международных перевозок опасных отходов рекомендуется руководствоваться требованиями "Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалений" от 22 марта 1989 года.

В настоящих Правилах (из большого перечня опасных веществ) к опасным грузам относятся только нефть и нефтепродукты (жидкие и газообразные), которые в силу присущих им свойств и особенностей могут при их перевозке создавать угрозу для жизни и здоровья людей, нанести вред окружающей природной среде, привести к повреждению или уничтожению материальных ценностей.

Опасные грузы (нефтепродукты) по требованиям ГОСТ 19433-88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка" распределяются на следующие классы:

1. Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) – нефть, бензин, дизельное топливо, масла и другие нефтепродукты.
2. Газы, сжатые, сжиженные и растворенные под давлением.

Перевозка "особо опасных грузов" осуществляется в соответствии с настоящими Правилами и с соблюдением специальных требований по обеспечению безопасности, утверждаемыми в порядке, предусмотренном Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 апреля 1994 года № 372.

15.6.2. Организация перевозок

1. Лицензирование перевозок опасных грузов

Лицензирование (право, разрешение) перевозок опасных грузов осуществляется в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации о лицензировании.

2. Разрешительная система международных перевозок опасных грузов

Международные перевозки по территории Российской Федерации опасных грузов в виде нефти, жидких и газообразных нефтепродуктов, перевозимых в цистернах, съемных контейнерах-цистернах, батареях сосудов общей вместимостью более 1000 литров, осуществляются по специальным разрешениям, выдаваемым Министерством транспорта Российской Федерации. Разрешение введено в действие с 3 декабря 1999 года приказом Минтранса России № 77 от 14 октября 1999 года.

Свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов выдается подразделениями ГИБДД МВД России по месту регистрации транспортного средства после технического осмотра транспортного средства.

3. Разрешительная система на перевозку «особо опасных грузов»

При перевозке автомобильным транспортом «особо опасных грузов» грузоотправитель (грузополучатель) должен получить разрешение на перевозку от органов внутренних дел по месту его нахождения.

Для получения разрешения на перевозку «особо опасных грузов» грузоотправитель (грузополучатель) подает в органы внутренних дел по месту приема груза к перевозке **заявление** с указанием в нем наименования опасного груза, количества предметов и веществ, маршрута перевозки, лиц, ответственных за перевозку.

К заявлению прилагаются следующие документы:

- *аварийная карточка системы информации об опасности* (указывается код экстренных мер (КЭМ) при пожаре или утечке (4Э - применять при пожаре пену, с необходимой эвакуацией людей); класс опасности груза (3 для нефтепродуктов); номер по списку ООН (для дизельного топлива 1202); указывается пожарная и взрывная опасность нефтепродукта; опасность для человека; огнегасительные средства; меры первой помощи и индивидуальные средства защиты);
- *маршрут перевозки*, разработанный автотранспортной организацией и согласованный с грузоотправителем (грузополучателем);
- свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов.

Всего количество веществ, указанных в Правилах перевозки опасных грузов, 1450. Каждому опасному веществу по ООН присвоен номер. Например, нефть – 1270, бензин автомобильный – 1203, дизельное топливо – 1202, керосин – 1223, лигроин – 1255, спирты – 1105, метан – 1971, этилен сжатый – 1962, газы сжиженные или сжатые – 1954.

Класс опасности всех жидких нефтепродуктов – 3, а газов – 2. Наивысшую опасность имеют взрывчатые вещества (динамит, порох). Их класс опасности 1.

Отметку о разрешении транспортировки «особо опасного груза» производят на бланке маршрута перевозки (в правом верхнем углу) с указанием срока действия разрешения.

Разрешение выдается на одну или несколько идентичных перевозок, а также на партию грузов, перевозимых по установленному маршруту, на срок не более 6 месяцев.

Перевозка «особо опасных грузов» допускается при надлежащей охране и обязательно в сопровождении специально ответственного лица – представителя грузоотправителя (грузополучателя), знающего свойства опасных грузов и умеющего обращаться с ними.

В тех случаях, когда по договору перевозки грузов автомобильным транспортом сопровождение опасного груза возлагается на водителя автомобиля, последний должен быть проинструктирован грузоотправителем (грузополучателем) перед отправкой груза по правилам обращения и перевозки его.

4. Оформление перевозок

Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом осуществляется *на основании договора перевозки*, заключаемого в соответствии с действующим законодательством.

5. Подготовка персонала

За подбор лиц для сопровождения опасных грузов и их инструктаж ответственность несут *руководители автотранспортных организаций*.

В обязанности ответственного лица за сопровождение груза во время транспортировки входят:

- сопровождение и обеспечение охраны груза от места отправления до места назначения;
- инструктаж сотрудников охраны и водителей автомобилей;
- внешний осмотр (проверка правильности упаковки и маркировки груза) и приемка опасных грузов в местах получения груза;
- наблюдение за погрузкой и креплением груза;
- соблюдение правил безопасности во время движения и стоянок автомобилей;
- организация мер личной безопасности персонала, осуществляющего перевозку, и общественной безопасности;
- сдача грузов по прибытии на место назначения.

6. Выбор и согласование маршрута перевозки

Разработка маршрута транспортировки опасных грузов осуществляется автотранспортной организацией, выполняющей эту перевозку.

Выбранный маршрут подлежит обязательному согласованию с подразделениями ГИБДД МВД России в следующих случаях:

- при перевозке «особо опасных грузов»;
- при перевозке опасных грузов, выполняемой в сложных дорожных условиях (по горной местности, в сложных метеорологических условиях (гололед, снегопад), в условиях недостаточной видимости);
- при перевозке, выполняемой колонной более 3-х транспортных средств, следующих от места отправления до места назначения.

При разработке маршрута транспортировки автотранспортная организация должна руководствоваться следующими основными требованиями:

- вблизи маршрута транспортировки не должны находиться важные крупные промышленные объекты;
- маршрут транспортировки не должен проходить через зоны отдыха, архитектурные, природные заповедники;
- на маршруте транспортировки должны быть предусмотрены места стоянок транспортных средств и заправок топливом.

Маршрут транспортировки не должен проходить через крупные населенные пункты. В случае необходимости перевозки опасных грузов внутри крупных населенных пунктов, маршруты движения не должны проходить вблизи зрелищных, культурно-просветительных, учебных, дошкольных и лечебных учреждений.

Для согласования маршрута транспортировки опасных грузов автотранспортная организация обязана не менее чем за 10 суток до начала перевозки представить в территориальные подразделения ГИБДД МВД России следующие документы:

- разработанный маршрут перевозки по установленной форме в 3-х экземплярах;
- свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов;
- для «особо опасных грузов» дополнительно – специальную инструкцию на перевозку опасного груза, представленную грузоотправителем (грузополучателем), и разрешение на транспортировку грузов, выданное органами МВД Российской Федерации по месту нахождения грузоотправителя (грузополучателя).

Маршруты перевозок согласовываются с подразделениями ГИБДД МВД России, на обслуживаемой территории которых находятся автотранспортные организации, осуществляющие перевозки опасных грузов, или в которых временно стоят на учете транспортные средства, перевозящие опасные грузы:

- при прохождении маршрута в пределах одного района, города – с подразделением Госавтоинспекции органа внутренних дел данного района, города;
- при прохождении маршрута в пределах одного субъекта Российской Федерации – с подразделением ГИБДД МВД, ГУВД, УВД данного субъекта Российской Федерации;
- при прохождении маршрута по автомобильным дорогам нескольких субъектов Российской Федерации – с подразделениями

ГИБДД МВД, ГУВД, УВД соответствующих субъектов Российской Федерации.

Согласованный с подразделениями ГИБДД МВД России маршрут транспортировки действителен на срок, указанный в разрешении. В случаях, когда такой срок не указан, опасный груз может перевозиться по согласованному маршруту в течение 6 месяцев со дня согласования.

В случае возникновения обстоятельств, требующих изменения согласованного маршрута, автотранспортная организация обязана согласовать новый разработанный ею маршрут на перевозку опасных грузов в тех подразделениях ГИБДД МВД России, где производилось согласование первоначального маршрута.

В этом случае автотранспортная организация оповещает о сроках проведения транспортировки и всех непредвиденных изменениях, возникших на пути следования опасного груза, соответствующие подразделения ГИБДД МВД России, расположенные по маршруту.

Первый экземпляр согласованного маршрута перевозки хранится в ГИБДД МВД России, второй – в автотранспортной организации, третий – находится во время перевозки груза у ответственного лица, а при его отсутствии – у водителя.

7. Принятие опасных грузов к перевозке

Принятие опасных грузов к перевозке и сдача их грузополучателю производится по весу, а затаренных – по количеству грузовых мест.

Принятие опасного груза к перевозке осуществляется автотранспортной организацией при предъявлении грузоотправителем паспорта безопасности вещества по ГОСТ Р 50587-93 "Паспорт безопасности вещества (материала). Основные положения. Информация по обеспечению безопасности при производстве, применении, хранении, транспортировании, утилизации".

При принятии опасных грузов к перевозке водитель должен проверить наличие на таре специальной маркировки, которая проводится в соответствии с ГОСТ 19433-88 и ДОПОГ (европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов).

8. Организация системы информации об опасности (СИО)

Система информации об опасности (СИО) включает в себя следующие основные элементы:

– **информационные таблицы** для обозначения транспортных средств (размер таблицы 690 x 300 мм, в которой указывается код экстренных мер (КЭМ), например, при тушении пожара, который произошел при возгорании перевозимого дизельного топлива (4Э); номер опасного груза по ООН (1202 для дизельного топлива); знак опасности (пламя, красные полосы огня с белой серединой);

– **аварийную карточку** для определения мероприятий по ликвидации аварий или инцидентов и их последствий;

– **информационную карточку** для расшифровки кода экстренных мер, указанных на информационной таблице;

– **специальную окраску и надписи на транспортных средствах.**

Организация СИО в соответствии с требованиями настоящих Правил возлагается на автотранспортные организации, выполняющие перевозки опасных грузов, и грузоотправителей (грузополучателей).

Практические мероприятия по обеспечению СИО осуществляются автотранспортными организациями совместно с грузоотправителями (грузополучателями).

Информационные таблицы СИО изготавливаются организациями-изготовителями опасных грузов и представляются автотранспортным организациям для установки спереди и сзади транспортного средства на специальных приспособлениях.

Информационные таблицы (690 x 300) для обозначения перевозимого опасного груза транспортным средством должны изготавливаться по размерам, с соблюдением следующих требований (рис. 15.4);

– общий фон таблицы белый;

– фон граф "КЭМ" и "ООН №" оранжевый;

– рамка таблицы, линии разделения граф, цифры и буквы текста выполняются черным цветом;

– наименование граф (КЭМ, ООН №) и надпись в знаке опасности "Едкое вещество" выполняются белым цветом;

– рамка знака опасности наносится линией черного цвета толщиной не менее 5 мм на расстоянии 5 мм от кромок знака;

– толщина букв в графах "КЭМ" и "ООН №" равна 15 мм, а на знаке опасности не менее 3 мм;

– рамка и разделительные линии таблицы наносятся толщиной, равной 15 мм;

– написание буквенно-цифрового кода экстренных мер производится в любом порядке букв и цифр.

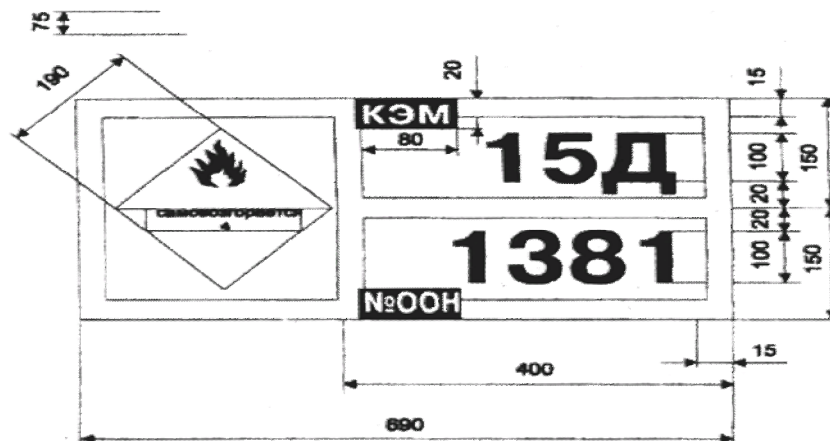


Рис. 15.4. Вид информационной таблицы

Аварийная карточка системы информации об опасности заполняется организацией-изготовителем опасного груза по единой форме и прилагается в дополнение к путевому листу.

Аварийная карточка должна находиться у водителя транспортного средства, перевозящего опасные грузы. В случае сопровождения опасного груза ответственным лицом – представителем грузоотправителя (грузополучателя).

Информационная карточка СИО изготавливается из плотной бумаги размером 130 мм на 60 мм. На лицевой стороне карточки дается расшифровка информационных таблиц, а на оборотной стороне приведены образцы знаков опасности по ГОСТ 19433-88.

Цифрами обозначен код экстренных мер (КЭМ) при пожаре и утечке, а также информации о последствиях попадания вредных веществ в сточные воды.

Буквами обозначен код экстренных мер (КЭМ) при защите людей. Выбор букв проведен по начальным буквам наиболее характерных слов применяемого кода:

Д – необходим **ДЫХАТЕЛЬНЫЙ** аппарат и защитные перчатки;

П – необходим дыхательный аппарат и защитные перчатки, только при **ПОЖАРЕ**; К – необходим полный защитный **КОМПЛЕКТ** одежды и дыхательный аппарат; Э – необходима **ЭВАКУАЦИЯ** людей.

В случае возникновения инцидента при перевозке опасных грузов мероприятия по ликвидации инцидента и его последствий осуществляются согласно указаниям, приведенным в аварийной карточке, или коду экстренных мер по информационной таблице СИО.

Полная идентификация перевозимого опасного груза осуществляется согласно нумерации по списку ООН, имеющейся в информационной таблице и аварийной карточке системы информации об опасности, а также в заявке (разовом заказе) на перевозку этого груза.

Кузова транспортных средств, автоцистерны, прицепы и полуприцепы-цистерны, постоянно занятые на перевозках опасных грузов, должны быть окрашены в установленные для этих грузов опознавательные цвета и иметь соответствующие надписи:

– *при перевозке метанола* транспортное средство (цистерна) окрашивается в оранжевый цвет с черной полосой и оранжевой надписью по обечайке "Метанол – яд!";

– при перевозке веществ, выделяющих при взаимодействии с водой легковоспламеняющиеся газы, транспортное средство окрашивается в синий цвет и наносится надпись "Огнеопасно";

– при перевозке самовозгорающихся веществ нижняя часть транспортного средства (цистерны) окрашивается в красный цвет, верхняя – в белый и наносится надпись черного цвета "Огнеопасно";

– *при перевозке легковоспламеняющихся* веществ транспортное средство (цистерна) окрашивается в оранжевый цвет и наносится надпись "Огнеопасно";

– при перевозке веществ, поддерживающих горение, транспортное средство (цистерна) окрашивается в желтый цвет и наносится двойная надпись

«Огнеопасно»

«Едкое

вещество»;

– при перевозке едких веществ, транспортное средство (цистерна) окрашивается в желтый цвет с черной полосой по обечайке, на которую наносится надпись желтым цветом "Едкое вещество".

Высота букв и надписей, наносимых на транспортные средства, перевозящие опасные грузы, должна быть не менее 150 мм, черного цвета.

9. Проведение погрузочно-разгрузочных работ

Контроль за погрузочно-разгрузочными операциями опасных грузов на транспортные средства ведет ответственное лицо – представитель грузоотправителя (грузополучателя), сопровождающий груз.

Загрузка транспортного средства допускается до использования его полной грузоподъемности. При перевозке «особо опасных грузов» загрузка транспортного средства производится в объеме и порядке, оговоренных в специальных инструкциях, разрабатываемых организациями-изготовителями.

Погрузка, разгрузка и крепление опасных грузов на транспортном средстве осуществляются силами и средствами грузоотправителя (грузополучателя), с соблюдением всех мер предосторожности, не допуская толчков, ударов, чрезмерного давления на тару, с применением механизмов и инструментов, не дающих при работе искр.

Погрузочно-разгрузочные работы с опасными грузами производятся при выключенном двигателе автомобиля, и водитель должен находиться за пределами установленной зоны погрузки-разгрузки, если это оговорено в инструкции грузоотправителя, исключением являются случаи, когда приведение в действие грузоподъемных или сливных механизмов, установленных на автомобиле, обеспечивается при работающем двигателе.

Присутствие посторонних лиц на постах, отведенных для погрузки-разгрузки опасных грузов, не разрешается.

Запрещается производство погрузочно-разгрузочных работ с взрывными и огнеопасными грузами **во время грозы**.

Использование грузозахватных устройств погрузочно-разгрузочных механизмов, создающих опасность повреждения тары и произвольное падение груза, не допускается.

Перемещение бочек с опасными грузами в процессе погрузочно-разгрузочных операций и выполнения складских работ может осуществляться только по специально устроенным подкладкам, трапам и настилам.

Места (посты) для погрузки, выгрузки и перегрузки опасных грузов, а также места для стоянки автомобилей выбираются с таким учетом, чтобы они были не ближе 125 м от жилых и производственных строений, грузовых складов и не ближе 50 м от магистральных дорог.

При гололеде территория постов погрузки-разгрузки опасных грузов должна быть посыпана песком.

Заправка автомашин, груженых горючими или взрывоопасными грузами на АЗС общего пользования или ПАЗС, производится на специально оборудованной площадке, расположенной на расстоянии не менее 25 м от территории АЗС. Нефтепродукты отпускаются АЗС в металлические канистры (Правила технической эксплуатации стационарных и передвижных АЗС, утвержденные «Госкомнефтепродуктом» РСФСР 15.04.81).

10. Движение транспортных средств

Ограничение скорости движения автотранспортных средств при перевозке опасных грузов устанавливается ГИБДД МВД России с учетом конкретных дорожных условий при согласовании маршрута перевозки. Если согласование маршрута с органами ГИБДД МВД России не требуется, то скорость движения устанавливается согласно Правилам дорожного движения и должна обеспечивать безопасность движения и сохранность груза.

В случае ограничения скорости движения знак с указанием допустимой скорости должен быть установлен на транспортном средстве в соответствии с Правилами дорожного движения.

При перевозке опасных грузов колонной автомобилей должны соблюдаться следующие требования:

- при движении по ровной дороге дистанция между соседними транспортными средствами должна быть не менее 50 м;
- в горных условиях – при подъемах и спусках – не менее 300 м;
- при видимости менее 300 м (туман, дождь, снегопад) перевозка некоторых опасных грузов может быть запрещена. Об этом должно быть указано в условиях безопасности перевозки опасных грузов.

Ответственное лицо за перевозку из числа представителей грузоотправителя-грузополучателя (старший по колонне) обязано находиться в кабине первого автомобиля, а в последнем автомобиле с грузом должен находиться один из представителей (подразделения) охраны, выделяемой грузоотправителем-грузополучателем, если охрана предусмотрена при данной перевозке.

При перевозке «особо опасных грузов» стоянки для отдыха водителей в населенных пунктах запрещены. Стоянки разрешаются в специально отведенных для этого местах, расположенных не ближе чем в 200 м от жилых строений и мест скопления людей.

При остановке или стоянке транспортного средства должен быть обязательно включен стояночный тормоз, а на уклоне дополнительно установлен противооткатный упор.

Порядок остановок и стоянок (в том числе и в случае ночлега) транспортных средств, перевозящих опасные грузы, указывается в условиях безопасной перевозки.

Запас хода автомобилей, перевозящих опасный груз, без дозаправки топливом в пути должен быть не менее 500 км. В случае перевозки опасных грузов на расстояние 500 км и больше автомобиль должен оборудоваться запасным топливным баком и заправляться из передвижной автозаправочной станции (АЗС), установка дополнительного топливного бака должна согласовываться с подразделением ГИБДД МВД России по месту регистрации транспортного средства,

о чем делается пометка в регистрационном документе. Заправка топливом производится в местах, отведенных для стоянок.

Перевозка «особо опасных грузов» осуществляется с автомобилем сопровождения, оборудованным *проблесковым маячком* оранжевого и желтого цветов. При необходимости такие транспортные средства могут сопровождаться патрульным автомобилем ГИБДД МВД России. Выделение автомобиля сопровождения обязательно при перевозках «особо опасных грузов», осуществляемых колонной транспортных средств.

Конкретно в каждом случае необходимость выделения и вид сопровождения при перевозке "особо опасных грузов" определяются ГИБДД МВД России при согласовании маршрута.

Автомобиль сопровождения должен двигаться впереди колонны транспортных средств с опасными грузами. При этом по отношению к движущемуся за ним транспортному средству автомобиль сопровождения должен двигаться уступом с левой стороны, с тем чтобы его габариты по ширине выступали за габариты сопровождаемых транспортных средств.

Автомобиль сопровождения оборудуется *проблесковым маячком* желтого цвета, включение которого является дополнительным средством информации для предупреждения других участников дорожного движения, но не дает права преимущественного проезда.

На автомобилях сопровождения и транспортных средствах, осуществляющих перевозку опасных грузов, даже в дневное время должны быть *включены фары ближнего света*.

Порядок движения автомобилей сопровождения и способы информации других участников дорожного движения об осуществлении перевозки опасных грузов указываются ГИБДД МВД России в разделе "Особые условия движения" бланка согласования маршрута.

При перевозке «особо опасных грузов» колонной, состоящей из 5 и более автомобилей, в ее составе обязательно наличие резервного порожнего транспортного средства, приспособленного для перевозки данного вида груза. Резервное транспортное средство должно следовать в конце колонны.

Порядок сопровождения колонны патрульными автомобилями ГИБДД МВД России при прохождении маршрута перевозки по территории двух или более субъектов Российской Федерации определяется органом ГИБДД МВД России, с которым согласован маршрут движения.

11. Совместная перевозка опасных грузов различных классов и опасных грузов с грузами общего назначения

Совместная перевозка различных классов опасных грузов на одном транспортном средстве (в одном контейнере) разрешается только в пределах правил допустимой совместимости.

12. Перевозка, очистка и ремонт порожней тары

Перевозка неочищенной после транспортировки опасного груза порожней тары производится в том же порядке, что и перевозка данного опасного груза.

В товарно-транспортной накладной на перевозку порожней тары делается отметка красным цветом, какой опасный груз находился до этого в перевозимой таре.

Очистка порожней тары производится силами и средствами грузоотправителя (грузополучателя) с соблюдением мер безопасности и индивидуальной защиты.

Перевозка тары после ее полной очистки осуществляется на общих основаниях как неопасный груз, при этом в товарно-транспортной накладной грузоотправителем (грузополучателем) делается отметка красным цветом "Тара очищена".

13. Ликвидация последствий аварий или инцидентов

Организации-грузоотправители (грузополучатели) разрабатывают планы действий в аварийной ситуации с вручением его водителю (сопровождающему) на каждую перевозку, выделяют для практической работы по ликвидации последствий аварий или инцидентов аварийные бригады и организуют с ними соответствующую подготовку.

В плане действий в аварийной ситуации по ликвидации последствий аварий или инцидентов устанавливается порядок оповещения, прибытия, действия аварийной бригады и другого обслуживающего персонала, перечень необходимого имущества и инструмента и технология их использования в процессе ликвидации последствий аварий и инцидентов.

В случае дорожно-транспортного происшествия ответственное лицо за перевозку опасного груза руководит действиями водителя и лиц охраны (если они имеются), информирует подразделение ГИБДД МВД России и при необходимости вызывает аварийную бригаду.

Аварийная бригада, прибывшая на место аварии или инцидента, в ходе ликвидации его последствий должна принять все меры предосторожности и индивидуальной защиты, перечисленные в аварийной карточке СИО.

Действия аварийной бригады на месте происшествия аварии или инцидента включают:

- обнаружение и удаление поврежденной тары или рассыпанного (разлитого) опасного груза;
- оказание первой медицинской помощи пострадавшим;
- обеспечение в случае необходимости эвакуации водителей и обслуживающего данную перевозку персонала;
- проведение дезактивации, дезинфекции;
- обезвреживание спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- оповещение грузоотправителя и грузополучателя о случившихся авариях или инцидентах.

Примечание. Образцы оформления необходимых документов для перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте приводятся в приложении Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом [33] (Приказ № 77 Минтранса России от 14 октября 1999 г). К документам относятся –свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов, бланк маршрута пе-

ревозки опасного груза, аварийная карточка системы информации об опасности перевозимого груза, информационная карточка с расшифровкой кода экстренных мер при пожаре или взрыве.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества и недостатки трубопроводного транспорта?
2. Схемы трубопроводного транспорта.
3. Дайте характеристику магистральных труб и центробежных насосов.
4. Особенности перевозки нефтепродуктов железнодорожным и водным транспортом.
5. Схемы установок цистерн на шасси автомобилей.
6. Какие вещества являются опасными и особоопасными грузами?
7. В информационной таблице указывается номер опасного груза по ООН, знак опасности и КЭМ (код экстренных мер). Что указывается в поле информационной таблицы, где располагается данные КЭМ?
8. Что указывается в аварийной карточке перевозимого опасного груза?
9. Какие документы входят в систему информации об опасности (СИО)?
10. В каких местах автомобиля укрепляются информационные таблицы, характеризующие опасность перевозимого груза?
11. Какие документы должен иметь водитель, перевозимый опасный груз?
12. Схемы установок цистерн на шасси автомобилей.
13. Технические данные прицепов и полуприцепов-цистерн.

16. ХРАНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И СНИЖЕНИЕ ИХ ПОТЕРЬ

16. 1. Потери нефтепродуктов от испарения

Экономия топлива заключается в сокращении потерь при перевозке, перекачке, хранении на складах, при заправке техники топливом.

Потери нефтепродуктов могут быть **количественные и качественные**. Количественные потери увеличивают расход нефтепродуктов, повышают стоимость эксплуатации машин, качественные – изменяют физико-химические свойства нефтепродуктов.

Количественные потери наблюдаются при разливе, разбрызгивании и утечках нефтепродуктов, через краны, фланцевые и муфтовые соединения на всех этапах транспортировки, хранения, заправки и применения.

Нефтепродукты в зависимости от испарения, обуславливающих их естественную убыль, распределены на семь групп. К первой

группе относят растворители, далее бензины авиационные и автомобильные, керосины, дизельные топлива, масла, мазуты, битумы.

Потери нефтепродуктов от испарения происходят при хранении, отпуске и приёмке, перевозках, заправках и других операциях, и они составляют до 75 % от общих потерь. В резервуарах, заполненных нефтепродуктами, происходят сложные процессы испарения и смешения с воздухом.

Потери нефтепродуктов зависят от давления насыщенных паров, при котором жидкость и газ находятся в термодинамическом равновесии (газ не конденсируется, жидкость не испаряется). Давление насыщенных паров – это давление над поверхностью жидкости, при котором при данной температуре она начинает кипеть или переходить из жидкого состояния в газообразное. При малых значениях давления насыщенных паров потери топлива от испарения снижаются. При отрицательной температуре окружающей среды давление насыщенных паров уменьшается. В табл. 16.1 приведены значения давления насыщенных паров для газообразных и жидких углеводородов в зависимости от температуры.

При нормальных атмосферных условиях пропан и бутан это газы, а циклопентан, гексан, бензин – жидкости. Если в углеводородной молекуле до 4 атомов углерода – это газ, а 5 и более – жидкость. Газы при повышении давления выше значений, указанных в табл. 16.1, превращаются в жидкость, а жидкости (циклопентан, гексан, бензин) при снижении давления превращаются в газ.

Пропан-бутановую смесь хранят в жидком состоянии в баллонах под давлением 1,6 МПа. При снижении давления жидкая смесь переходит в газообразное состояние. Газ поступает в камеру сгорания, например, двигателя внутреннего сгорания и, смешиваясь с воздухом, образует горючую смесь. Смесь воспламеняется от искры, сгорает с повышением температуры и давления, совершая работу.

Таблица 16.1

Давление насыщенных паров

Температура, °С	Давление, МПа				
	Пропан C ₃ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Циклопентан C ₅ H ₁₀	Гексан C ₆ H ₁₄	Бензин Аи-80
плюс 40	1,6	0,4	0,11	0,037	0,065
плюс 20	1,0	0,2	0,055	0,016	0,04

0	0,6	0,1	0,023	0,003	0,02
минус 20	0,3	0,05	–	–	0,006
минус 40	0,2	0,025	–	–	0,0

Потери жидкого топлива неизбежны при так называемых «дыханиях» резервуаров [12, 26]. Различают малые «дыхания», наблюдаемые из-за разности температур дня и ночи, и большие «дыхания», например при наполнении резервуаров нефтепродуктами.

В резервуаре, имеющем некоторое количество продукта, газовое пространство заполнено паровоздушной смесью. Количество нефтепродукта (массовое) в этой паровоздушной смеси равно

$$M = \rho_n \cdot V, \quad (16.1)$$

где ρ_n – плотность паров нефтепродукта (0,3 – 0,7 кг/м³);

V – объём газового пространства, м³.

Всякое выталкивание паровоздушной смеси из газового пространства резервуара в атмосферу сопровождается потерями нефтепродукта. Они происходят по следующим причинам:

1. **Потери от вентиляции газового пространства.** Если в крыше резервуара имеются в двух местах отверстия, расположенные на некотором расстоянии H по вертикали, то более тяжелые бензиновые пары будут выходить через нижнее отверстие, а атмосферный воздух будет входить через верхнее отверстие. Установится естественная циркуляция воздуха и бензиновых паров в резервуаре, образуются так называемые газовые сифоны.

Объёмная потеря газа в единицу времени (м³/с) в результате работы газового сифона определится уравнением

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P}{\rho_c}}, \quad (16.2)$$

где μ – коэффициент расхода отверстия; F – площадь отверстия, м²; ΔP – перепад давления в Н/м², под действием которого происходит истечение

$$\Delta P = H \cdot (\rho_c - \rho_g) \cdot g, \quad (16.3)$$

здесь H – высота между отверстиями, м; ρ_c и ρ_g – плотность, соответственно, паровоздушной смеси и воздуха (например, 1,6 и 1,2

кг/м³); g – ускорение свободного падения.

Потери от вентиляции могут происходить через открытые люки резервуаров путем простого выдувания бензиновых паров ветром. Поэтому люки необходимо тщательно герметизировать.

2. **Потери от больших «дыханий»** – это вытеснение паров нефтепродуктов из газового пространства закачиваемым нефтепродуктом. Нефтепродукт, поступая в резервуар, сжимает паровоздушную смесь до давления, на которое отрегулирован дыхательный клапан. Как только давление станет равным расчетному давлению дыхательного клапана (2000 Па), из резервуара будут выходить пары нефтепродукта, начнется большое «дыхание» («выдох»). Применение дыхательных клапанов, которые поддерживают избыточное давление испарившегося нефтепродукта, снижают потери. Часть испарившихся фракций переходит в жидкое состояние и возвращается в первоначальное состояние.

При откачке нефтепродукта из резервуара происходит обратное явление: как только вакуум в резервуаре станет равным вакууму, на который установлен дыхательный клапан, в газовое пространство начнет входить атмосферный воздух – происходит «вдох».

3. **Потери от «обратного выдоха».** Вошедший в резервуар воздух начнет насыщаться парами нефтепродукта. Количество газов в резервуаре будет увеличиваться; поэтому по окончании «вдоха» спустя некоторое время из резервуара может произойти «обратный выдох» – выход насыщенной газовой смеси.

4. **Потери от насыщения газового пространства.** Если в пустой резервуар, содержащий только воздух, залить небольшое количество нефтепродукта, последний начнет испаряться и насыщать газовое пространство. При атмосферных условиях и молекулярной массе бензина, равной 110 кг/кмоль, в объеме 22,4 м³ плотностью испарившегося бензина составит 4,9 кг/м³.

5. **Потери от малых «дыханий»** происходят в результате:

5.1. Повышения температуры газового пространства в дневное время (при нагреве солнечными лучами). Паровоздушная смесь стремится расшириться, концентрация паров нефтепродукта повышается, давление растет. Когда давление в резервуаре станет равным давлению открытия дыхательного клапана, он откроется и из резервуара начинает выходить паровоздушная смесь – происходит «выдох». В ночное время из-за снижения температуры часть паров кон-

денсирована, паровоздушная смесь сжимается, в газовом пространстве создается вакуум, дыхательный клапан открывается и в резервуар входит атмосферный воздух – происходит «вдох».

5.2. Снижения атмосферного давления. При этом разность давлений в газовом пространстве резервуара и атмосферного может превысить перепад давлений, на который установлен дыхательный клапан, он откроется и произойдет «выдох» (барометрические малые «дыхания»). При повышении атмосферного давления может произойти «вдох».

Потери топлива при «малых дыханиях» зависят от объёма залитого топлива V_m , изменения температуры Δt и коэффициента объемного расширения β при изменении температуры на 1 °С. При повышении температуры объём нефтепродукта увеличивается и определяется по формуле

$$\Delta V = V_m \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t). \quad (16.4)$$

В результате увеличения объёма топлива на величину ΔV пары топлива, находящиеся в резервуаре, вытесняются в атмосферу, способствуя потерям нефтепродукта. В табл. 16.2 приведены значения коэффициента объемного расширения β при изменении температуры на 1 °С нефтепродуктов в зависимости от плотности при 20 °С.

Таблица 16.2

Зависимость коэффициента объемного расширения от плотности

Плотность	β	Плотность	β
0,72 – 0,74	0,001183	0,86 – 0,88	0,000782
0,74 – 0,76	0,001118	0,88 – 0,90	0,000734
0,76 – 0,78	0,001054	0,90 – 0,92	0,000688
0,78 – 0,80	0,000995	0,92 – 0,94	0,000645
0,80 – 0,82	0,000937	0,94 – 0,96	0,000604
0,82 – 0,84	0,000882	0,96 – 0,98	0,000564

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. Средняя температура парового пространства в резервуаре выше температуры наружного воздуха на 2 – 8 °С для вертикальных и на 1 – 10 °С для горизонтальных резервуаров. Потери топлива от «больших дыханий» (при

заполнении резервуара топливом) с 1 м^3 вытесняемой паровоздушной смеси могут составить летом до $0,7 \text{ кг}$, зимой – $0,4 \text{ кг}$.

Уменьшить потери от испарения при больших «дыханиях» резервуара можно проведением следующих мероприятий:

1. Уменьшением различных перекачек нефти внутри нефтебазы.

2. Заполнением резервуара снизу под уровень находящегося в резервуаре продукта, что снижает на $30 - 50 \%$ потери по сравнению с наливом открытой струёй сверху.

3. Установкой на крыше резервуаров возвращающих адсорбиров, в которые улавливается паровоздушная смесь.

4. Установкой газовых труб, с помощью которых соединяют между собой резервуары, предназначенные для хранения одного сорта нефтепродуктов (при заполнении одного резервуара паровоздушная смесь будет вытесняться в другой, а не теряться в атмосфере).

5. Запрещением проветривать резервуар перед заполнением.

В качестве примера рассмотрим расчет потерь бензина при различных способах налива цистерны АЦ – 8,5–255Б [38]. Эксплуатационный закачиваемый объём цистерны $V_{ЗАК}$ составляет $8,5 \text{ м}^3$ при диаметре $D = 1,22 \text{ м}$.

Давление насыщенных паров бензина $P_s = 32857 \text{ Па}$ (33 кПа), температура бензина 295 К , температура начала кипения 319 К , расход топлива при наливке $Q = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$. Налив ведется при атмосферном давлении, равном давлению в газовом пространстве $P_a = P_T = 101320 \text{ Па}$.

Решение. **Продолжительность налива цистерны равна** $V_{ЗАК} / Q$

$$\tau_H = \frac{8,5}{40} = 0,213 \text{ ч.} \quad (16.5)$$

Легкие фракции бензина из жидкого состояния переходят в газообразное, повышая его потери при хранении, сливе, наливке. При $25 \text{ }^\circ\text{C}$ в объёме равном 1 м^3 может находиться до $0,7 \text{ кг}$ испарившегося бензина.

Для определения плотности паров бензина ρ_y воспользуемся формулой Клапейрона – Менделеева (уравнение состояния газа)

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T, \quad (16.6)$$

где P – абсолютное давление, Н/м²; T – абсолютная температура, К; V – объём, м³; m – масса газа, кг; R – газовая постоянная, Дж/(кг · К).

Один кмоль паров бензина занимает объём, равный $V_\mu = 22,4$ м³. Для кмоль объёмом 22,4 м³ уравнение состояния газа примет вид

$$PV_\mu = m \cdot \frac{8314}{\mu} T. \text{ Откуда } \rho_y = \frac{P \cdot \mu}{8314 \cdot T}, \quad (16.7)$$

где μ – молекулярная масса легких фракций бензина (72 кг/кмоль); 8314 Дж/(кмоль · К) – универсальная газовая постоянная.

К легким фракциям бензина можно отнести пентан (C₅H₁₂) с молекулярной массой 72 кг/кмоль и температурой начала кипения 36 °С.

2. Плотность полностью испарившегося бензина, находящегося в воздухе, при температуре налива определим по формуле

$$\rho_y = \frac{101320 \cdot 72}{8314 \cdot 295} = 3 \text{ кг/м}^3.$$

При молекулярной массе бензина 120 кг/кмоль плотность его газовой фазы составит 5 кг/м³.

3. Потери нефтепродукта (бензина) при заполнении транспортной ёмкости определим по формуле

$$M_T = k_T \cdot V_{\text{зак}} \cdot \rho_y \cdot (P_s / P_T). \quad (16.8)$$

Величина коэффициента потерь топлива k_T , при заполнении цистерны сверху открытой струёй, зависит от времени заполнения, способа налива и определится выражением

$$k_T = (0,7 + \sqrt[3]{\tau_H})^{-1} = (0,7 + \sqrt[3]{0,213})^{-1} = 0,771; \quad (16.9)$$

$$M_T = 0,771 \cdot 8,5 \cdot 3 \cdot \frac{32857}{101320} = 6,30 \text{ кг}.$$

Плотность испарившегося топлива будет равна $6,3 / 8,5 = 0,74$ кг/м³.

При наливке бензина сверху или снизу закрытой струёй:

$$k_T = 0,85 \cdot \alpha_T \cdot \sqrt{\tau_H},$$

где α_T – коэффициент, учитывающий высоту H_E (равную диаметру) наливаемой ёмкости [38]:

$$\alpha_T = \begin{cases} 1 & \text{при } H_E \leq 1\text{ м;} \\ 1/H_E & \text{при } H_E > 1\text{ м,} \end{cases}$$

$$\alpha_T = \frac{1}{1,22} = 0,82; \quad k_T = 0,85 \cdot 0,82 \cdot \sqrt{0,213} = 0,322;$$

$$M_T = 0,322 \cdot 8,5 \cdot 3 \cdot \frac{32857}{101320} = 2,60 \text{ кг.} \quad (16.10)$$

Плотность топлива в газовой фазе будет равна $2,6 / 8,5 = 0,3$ кг/м³.

Из результатов расчёта видно, что по сравнению с наливом открытой струёй налив бензина под уровень (закрытой струёй) в рассматриваемом случае позволяет **сократить потери в 2,4 раза**.

Рекомендуется также проводить ряд других мероприятий для уменьшения потерь нефтепродуктов от испарения: хранение легкоиспаряющихся жидкостей в подземных резервуарах, в вертикальных наземных резервуарах, окрашенных в светлые цвета, отражающие солнечные лучи и обеспечивающие меньшее нагревание нефтепродукта.

Потери увеличиваются при большой поверхности испарения. Поэтому для уменьшения потерь выгоднее хранить нефтепродукт в большей ёмкости, чем в нескольких малых ёмкостях. Конструкция резервуара должна быть такой, чтобы при допустимой высоте налива свободная поверхность, граничащая с воздушной средой, была минимальной. Верхняя часть вертикального резервуара должна быть сходящей.

Качественные потери нефтепродуктов происходят при длительном хранении в результате внутренних химических превращений, от загрязнения и обводнения или их смешивании.

При хранении топлив при высокой температуре происходит интенсивное окисление с образованием смол. Окисление происходит под действием кислорода, которого в воздухе 21 % по объёму. При повышении температуры на 10 °С скорость окисления увеличивается в 3 раза.

В результате окисления октановые числа бензинов снижаются, уменьшается и теплотворная способность. Например, бензол C₆H₆ до

окисления имел теплотворную способность 43 МДж/кг, а после окисления кислородом (20 %) превратился в фенол C_6H_6O с теплотворной способностью 32 МДж/кг [24]. Чем больше окислено топливо, тем меньше в нём запаса теплоты.

На рис. 16.1 показано изменение теплотворной способности (Н) бензола в результате его окисления. Теплотворная способность – это количество теплоты в Дж, выделяющейся при полном сгорании одного кг топлива.

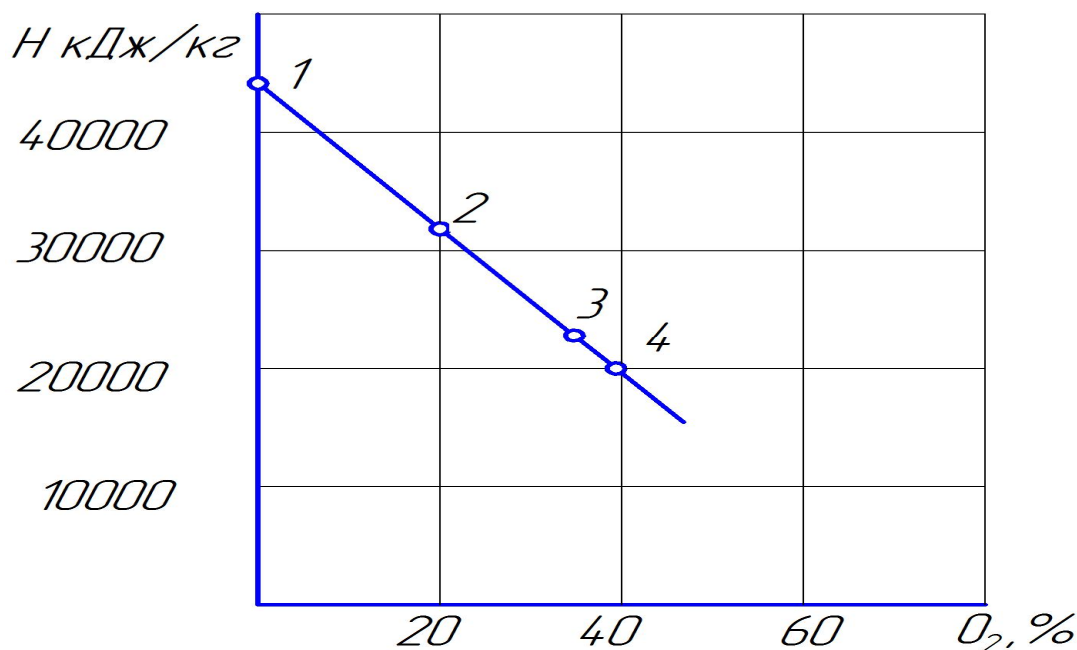


Рис. 16.1. Изменение теплотворной способности бензола C_6H_6 (точка 1) в зависимости от степени окисления:

2 – фенол C_6H_6O ; 3 – гидрохинон $C_6H_6O_2$; 4 – пирогаллол – $C_6H_6O_3$

Если бензин хранится в наземных резервуарах, то для уменьшения нагрева их окрашивают в белый цвет. Он отражает солнечные лучи от поверхности резервуара, и нагрев уменьшается. Черный цвет «притягивает» солнечные лучи, увеличивая нагрев.

В табл. 16.3 показано влияние цвета, применяемого при окраске резервуаров, на образование смолистых веществ (для различных сроков хранения нефтепродукта).

Таблица 16.3

Влияние цвета окраски резервуаров на образование смолистых веществ в топливе при его хранении, в мг на 100 см^3

Срок хранения нефтепродукта	Белый цвет	Черный цвет
Начало эксперимента	4	4
Срок хранения 2 месяца	5	6
Срок хранения 6 месяцев	10	25
Срок хранения 12 месяцев	20	60

От степени заполнения резервуара зависит содержание смол в топливе. Например, при полном заполнении резервуара и 25 % заполнении содержание смол за 10 месяцев хранения увеличилось, соответственно, в 4 и 20 раз. Увеличение содержания смол приводит к образованию нагара в цилиндрах двигателя.

Цвет резервуара влияет на потери бензина от нагрева лучами солнечного света и испарения. В табл. 16.4 указаны потери бензина за год хранения в зависимости от цвета резервуара.

Таблица 16.4

Потери бензина в зависимости от цвета резервуара

Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %	Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %
Черный	–	1,24	Голубой	0,85	0,56
Серый	0,47	1,03	Светло - кремевый	0,88	0,45
Алюминиевый	0,67	0,83	Белый	0,90	0,42

Срок хранения бензина зависит от индукционного периода, который представляет промежуток времени в минутах [15], в течение которого испытываемый бензин объёмом 100 см^3 , находящийся в замкнутой системе в среде кислорода при давлении 0,7 МПа и температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$, не подвергается окислению. Окисление начинается при снижении давления (масса кислорода уменьшается), контролируемого по манометру. По ГОСТ Р1105 – 97 индукционный период должен быть не менее 360 мин, что соответствует сроку хранения бензина до 6 месяцев. Допустимые сроки хранения нефтепродуктов приведены в табл. 16.5.

Таблица 16.5

Сроки хранения эксплуатационных материалов в центральной климатической зоне

Виды эксплуатационных материалов	Сроки хранения
Бензин – наземный резервуар	1 год
Бензин – заглубленный резервуар	1,5 года
Дизельное топливо	3 года
Масла всех типов, антифризы, тормозные жидкости	3 года
Пластичные смазки (Литол – 24)	5 лет

Срок хранения бензинов в южных районах снижается в 2 раза. Бензин нужно хранить в ёмкостях, залитых топливом до требуемого уровня. С одного квадратного метра поверхности можно потерять за месяц хранения следующее количество топлива:

Бензин: наземное хранение 2 кг;
заглубленное хранение 0,5 кг;
Дизельное топливо 0,01 кг;
Масла 0,06 кг;
Смазки 0,005 кг.

В табл. 16.6 указаны потери бензина за год в зависимости от степени заполнения резервуара.

Таблица 16.6

Влияние степени заполнения резервуара на потери бензина за год

Степень заполнения, %	Потери, % , в климатической зоне		Степень заполнения, %	Потери, % , в климатической зоне	
	средней	южной		средней	южной
90	0,3	0,4	60	1,6	2,3
80	0,6	0,9	40	3,6	5,2
70	1,0	1,5	20	9,6	13,9

16.2. Способы снижения потерь нефтепродуктов

16.2.1. Газовая обвязка резервуаров

Для дополнительного снижения потерь нефтепродуктов от испарения производят газовую обвязку резервуаров. Газовую обвязку целесообразнее выполнять с применением сборника конденсата (рис. 16.2). В этом случае необходимо, чтобы операция заполнения одних резервуаров совпадала по времени с опорожнением других. Паровоздушная смесь из заполняемых резервуаров не вытесняется в атмосферу, а поступает в опорожняемые резервуары [26]. Часть паровоздушной смеси конденсируется в сборнике δ .

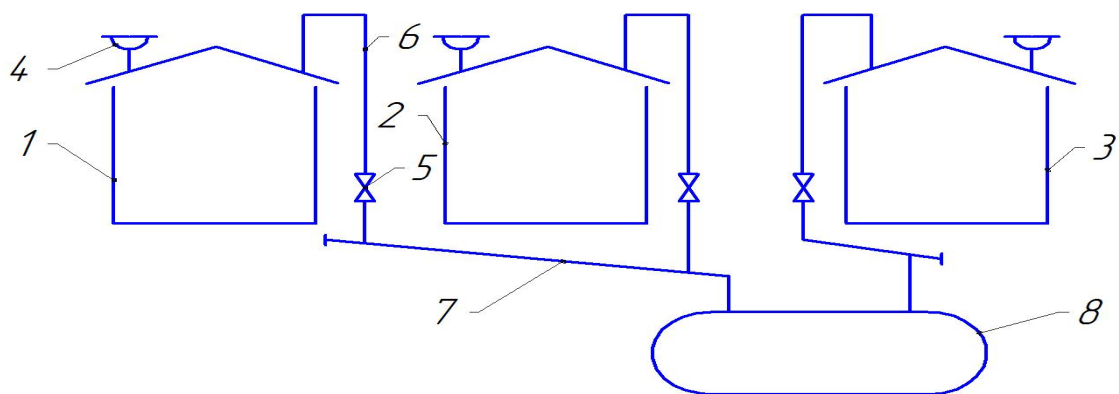


Рис. 16.2. Схема газовой обвязки со сборником конденсата:
 1, 2, 3 – резервуары с одинаковыми нефтепродуктами;
 4 – дыхательный клапан; 5 – задвижка; 6 – отвод;
 7 – коллектор; 8 – сборник конденсата

Газоуравнительная система отличается от газовой обвязки наличием сборника конденсата и газгольдера (рис. 16.3). Он служит для того, чтобы аккумулировать (накапливать) часть паровоздушной смеси при несовпадении операций закачки – выкачки. Благодаря этому сокращаются потери нефтепродуктов по сравнению с газовой обвязкой, изображенной на рис. 16.2. Газгольдер 3 (англ. *держатель газа*) – стационарное стальное сооружение для приёма и хранения газовых фракций нефтепродукта. Конструкция газгольдера может быть резиноканевой или синтетической.

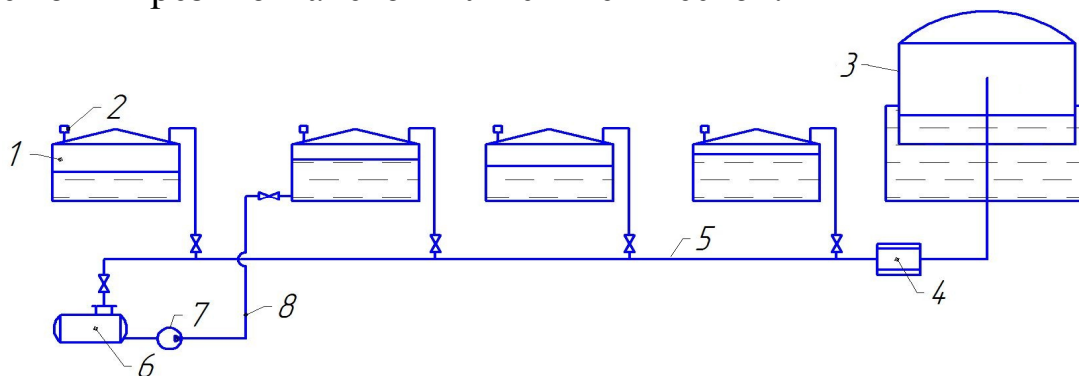


Рис. 16.3. Газоуравнительная система парка резервуаров:
 1 – резервуар; 2 – дыхательный клапан; 3 – газгольдер; 4 – регулятор давления; 5 – сборный газопровод; 6 – сборник конденсата;
 7 – насос для откачки конденсата; 8 – конденсатопровод

На рис. 16.4 показана система, которая накапливает паровоздушную смесь в мягких резервуарах-газгольдерах. При помощи

компрессора газообразная фаза преобразуется в жидкость и направляется в сборник конденсата. При помощи насоса конденсат откачивается в резервуар. В данной системе пары топлива не загрязняют окружающую среду, а полностью возвращаются в резервуар.



Рис. 16.4. Схема преобразования паровоздушной смеси в жидкость и ее возврат в резервуар

Для снижения потерь нефтепродуктов от испарения применяют плавающие понтоны, которые закрывают более 95 % поверхности («зеркала») нефтепродукта. Понтоны бывают металлические и синтетические.

Важным узлом понтона является уплотнительный затвор между ковром понтона и стенкой резервуара. Конструкция уплотнения может быть мягкой и жесткой. Мягкие затворы изготавливают в виде оболочек с наполнителями (жидкость, воздух), пористого эластичного материала или резиноканевых материалов (рис. 16.5).

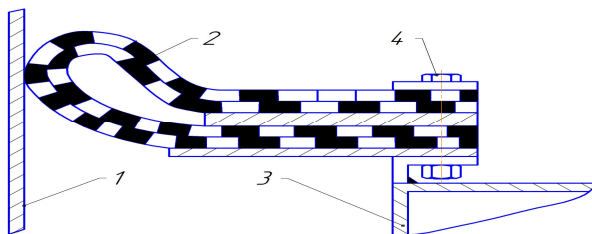


Рис. 16.5. Схема мягкого затвора петлевого типа:
1 – стенка резервуара; 2 – гибкий уплотнительный элемент;
3 – корпус понтона; 4 – детали крепления

16.2.2. Дыхательные клапаны резервуаров

Для снижения потерь топлива от испарения в резервуарах и поддержания допустимого давления устанавливают дыхательные клапаны, которые открываются при избыточном давлении 0,01 – 0,02 МПа в резервуарах ёмкостью до 40 м³ (автомобильные цистерны) и 0,001 – 0,002 МПа в стационарных резервуарах ёмкостью до 100 000 м³.

Конструктивные параметры механических дыхательных клапанов выбирают расчетным путем, уточняют в процессе доводки и регулировки.

Суммарная пропускная способность (м³/ч) для дыхательного клапана в процессе «выдоха» определяется выражением [26]:

$$Q = 2,71 \cdot Q_3 + k_1 \cdot V_P, \quad (16.11)$$

где Q_3 – расход закачиваемого нефтепродукта, м³/ч; $k_1 = 0,026 \text{ ч}^{-1}$ – поправка на изменение объёма паров нефтепродукта в резервуаре от повышения температуры окружающего воздуха; V_P – объём резервуара, м³.

При откачке нефтепродукта из резервуара или снижении температуры окружающего воздуха давление в резервуаре становится меньше атмосферного и резервуар сжимается. Для устранения этого отрицательного явления в дыхательных клапанах устанавливают клапан, который открывается при разрежении, например 200 Па.

Суммарную пропускную способность клапана вакуумметрического давления (м³/ч) находят из выражения

$$Q_B = Q_{OT} + k_2 \cdot V_P, \quad (16.12)$$

где Q_{OT} – расход откачиваемого нефтепродукта, м³/ч; $k_2 = 0,22 \text{ ч}^{-1}$ – поправка на изменение объёма паров нефтепродукта в резервуаре от понижения температуры окружающего воздуха.

Окончательный расчет дыхательного клапана завершается определением его проходного сечения F по формуле

$$F = Q/\vartheta, \quad (16.13)$$

где ϑ – допустимая скорость паров нефтепродукта или воздуха при «выдохе» или «вдохе» резервуара (1 – 2 м/с).

Определив площадь проходного сечения, находим его характерный диаметр из выражения

$$D_x = \sqrt{4F / \pi} . \quad (16.14)$$

В табл. 16.7 приведены характеристики дыхательных клапанов, применяемых в резервуарах. Давление открытия прямого клапана, работающего на «выдох», составляет 2000 Па, обратного – 200 Па [16].

Таблица

16.7

Техническая характеристика дыхательных клапанов

Дыхательный клапан	Характерный диаметр, мм	Пропускная способность, м ³ /ч	Типы резервуаров
КД- 100	100	50	РВС-100, 200, 300
КД - 150	150	100	РВС-400, 700, 1000
КД - 250	250	300	РВС-5000
НКДМ- 350	350	3000	РВС-10000

При необходимости на резервуар устанавливают несколько дыхательных клапанов и предохранительные клапаны, давление открытия которых на 10 % выше дыхательных.

Резервуары типа РВС (резервуары вертикальные стальные) сооружаются объемом от 100 до 100000 м³. Объем резервуаров может быть 100, 200, 300, 400, 700, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000, 15000, 20000, 30000, 40000, 50000, 100000 м³.

Непримерзающий мембранный дыхательный клапан [26] типа НКДМ (рис. 16.6) содержит соединительный патрубок 1 с седлом 2, тарелку 3 с нижней мембраной 4, зажатой между фланцами нижней 5 и верхней 6 частей корпуса, верхнюю мембрану 8 с дисками 9 и регулировочными грузами 10. Мембрана 8 закреплена в крышке 11, в которой имеются отверстия для сообщения камер под крышкой с атмосферой при помощи трубки 12. Диски 9 и тарелки 3 соединены цепочками 14. Мембранная камера через импульсную трубку 15 сообщается с газовым пространством резервуара. В нижней части корпуса размещён кольцевой огневой предохранитель 16. Для удобства обслуживания клапан имеет боковой люк 7. Амортизирующая пружина 13 предназначена для устранения колебаний затвора.

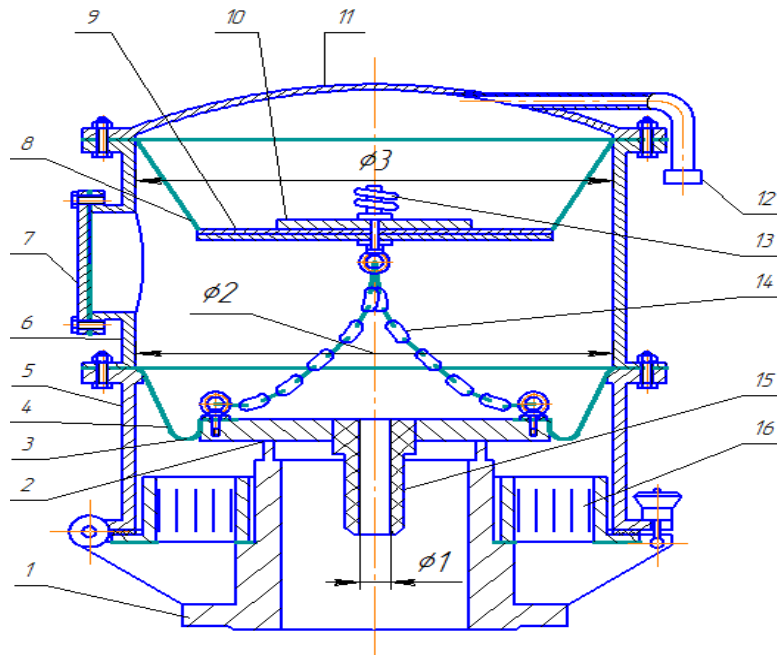


Рис. 16.6. Дыхательный клапан типа НДКМ - 350:

- 1 – соединительный патрубок; 2 – седло; 3 – тарелка; 4 – мембрана;
 5 – нижняя часть корпуса; 6 – верхняя часть корпуса; 7 – боковой люк;
 8 – верхняя мембрана; 9 – диски; 10 – регулировочные грузы;
 11 – крышка; 12 – трубка; 13 – амортизирующая пружина;
 14 – цепочки для соединения дисков; 15 – импульсная трубка;
 16 – огневой предохранитель в виде сетки

Мембрану изготавливают из бензостойкой прорезиненной ткани. Площадь нижней мембраны 4 меньше верхней 8 на величину площади отверстия импульсной трубки 15. Непримерзаемость тарелки к седлу обеспечивается покрытием соприкасающихся поверхностей фторопластовой плёнкой. Дыхательные клапаны устанавливают на резервуарах большой ёмкостью.

Клапан работает следующим образом. При создании в резервуаре и в межмембранной камере разрежения 200 Па, соответствующего пределу срабатывания клапана, тарелка 3 поднимается и в газовое пространство поступает атмосферный воздух. При достижении избыточного давления в резервуаре 2000 Па, сила давления на верхнюю мембрану, станет выше, чем на нижнюю мембрану. Если разность сил превышает вес тарелки 3 и диска 9 с грузом 10, то верхняя мембрана, прогибаясь вверх, увлечет за собой тарелку 3, открывая путь смеси в атмосферу.

16.2.3. Диски-отражатели и хлопуши

Для эффективной работы дыхательных клапанов они оборудуются дисками-отражателями (рис. 16.7). В процессе «вдоха» вертикальное движение воздушного потока переходит в горизонтальное. Вошедший воздух оттесняет пары нефтепродукта вниз, а сам занимает положение под кровлей [26]. Эффективность дисков – отражателей ограничивается временем, равным 20 – 30 часов с момента выкачки и закачки нефтепродукта. При увеличении указанного интервала в результате диффузии пары нефтепродуктов перемешиваются с воздухом, заполняя пространство резервуара, что приводит к потерям нефтепродукта при очередном его заполнении.

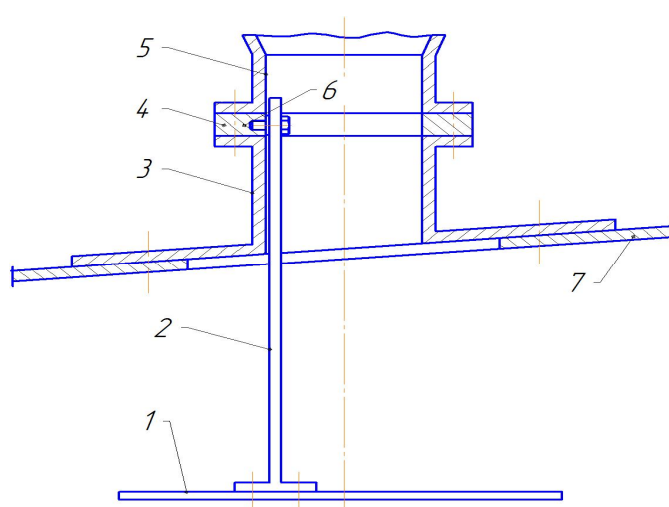


Рис. 16.7. Диск – отражатель:

- 1 – диск; 2 – стойка; 3 – монтажный патрубок; 4 – фланец;
5 – дыхательный клапан; 6 – болт для крепления
стойки к фланцу; 7 – крыша резервуара

Утечки светлых нефтепродуктов можно дополнительно снизить за счет применения хлопушек.

Хлопуши (хлопушки) устанавливаются внутри вертикальных резервуаров на приёмно-раздаточном патрубке и служат для налива и слива нефтепродуктов, и для дополнительной защиты от возможных утечек нефтепродукта из резервуара при неисправности запорной арматуры. Хлопуша имеет корпус с наклонным срезом (рис. 16.8), и плотно прилегающей к нему крышкой, соединенной с корпусом рычажным механизмом. При наполнении резервуара струя нефтепродукта, обладая энергией скорости и давлением, приподнимает крышку хлопуши. При остановке перекачки крышка хлопушки под дейст-

вием собственного веса опускается на свое место, плотно закрывая трубу.

При выдаче нефтепродукта из резервуара крышка хлопуши открывается принудительно при помощи вращающегося барабана с намотанным на него тросом.

Крышка хлопуши изготавливается из искробезопасного материала (алюминиевого сплава). Хлопуши с условным проходом 80 мм изготавливаются без перепуска нефтепродукта в полость между задвижкой и крышкой. Хлопуши с условным проходом более 80 мм изготавливают с перепуском нефтепродукта, что позволяет снизить усилие открытия крышки хлопуши.



Рис. 16.8. Общий вид хлопуши

Таким образом, потери нефтепродуктов можно уменьшить при использовании подземного хранения, окраски в белый цвет наземных резервуаров, использования понтонов, применения дыхательных клапанов, дисков-отражателей, полным (допустимым) заполнением резервуаров, высокой герметичностью резервуаров, дыхательных и предохранительных клапанов, устранением утечек топлива, применением газгольдеров и хлопушек.

Контрольные вопросы

1. Что такое количественные и качественные потери нефтепродуктов?
2. Какими способами уменьшают потери топлива при испарении?

3. *Что называют «малым» и «большим дыханием» ёмкости, заполненной топливом?*
4. *Что называют коэффициентом объёмного расширения?*
5. *В какой цвет окрашивают ёмкости при наружном хранении топлив?*
6. *Укажите сроки хранения нефтепродуктов.*
7. *Влияние цвета и уровня наполнения резервуаров на потери топлива при хранении.*
8. *Как определить потери топлива при различных способах налива?*
9. *В какой последовательности по потерям от испарения располагаются нефтепродукты?*
10. *Способы уменьшения потерь нефтепродуктов от испарения в резервуарах.*
11. *Назначение и принцип действия понтонов, дыхательных клапанов и хлопушек.*
12. *С какой целью применяют диски-отражатели?*
13. *Схемы газовых обвязок резервуаров и их назначение.*

17. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

В процессе изучения дисциплин «Химмотология», «Эксплуатационные материалы», для лучшего усвоения материала студент заочной формы обучения технических специальностей должен выполнить контрольную работу.

Выполняя контрольную работу, каждый студент отвечает на четыре вопроса. Вопросы разбиты по группам. Из каждой группы студент выбирает вопрос, номер которого совпадает с последним номером его зачётной книжки. Если последняя цифра зачётной книжки 15, студент отвечает на 1-й вопрос группы 1 и 2 и 5-й вопрос группы 3 и 4 (0 – это 10-й вопрос).

Ответы на вопрос должны быть полными, содержать необходимые схемы, рисунки, таблицы, формулы и составляться по материалам не только одного учебника или данного конспекта лекций, но и по дополнительным современным источникам.

При оформлении контрольной работы в начале ответа на вопрос полностью без изменения записывается сам вопрос. Ответы можно оформлять при помощи компьютерных программ и от руки на листах формата А4 с соблюдением требований ЕСКД.

Вопросы для выполнения контрольной работы

Группа 1

1. Алканы, их влияние на эксплуатационные свойства топлив.
2. Цикланы, их влияние на эксплуатационные свойства топлив.
3. Ароматические углеводороды, их влияние на эксплуатационные свойства топлив.
4. Строение углеводородов, изомерия углеводородов, предельные и непредельные углеводороды, их физические и химические свойства.
5. Свойства и состав нефти.
6. Прямая перегонка нефти.
7. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости.
8. Способы очистки нефтепродуктов.
9. Свойства топливосмазочных материалов и методы их оценки.
10. Способы получения моторных и трансмиссионных масел.

Группа 2

1. Химмотология, требования к двигателям, топливам и смазочным материалам.
2. Эксплуатационные требования к топливам.
3. Нормативные показатели качества бензинов, характеризующие их эксплуатационные свойства.
4. Нормативные показатели качества дизельных топлив, характеризующие их эксплуатационные свойства.
5. Ассортимент и отечественная маркировка бензинов.
6. Процесс сгорания бензинов, токсичность выхлопных газов.
7. Альтернативные топлива, краткая характеристика (сжиженные газы, водород, спирты, рапсовое масло).
8. Физические свойства жидкостей и газов.
9. Производство моторных масел, присадки к маслам, определение индекса вязкости.
10. Октановое число бензинов, цетановое число дизельных топлив. Методы определения.

Группа 3

1. Способы снижения потерь топлива при его хранении.
2. Охлаждающие жидкости.
3. Классификация, требования к эксплуатационным свойствам и состав смазочных масел (моторных и трансмиссионных).

4. Процесс сгорания дизельных топлив, токсичность выхлопных газов.
5. Ассортимент, требования и отечественная классификация моторных масел.
6. Классификация моторных масел по SAE и API.
7. Давление насыщенных паров, испаряемость топлив.
8. Требования к качеству и эксплуатационные свойства трансмиссионных масел.
9. Ассортимент и отечественная классификация трансмиссионных масел.
10. Классификация трансмиссионных масел по SAE и API.

Группа 4

1. Масла для гидромеханических передач автомобилей, назначение, условия работы, требования, ассортимент.
2. Масла для гидравлических систем автомобилей, назначение, условия работы, требования, ассортимент, маркировка.
3. Область применения, состав, требования к качеству пластичных смазок.
4. Пусковые жидкости, жидкости для амортизаторов, жидкости для тормозных систем.
5. Классификация и маркировка пластичных смазок.
6. Правила перевозки опасных грузов (нефтепродуктов).
7. Токсичность выхлопных газов, требования стандарта ЕВРО, способы снижения токсичности.
8. Пожарная и взрывная опасность нефтепродуктов.
9. Влияние нефтепродуктов на человека и окружающую среду.
10. Хранение нефтепродуктов и их потери. Экономия эксплуатационных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Артемьенко А.И.* Органическая химия: учеб. для строит. спец. вузов / А.И. Артемьенко. – 5-е изд., испр.– М.: Высш. шк., 2002. – 559 с.
2. *Барсуков С.И.* Тензометрический датчик для измерения давления газов в цилиндре дизеля. Динамика систем: сб. научных работ факультета автоматических установок / С.И. Барсуков, В.Ф. Анисимов, Ю.П. Макушев, Т.А. Оськин. – Омск, 1975. – Вып. 2. – С. 120 – 122.
3. *Васильева Л.С.* Автомобильные эксплуатационные материалы: учебник для вузов / Л.С. Васильева.– М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.

4. *Гнатченко И.И.* Автомобильные масла, смазки, присадки: справочное пособие / И.И. Гнатченко и др. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2000. – 360 с.
5. ГОСТ 25371 – 97. Нефтепродукты. Методы расчета индекса вязкости.
6. ГОСТ 26098-84. Нефтепродукты. Термины и определения.
7. ГОСТ 2517-85. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
8. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
9. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация. Маркировка.
10. ГОСТ Р 50913-96. Автомобильные транспортные средства для транспортировки и заправки нефтепродуктами.
11. ГОСТ Р 52709-2007. Топлива дизельные. Определение цетанового числа.
12. ГОСТ 25560-82. Устройства дыхательные цистерн для нефтепродуктов. Технические условия.
13. ГОСТ 22254-94. Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре.
14. ГОСТ 28781-90. Нефть и нефтепродукты. Метод определения давления насыщенных паров на аппарате с механическим диспергированием.
15. ГОСТ 4039-80. Бензины автомобильные. Методы определения индукционного периода.
16. ГОСТ 305-05. Топлива дизельные. Технические условия.
17. ГОСТ Р 51313-99. Бензины автомобильные. Общие технические требования.
18. ГОСТ 8226-82. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа.
19. ГОСТ Р 51634-2000. Масло моторное автотракторное. Общие технические требования.
20. ГОСТ 17479.1-85. Масла моторные. Классификация и обозначение.
21. ГОСТ 17479.3-85. Масла гидравлические. Классификация и обозначение.
22. ГОСТ 39000-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.
23. *Каня В.А.* Автомобильные эксплуатационные материалы: курс лекций для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.А. Каня. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 192 с.
24. *Кнорре Г.Ф.* Что такое горение? Научно-популярное изложение физических основ. Государственное энергетическое изд-во / Г.Ф. Кнорре Г.Ф. – М., 1955. – 223 с.
25. *Кубенко В.К.* Цистерны (устройство, эксплуатация, ремонт): справочное пособие / В.К. Кубенко, А.П. Никодимов, Г.К. Жилин. – М.: Транспорт, 1990. – 151 с.
26. *Коршак А.А.* Нефтебазы и АЗС: учеб. пособие / А.А. Коршак, Г.Е. Корабейников, Е.М. Муфтахов. – Уфа: дизайн полиграф сервис, 2006. – 416 с.
27. *Макушев Ю.П.* Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / Ю.П. Макушев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 59 с.

28. *Макушев Ю.П.* Лабораторный практикум по автомобильным эксплуатационным материалам: учебное пособие / Ю.П. Макушев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 69 с.
29. *Макушев Ю.П.* Системы питания быстроходных дизелей: учебное пособие / Ю.П. Макушев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – 181 с.
30. *Новоселов А.Л.* Совершенствование очистки отработавших газов дизелей на основе СВС – материалов / А.Л. Новоселов и др. – Новосибирск: Наука, 2002. – 96 с.
31. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: руководящие документы Р 3112194 – 0366 – 03. – М., 2003. – 63 с.
32. *Обельницкий А.М.* Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости / А.М. Обельницкий и др. – М.: ИПО «Полиграм», 1997. – 267 с.
33. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом: приказ № 77 Министерства транспорта РФ от 14. 10. 1999 г.
34. *Савельев Б.В.* Автотранспортные средства: начальные сведения: учебное пособие / Б.В. Савельев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 92 с.
35. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение / под ред. В.М. Школьников. – М.: Химия, 1978. – 432 с.
36. Трубопроводный транспорт нефти: учеб. для вузов: в 2 т. / Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; под общ. ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Т. 1. – 407 с.
37. Трубопроводный транспорт нефти: учеб. для вузов: в 2 т. / С.М. Вайншток, В.В. Новоселов, А.Д. Прохоров, А.М. Шаммазанов и др.; под общ. ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – Т.2 – 621 с.
38. Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах: учебное пособие / под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – СПб.: Недра, 2004. – 544 с.
39. Химмотология: учебник для вузов / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 367 с.
40. Хранение нефти и нефтепродуктов: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Изд - во «Вектор Бук», 2003. – 536 с.

Учебное издание

Макушев Юрий Петрович

Михайлова Лариса Юрьевна
Филатов Алексей Владимирович

ХИММОТОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор Н.И. Косенкова

Подписано к печати 5. 03. 10.
Формат 60х 90 1/ 16. Бумага писчая
Оперативный способ печати.
Гарнитура Таймс
Усл. п. л. 10 уч. – изд. л. 9,8.
Тираж 200 экз. Заказ №
Цена договорная

Издательство СибАДИ
644099, г. Омск, ул. П. Некрасова, 10
Отпечатано в ПЦ издательства СибАДИ