

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФАКУЛЬТЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Председатель Государственной  
Аттестационной Комиссии (ГАК)

Заведующий кафедрой  
доц. Р.М. Хакимов

\_\_\_\_\_ " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

\_\_\_\_\_ " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к выпускной квалификационной работе

на тему: Улучшение энерго-экологических показателей бензиновых двигателей с использованием бензино-спиртовых смесей

Выполнил: Атаев Қодирбергян 173-13

\_\_\_\_\_

Руководитель: Базаров Б.

\_\_\_\_\_

Консультант по БЖД: Абдукаримова А.

\_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФАКУЛЬТЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Утверждаю \_\_\_\_\_  
Зав. каф., доц. Р.М.Хакимов  
" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студент Атаев Қодирберган Максудович группа 173-13  
(Ф.И.О)

1. Тема работы: «Улучшение энерго-экологических показателей бензиновых двигателей с использованием бензино-спиртовых смесей»

Тема ВКР утверждена Приказом института № 82-м от " 17 " мая 2017 г.

2. Дата сдачи законченной работы - 25.06.17 г.

3. Необходимые материалы для выполнения ВКР выбирается по конкретным предприятием за текущий год.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки ВКР:

4.1. Введение;

4.2. Анализ состояния вопроса и обоснование темы ВКР;

4.3. Основная часть;

4.4. Охрана труда и охрана окружающей среды;

4.5. Экономическое обоснование предлагаемых решений;

4.6. Выводы и рекомендации;

4.7. Список используемой литературы.

5. Перечень графического материала:

- |            |            |
|------------|------------|
| 5.1. _____ | - ___ ЛИСТ |
| 5.2. _____ | - ___ ЛИСТ |
| 5.3. _____ | - ___ ЛИСТ |
| 5.4. _____ | - ___ ЛИСТ |
| 5.5. _____ | - ___ ЛИСТ |

6. Задание по БЖД: \_\_\_\_\_

Дата выдачи задание \_\_\_\_\_

Консультант по БЖД \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_  
Дата принятия задания к исполнению (подпись студента, дата) \_\_\_\_\_

График выполнения выпускной работы

| №   | Наименование разделов ВКР                       | Сроки выполнения | Примечание |
|-----|---|------------------|------------|
| 1.  | Введение  | 16.05.17 г.      |            |
| 2.  | Анализ состояния вопроса и обоснование темы ВКР | 16.05.17 г.      |            |
| 3.  | Основная часть                                  | 20.05.17 г.      |            |
| 4.  | Задание по БЖД                                  | 03.06.17 г.      |            |
| 5.  | Перечень графического материала                 |                  |            |
| 5.1 |   | 21.05.17 г.      |            |
| 5.2 |   | 25.05.17 г.      |            |
| 5.3 |   | 30.05.17 г.      |            |
| 5.4 |   | 31.05.17 г.      |            |
| 6.  |   | 02.06.17 г.      |            |
| 7.  | Выводы и рекомендации                           | 05.06.17 г.      |            |
|     |   |                  |            |
|     |   |                  |            |
|     |   |                  |            |
|     |   |                  |            |
|     |   |                  |            |

Студент Атаев К. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель Базаров Б. \_\_\_\_\_  
(подпись)



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение .....  | 3  |
| 1. Современное состояние использования композиционного топлива .....  | 5  |
| 1.1. Эксплуатационные особенности композиционных топлив для двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием ..... | 5  |
| 1.2. Анализ работы композиционным топливам для ДВС с искровым зажиганием .....  | 14 |
| 2. Способов улучшения эксплуатационных показателей композиционных топлив для ДВС с искровым зажиганием .....            | 35 |
| 2.1. Производство метанола в Узбекистане и особенности использования его в качестве моторного топлива .....             | 35 |
| 2.2. Тепловой расчет двигателя с искровым зажиганием, работающего на композиционном топливе .....                       | 44 |
| 3. Разработка оценочных критериев к составу разрабатываемых топливных добавок .....                                     | 50 |
| 3.1. Испытания бензино-спиртовых моторных топлив .....  | 50 |
| 4. Требования техника безопасности к техническому состоянию и оборудованию автомобиля .....                             | 68 |
| 4.1. Техника безопасности и меры безопасности .....   | 68 |
| 4.2. Действие этанола на организм человека .....  | 71 |
| 5 Экономическая часть .....   | 74 |
| Выводы .....  | 76 |
| Список использованной литературы .....  | 77 |

## Введение

Развитие транспортной инфраструктуры Республики Узбекистан приводит к повышению движения на автомобильных дорогах, особенно на магистральных улицах наиболее ощутимым образом проявляет себя в так называемых мегаполисах-городах с большим населением жителей. Данная проблема вызывает целый спектр негативных явлений, но наиболее ощутимыми из них являются проблемы экологической и экономической безопасности. В связи с постоянным ростом населения городов данная проблема становится актуальной и в городах Республики Узбекистан.

Производство автомобилей и расширение модельного ряда – лишь одна из главных задач, решаемых Узбекским автопромом. С каждым годом в Республики растет количество предприятий, работающих на автомобильную промышленность.

Современное состояние ограниченности ресурсов нефти и экологических требований к автомобильным топливам привели к развитию различных научных направлений, в том числе производства бензинов с компонентами (добавками) из спиртов и эфиров. В настоящее время в мире метанол и этанол широко используются в качестве моторного топлива или добавки к бензинам или дизельным топливам. Исследования, связанные с использованием спиртов в качестве моторных топлив проводились еще в начале прошлого века.

Данные работы преимущественно проводились на топливных смесях, состоящих из смеси бензина и спиртов в различных концентрациях. Производства спиртов с целью применения их в качестве моторного топлива экономически поддерживалось правительствами Франции, Германии, Италии и других стран еще в прошлом веке. В качестве сырья для получения спиртов использовалась сахарная свекла. В те годы бензины, выпускаемые в Германии содержали от 20 до 30 % этилового спирта по массе.

В последующие годы в Швеции спирт также стали получать в качестве побочного продукта сульфитно-целлюлозного производства с меньшими затратами.

По данным Международного Энергетического Агентства (МЭА) производства биотоплива в мире расчет динамично – с 16 млрд. литров в 2000 году до 110 млрд. литров в 2012 г. и прогнозируется, что к 2030 г. увеличится до 150 млн. тонн в нефтяном эквиваленте. Причем ожидается, что до 2030 г. доля биотоплива в общем объеме топлива в транспортной сфере достигнет 4...6 %.

Использование спиртов в качестве топлива или добавки к топливу является составной частью применения альтернативных моторных топлив.

Известно, что каждый из видов, способов, методов применения альтернативных моторных топлив имеет свои преимущества и недостатки, которые должны учитываться и при необходимости разработать меры по устранению недостатков или совершенствованию их эксплуатационных свойств.

В Узбекистане выпускается метанол (ОАО «Навоиазот»), получаемый из природного газа, который с 2014 года используется в качестве добавки к бензинам, используемым временно для автомобилей топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Причем рекомендуемая концентрация (объемное содержание) метанола составляет не более 5 %. В этом случае для двигателя (автомобиля) не требуется никаких конструктивных или регулировочных изменений.

В этой связи данные исследования направлены для совершенствования эксплуатационных свойств бензино-этанольных и бензино-метанольных топливных смесей.

## 1. Современное состояние использования композиционного топлива.

### 1.1. Эксплуатационные особенности композиционных топлив для ДВС с искровым зажиганием

Бензины и дизельные топлива получают путем переработки нефти, они представляют собой смеси насыщенных парафиновых углеводородов (алканов)  $C_nH_{2n+2}$  олефинов (алкенов)  $C_nH_{2n}$  (обычно присутствуют в топливах в незначительном количестве), нефтенов (циклоалканов), имеющих формулу  $C_nH_{2n}$  но только с другими связями между атомами углерода, ароматических углеводородов (в основном  $C_nH_{2n-6}$ ), характеризующихся кольцевой структурой молекул.

Для сравнения энергетической ценности различных видов топлива вводят понятие условного топлива (у.т.), низшая теплота сгорания которого принята равной  $H_u=29,33$  МДж/кг.

Автомобильные бензины представляют собой смеси углеводородов, выкипающих в диапазоне температур 35...205 °С, и включают в себя прямогонные бензины (~25%), бензины каталитического риформинга (~50%), бензины каталитического крекинга (~10%), а также ряд других продуктов. Плотность около 0,71 г/см<sup>3</sup>. Теплотворная способность примерно 10 200 ккал/кг (44 МДж/кг, 34,5 МДж/литр). Температура замерзания -72 °С в случае использования специальных присадок.

Автомобильные бензины являются смесью различных углеводородов, отличающихся друг от друга температурой кипения, что и определяет их испаряемость. Испаряемость автомобильных бензинов оценивают следующими показателями качества: температура начала перегонки ( $t_{нп}$ ), температура перегонки 10% объема ( $t_{10\%}$ ), температура перегонки 50% объема ( $t_{50\%}$ ), температура перегонки 90% объема ( $t_{90\%}$ ), температура конца кипения ( $t_{кк}$ ), остаток в колбе (О), остаток и потери (О+П), давление насыщенных паров (ДНП), склонность к образованию паровых пробок.

Для нормальной работы двигателя и сохранения его ресурса необходимо, чтобы фракции входили в состав бензина в таком процентном

отношении, чтобы обеспечивались надежный пуск двигателя, прогрев, приемистость двигателя, динамика автомобиля, минимальный износ цилиндропоршневой группы и минимальный расход топлива. Для выполнения таких требований нормативные документы (ТУ, ГОСТ) на автомобильные бензины предусматривают выпуск двух видов бензина: летнего и зимнего. Бензины зимнего вида имеют более низкую (на 10...20°C) температуру перегонки отдельных фракций, чем летние. Зная фракционный состав бензина, можно определить его вид. Температурную характеристику фракционного состава изображают в виде графика (рис. 1.1.).

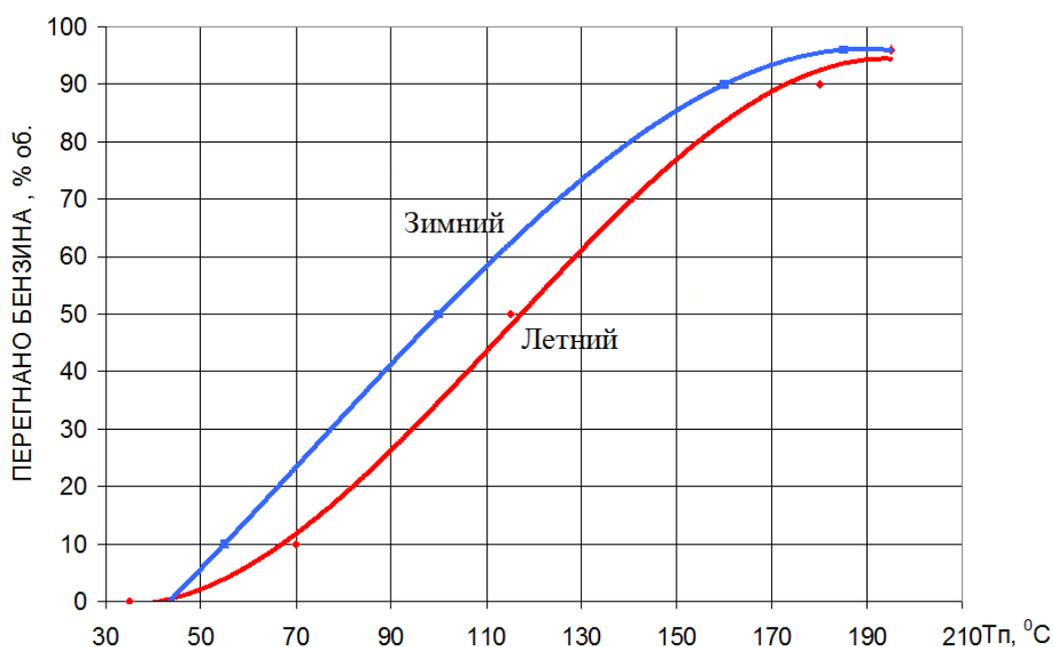


Рис. 1.1. Температурная характеристика фракционного состава автомобильных бензинов

Температура начала перегонки ( $t_{\text{нп}}$ ) и температура перегонки 10% объема ( $t_{10\%}$ ) влияют на пусковые свойства двигателя. Если величина этих показателей качества не соответствует требованиям стандарта, то при пуске образуется бедная смесь, которая не всегда воспламеняется в цилиндрах двигателя. Пуск двигателя становится затрудненным либо невозможным без специальных средств облегчения пуска. Минимальную температуру воздуха, при которой возможен пуск холодного двигателя, рассчитывают по зависимости:

$$t_{\min} = 0,5 \cdot t_{10\%} - 50,5, \quad (1.1)$$

где  $t_{\min}$  - минимальная температура воздуха, при которой возможен пуск холодного двигателя.

Температура перегонки 50% объема бензина ( $t_{50\%}$ ) влияет на продолжительность прогрева двигателя после пуска, расход топлива на эту операцию, приемистость двигателя и динамику автомобиля.

Фракционный состав определяют путем перегонки топлива на специальном приборе (рис. 1.2).

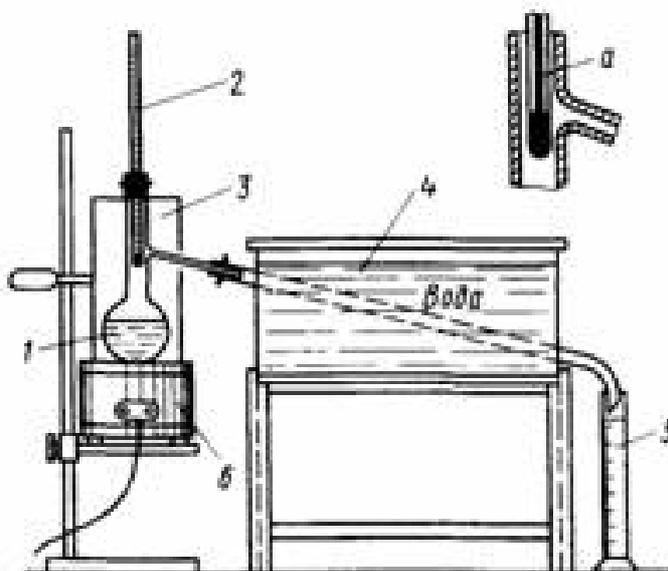


Рис. 1.2. Аппарат для определения фракционного состава нефтепродуктов:

- 1 – колба с образцом топлива; 2 – термометр; 3 – кожух; 4 – холодильник;  
5 – стеклянный мерный цилиндр; 6 – электроподогреватель

Основное количество автомобильных бензинов вырабатывают по ГОСТ 2084 – 77: А-76, АИ-91, АИ-93, АИ-95. Для первой марки цифра указывает октановое число, определяемое по моторному методу (ОЧМ), для последних – по исследовательскому (ОЧИ). Бензины в зависимости от испаряемости делят на летние и зимние.

**Октановое число** ОЧ (цифры в марке бензина) является основной характеристикой бензина. ОЧ численно равно содержанию (% об.) изооктана (ОЧ= 100) в смеси с н-гептаном (ОЧ = 0), которая в условиях

стандартного одноцилиндрового двигателя имеет такую же детонационную стойкость, как и испытуемый бензин. В лабораторных условиях октановое число определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65 двумя методами — моторным (по ГОСТ–511–82) и исследовательским (по ГОСТ–8226–82). ОЧМ, определенное моторным методом, в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового режима; октановое число ОЧИ, вычисленное исследовательским методом, полнее характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в городских условиях. Поэтому октановое число ОЧМ обычно ниже ОЧИ. Разницу между октановыми числами бензина ОЧИ и ОЧМ называют *чувствительностью* бензина; последнее зависит от химического состава бензинов и показывает, насколько антидетонационные свойства бензина данного состава зависят от режима работы двигателя. Большинство современных и перспективных бензинов имеют чувствительность 8...12 единиц. Детонационная стойкость бензина в условиях двигателя обычно лежит между ОЧИ (шах) и ОЧМ (min).

### **Системы топливоподачи двигателей с искровым зажиганием**

Эти системы обеспечивают топливоподачу в бензиновых двигателях.

Наибольшая мощность ДсИЗ получается при использовании обогащенных смесей ( $\alpha_m < 1,0$ ) и полностью открытой дроссельной заслонке. Наилучшая экономичность на частичных нагрузках достигается, когда  $\alpha = \alpha_{эк}$ .

### **Системы впрыскивания бензина**

К основным преимуществам этих систем относятся:

- раздельное дозирование воздуха и топлива, в результате чего одной и той же подаче воздуха может соответствовать разная подача бензина;
- точное дозирование топлива на всех эксплуатационных режимах с учетом многих факторов;

- хорошая приспособленность системы к диагностике и объединению с другими системами управления двигателем (например, зажиганием, наддувом и т. п.);
- улучшение экономических, мощностных и экологических показателей двигателя.

Системы впрыскивания бензина можно классифицировать по трем основным признакам (рис. 1.3).

Во-первых, бензин может впрыскиваться во впускной трубопровод (рис. 1.3, а, б) или непосредственно в цилиндр (рис. 1.3, в).

Во-вторых, впрыскивание может быть распределенным (рис. 1.3, а), когда форсунка впрыскивает бензин в зону впускных клапанов каждого цилиндра. Другой способ – центральное впрыскивание реализуется единственной форсункой (рис. 1.3, б), установленной на участке до разветвления впускного трубопровода (т. е. на месте карбюратора).

В-третьих, распределенное впрыскивание может быть фазированным, когда каждая форсунка производит впрыскивание в строго определенный момент времени, согласованный с открытием впускных клапанов цилиндра (преимущественный метод).

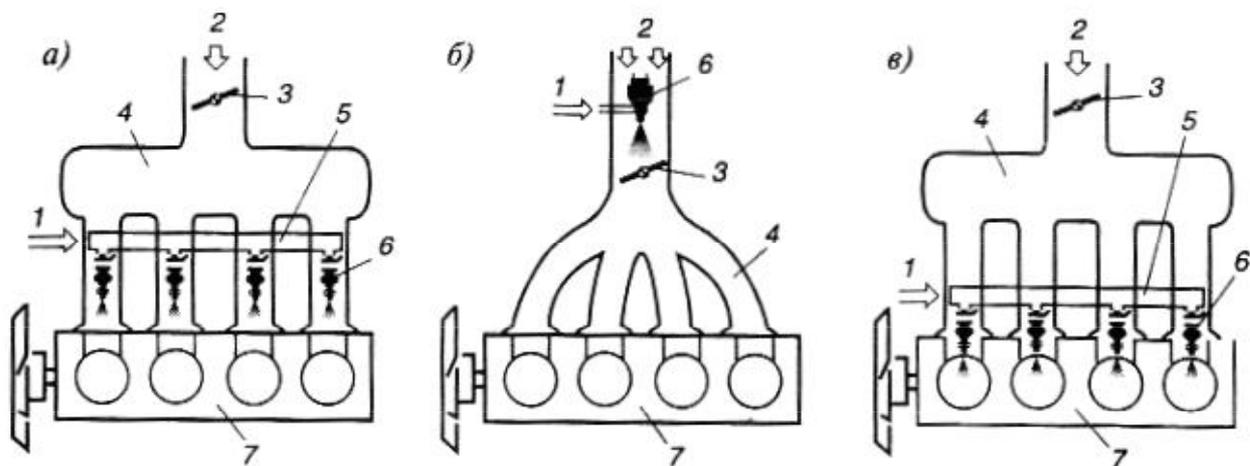


Рис. 1.3. Системы впрыскивания бензина;

а – распределенное впрыскивание; б – центральное впрыскивание; в – непосредственное впрыскивание в цилиндр; 1 – подвод топлива; 2 – подвод воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной трубопровод; 5 –

коллектор подвода топлива к форсункам; 6 – форсунка; 7 – головка цилиндров

Система распределенного впрыскивания обеспечивает подачу топлива в зону впускных клапанов электромагнитными форсунками. Главным командным параметром для программного электронного управления цикловой подачей топлива служит цикловой расход воздуха, определяемый на основании сигналов измерителя массового расхода воздуха и датчика частоты вращения коленчатого вала. Структурная схема системы распределенного впрыскивания с программным управлением показана на рис. 1.4.

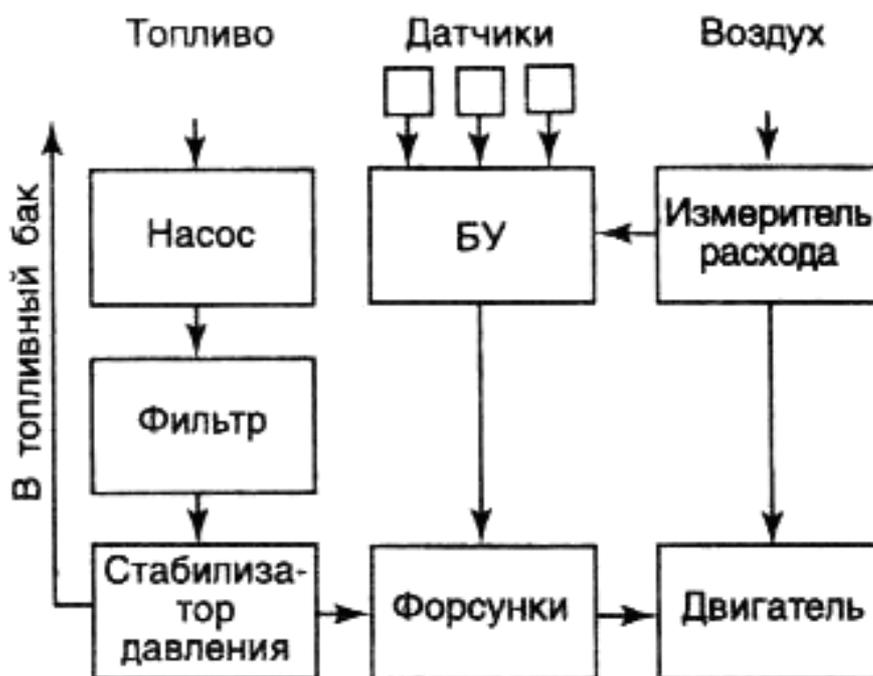


Рис. 1.4. Структурная схема системы впрыскивания бензина

При распределенном впрыскивании бензин из бака 1 (рис. 1.5) всасывается электрическим бензонасосом 2, а затем через фильтр тонкой очистки 3 нагнетается в магистраль б, в которой регулятором перепада давления 7 поддерживается постоянный перепад давления на входе и выходе топлива из форсунок 5. Фильтр 3 является основным, он должен обеспечить высокую очистку топлива. Избыток топлива от регулятора 7 возвращается обратно в бак.

Из нагнетательной магистрали топливо через распределитель подводится к индивидуальным электромагнитным форсункам 5, подающим его в зону впускных клапанов.

В двигателях с двумя впускными клапанами на цилиндр форсунка впрыскивает бензин на перемычку между клапанами.

Воздух поступает в цилиндры через измеритель расхода 10 и впускной трубопровод 8. Количество воздуха регулируется дроссельной заслонкой.

Электронная система управления дозированием топлива питается от аккумулятора 15 и включается в цепь при замыкании контактов в замке зажигания 16.

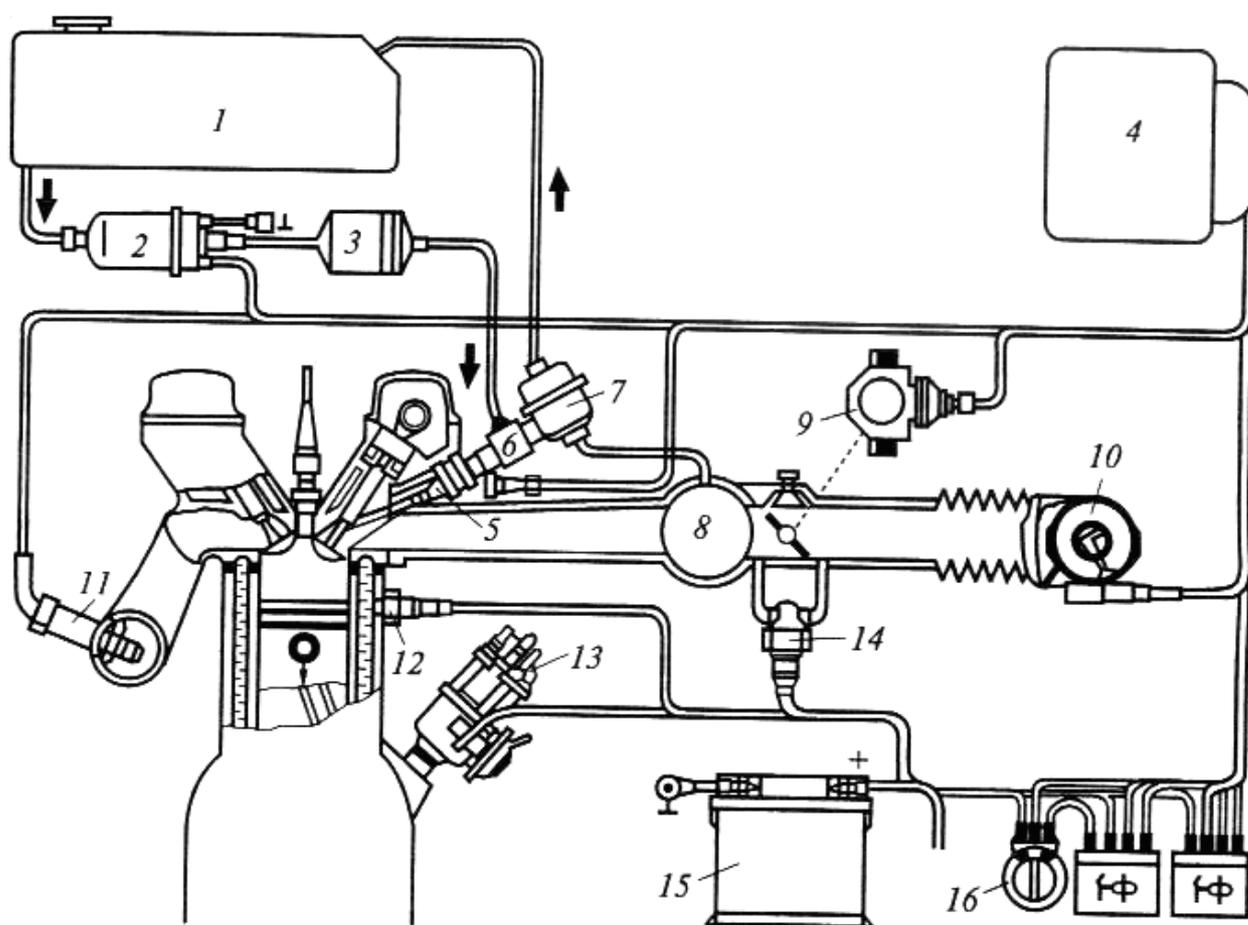


Рис. 1.5. Схема системы распределенного впрыскивания бензина

Сигналы измерителя расхода воздуха 10 и распределителя зажигания 13 (сигнал частоты вращения вала) обрабатываются электронным блоком управления 4, который в соответствии с заложенной в него программой

выдает электрические импульсы, управляющие открытием клапанов форсунок и имеющие определенную продолжительность на каждом режиме работы двигателя. Системы с согласованным (фазированным) впрыскиванием в существенной степени выравнивают условия смесеобразования в различных цилиндрах.

Так как регулятор давления 7 поддерживает с высокой точностью постоянное избыточное давление топлива (200...400 кПа) относительно давления воздуха во впускном трубопроводе, то цикловая подача топлива форсункой 5 однозначно зависит от времени, в течение которого открыт ее клапан.

Длительность впрыскивания корректируется блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости (датчик 12), экономайзерный эффект и обогащение смеси на режимах разгона обеспечиваются по сигналам датчика 9, соединено механически с осью дроссельной заслонки. В этом датчике предусмотрена также контактная пара, подающая сигнал для отключения топливоподачи на режимах принудительного холостого хода. Отключение подачи происходит при закрытой дроссельной заслонке, когда частота вращения превышает примерно  $1500 \text{ мин}^{-1}$ , подача вновь включается при частоте вращения ниже  $900 \text{ мин}^{-1}$ . Имеется коррекция порога отключения подачи топлива в зависимости от температурного режима двигателя.

Схема системы впрыскивания бензина в цилиндр показана на рис. 5.10. В топливном баке 13 находится насос низкого давления с электрическим приводом, который через фильтр 14 подает бензин к плунжерному насосу высокого давления 1. Из этого насоса бензин попадает в аккумулятор 4 с точно регулируемым давлением (5...13 МПа). Регулирование давления" в аккумуляторе осуществляется посредством регулятора 2, который управляется электронным блоком 11 по сигналу датчика давления 3 и перепускает часть топлива на вход насоса высокого давления 1.

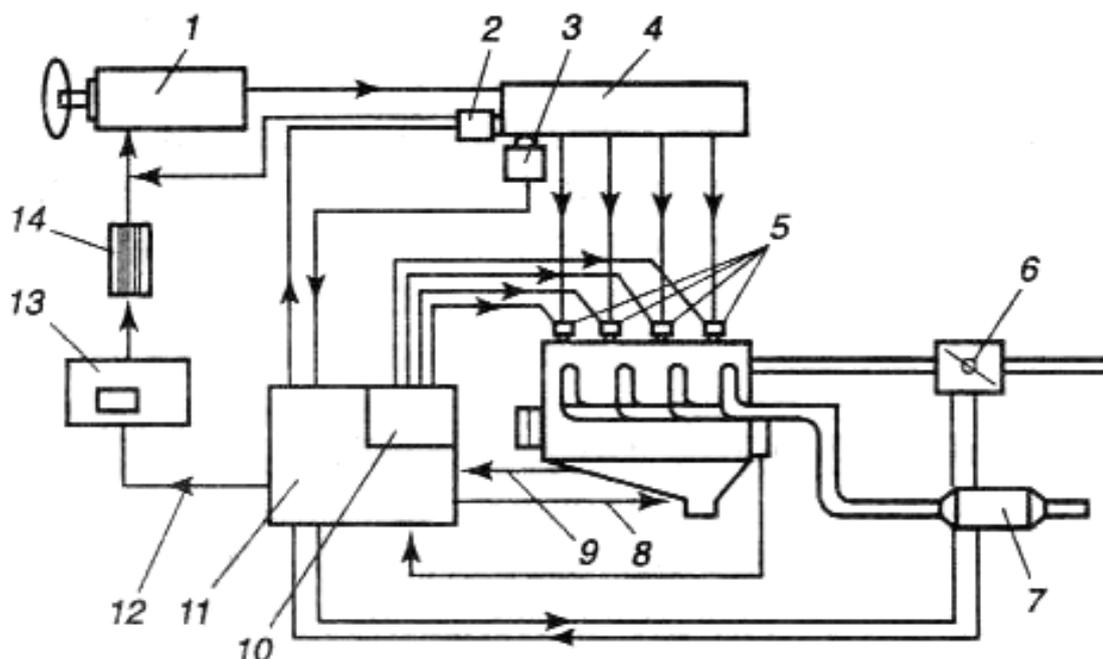


Рис. 1.6. Принципиальная схема системы непосредственного впрыскивания бензина:

1 – топливный насос высокого давления; 2 – регулятор давления; 3 – датчик давления; 4 – топливный аккумулятор; 5 – форсунки; 6 – дроссельная заслонка; 7 – каталитический нейтрализатор; 8 – импульсы управления сервоприводом; 9 – сигналы датчиков; 10 – плата управления топливоподачей; 11 – блок управления; 12 – управление насосом витого давления; 13 – топливный бак; 14 – топливный фильтр

Из аккумулятора 4 топливо подводится к электромагнитным форсункам 5, управляемым специальной платой 10. Изменение цикловой подачи бензина обеспечивается, как и при распределенном впрыскивании во впускную систему, различной длительностью управляющего импульса, подаваемого синхронно к каждой форсунке.

1.2. Анализ работы композиционных топлив для ДВС с искровым зажиганием.

Требования к детонационной стойкости бензинов зависят от конструктивных параметров двигателя, определяющими среди которых являются степень сжатия и диаметр цилиндра.

Топливом можно считать всякое вещество, выделяющее при определенных условиях большое количество тепловой энергии, которую в зависимости от технических и экономических показателей используют в различных отраслях. В настоящее время топлива можно разделить на две группы, различающиеся по принципу освобождения энергии: горючее, выделяющее теплоту при взаимодействии с другим веществом (окислителем); расщепляющееся (ядерное), которое выделяет теплоту в результате расщепления вещества топлива с одновременным образованием молекул других химических элементов.

На рис.1.6 представлены кривые изменения крутящего момента испытуемого двигателя при работе на бензинах с добавками различных препаратов по внешней скоростной характеристике. На этот же график нанесена кривая изменения момента при работе на базовом бензине.

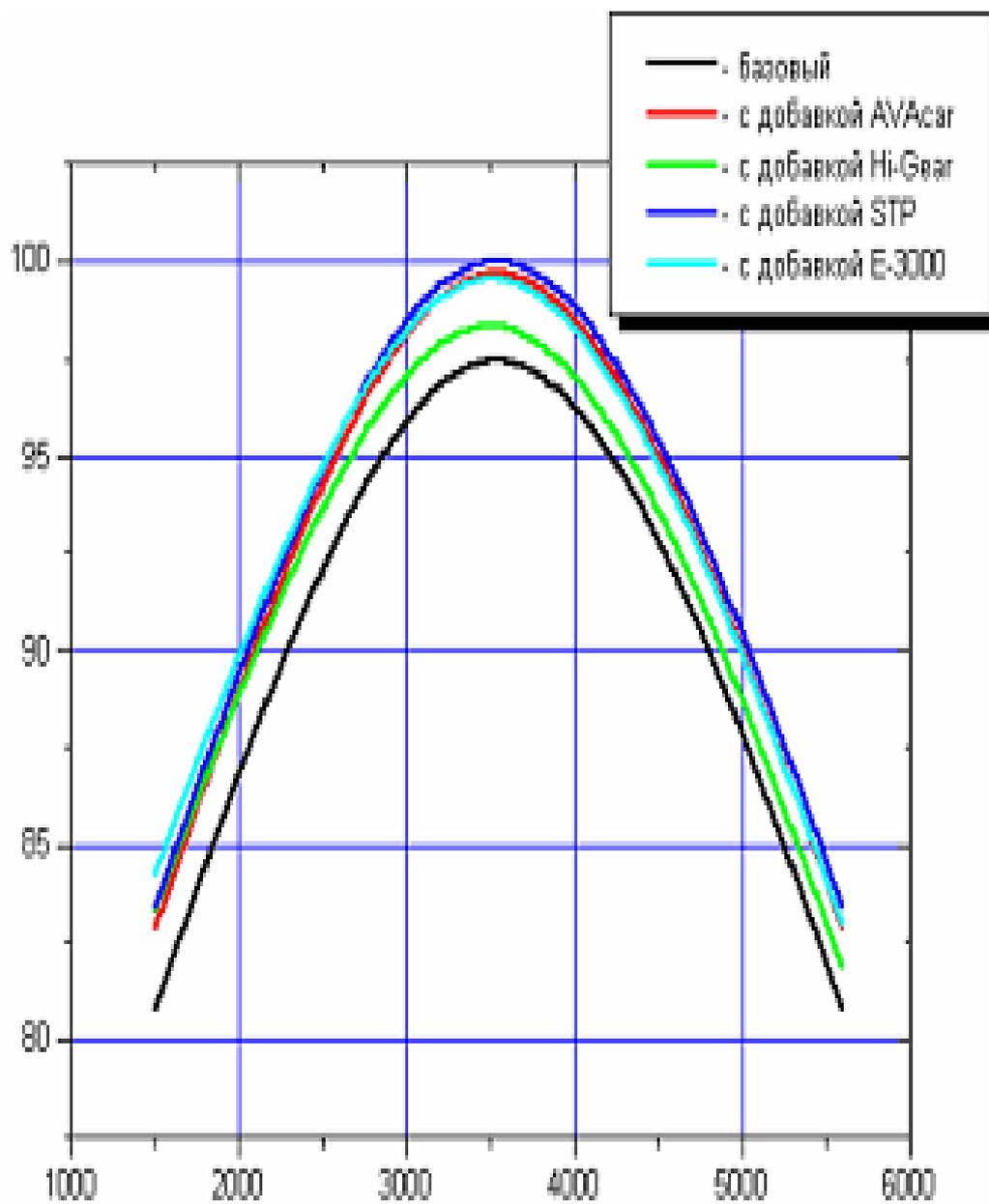


Рис. 1.7 Внешняя скоростная характеристика двигателя ВАЗ-2108 при работе на бензинах с различными добавками (интенсификаторами горения)

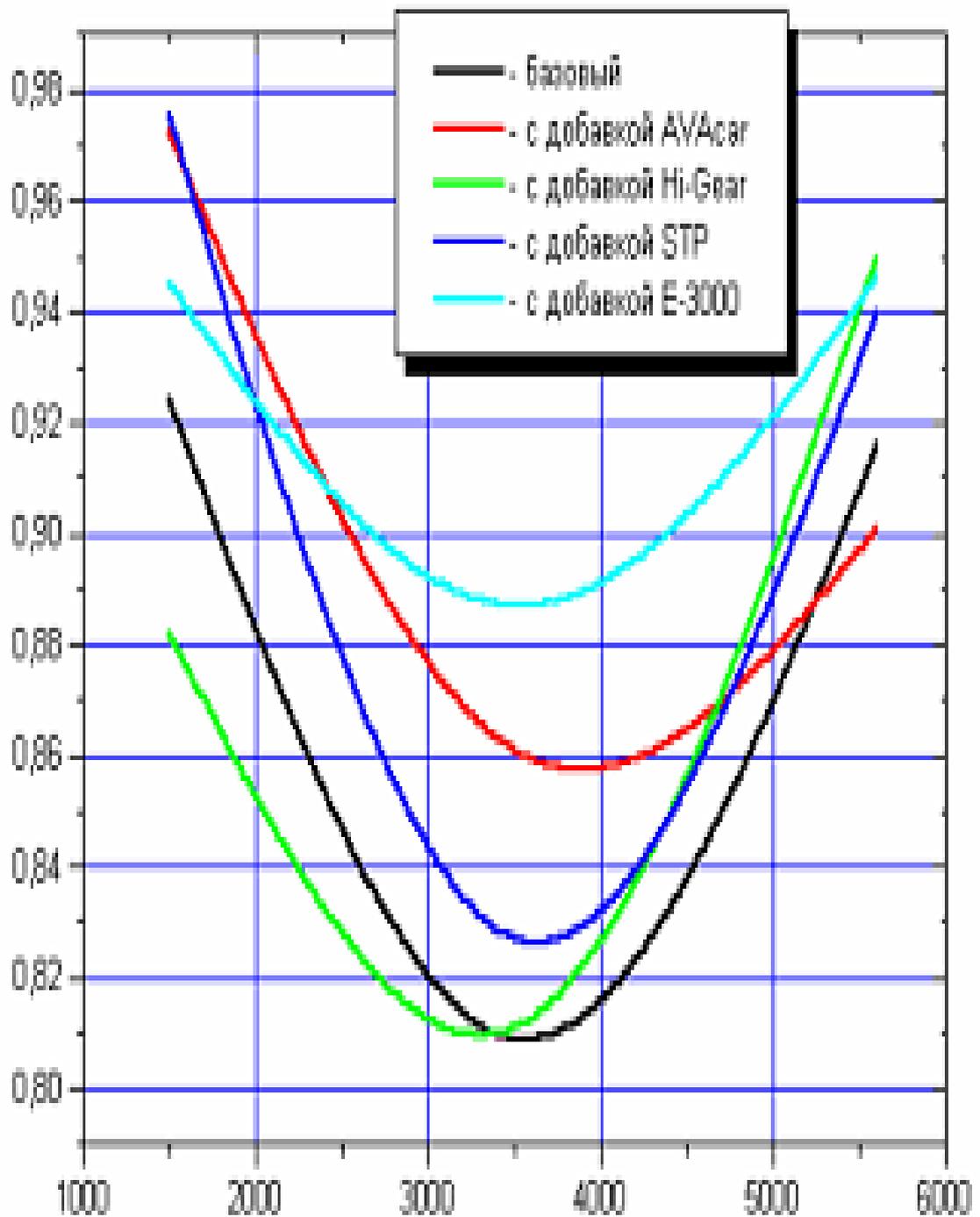


Рис. 1.8. Изменение коэффициента избытка воздуха при работе двигателя по внешней скоростной характеристике при работе на бензине с добавками

Как видно из полученных результатов, все препараты обеспечивают увеличение мощности двигателя. Причем лучшие из них - до 6...8%.

Препараты STP, E-3000 и AVAsar дают достаточно близкий результат, Hi-Gear - несколько меньше.

В ходе испытаний было установлено:

Первое, что было определено - это как меняется состав бензовоздушной смеси, поступающей в двигатель, при добавлении препаратов.

Горючее топливо делят на органическое и неорганическое. Органическое топливо включает углеводородные химические соединения природного и искусственного происхождения, углеводород и водород, а также их смеси. Неорганическое топливо является неорганические вещества и их композиции, которые при взаимодействии с окислителем выделяют большое количество теплоты.

Органическое топливо делят на ископаемое природное и искусственное, которое, в свою очередь, подразделяют на композиционное и синтетическое.

Ископаемое природное топливо – это топливо, накопленное в недрах Земли и являющееся продуктом биохимических и химических превращений органического вещества растений и микроорганизмов, существовавших на Земле 0,5-500 млн. лет назад. К нему относятся: уголь, нефть, сланец, торф, природный газ, извлекаемые человеком из недр Земли.

Искусственное топливо – это органическое топливо, созданное человеком путем соответствующей переработки, как правило, природных соединений (в том числе и природных топлив) с целью получения топлив с новыми наперед заданными свойствами.

Композиционное топливо – это механическая смесь горючих (в том числе органического топлива), а в ряде случаев горючих и негорючих веществ, обладающая новыми теплотехническими свойствами по сравнению со свойствами исходных горючих. К композиционному

топливу относятся топливные суспензии, топливные эмульсии, топливные брикеты, гранулы, топливо из горючих отходов и др.

Синтетическое топливо – продукт термохимической переработки горючих веществ (в том числе и органического топлива), обладающий новыми теплотехническими свойствами по сравнению с исходным горючим веществом. К синтетическому топливу относятся все продукты переработки нефти: бензин, керосин, дизельное топливо и газ, полученные из угля, и др.

Спирт – это органические соединения, содержащие одну или более гидроксильных групп (гидроксил, –ОН), получаемая путем перегонки некоторых веществ, содержащих сахар и крахмал.

В последнее время растет роль спиртов, как топлива (метанол — в топливных элементах, этанол и смеси с ним — в двигателях внутреннего сгорания).

Таблица 1.1.

| Топлива   | Плотность энергии, МДж/л | Смесь воздуха с топливом | Удельная энергия смеси воздуха с топливом, МДж/кг воздух | Удельная теплота испарения, МДж/кг | Октановое число (ИМ) | Октановое число (ММ) |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Бензин    | 32                       | 14,6                     | 2,9  | 0,36                               | 91-99                | 81-89                |
| Бутанол-1 | 29,2                     | 11,1                     | 3,2  | 0,43                               | 96                   | 78                   |
| Этанол    | 19,6                     | 9,0                      | 3,0  | 0,92                               | 107                  | 89                   |
| Метанол   | 16                       | 6,4                      | 3,1  | 1,2                                | 106                  | 92                   |

В последнее время в развитых странах возрос интерес к использованию в качестве антидетонаторов в бензине метанола, этанола, метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и этил-трет-бутиловых эфиров (ЭТБЭ). Известно, что низкие алифатические спирты и простые эфиры обладают достаточно высоким октановым числом.



Рис.1.9. Системы питания ДВС с искровым зажиганием

Так, специалисты склонны выделять следующие варианты инжектора:

1. с распределенным впрыском;
2. с центральным впрыском.

Принцип работы указанной системы питания сводится к распылению топлива через форсунки под давлением, создаваемым топливным насосом. Качество смеси варьируется в зависимости от режима работы двигателя и контролируется блоком управления. Важным компонентом такой системы является форсунка. Типология инжекторных двигателей основывается именно на количестве используемых форсунок и места их расположения.

Прямогонные бензины. Долгое время бензин получали путём ректификации (перегонки) и отбора фракций нефти, выкипающих в определённых температурных пределах (до 100 °С — бензин I сорта, до 110 °С — бензин специальный, до 130 °С — бензин II сорта). Однако общим свойством этих бензинов является низкое октановое число. Вообще получение прямогонных бензинов с октановым числом выше 65 по моторному методу редко и возможно лишь из нефти Азербайджана, Средней Азии, Краснодарского края и Сахалина. Однако даже для дистиллятов из этих нефти характерно резкое понижение октанового числа с ростом температуры конца отбора. Поэтому всю бензиновую фракцию (кк. 180°С) используют редко.

Эксплуатационное свойство – объективная особенность топлива, которая может проявляться в процессе производства, транспортирования, хранения, испытания и применения в технике.

Показатель качества продукции – количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Эксплуатационные свойства и показатели качества образуют систему показателей качества (табл. 1.2).

*Таблица 1.2.*  
*Система показателей качества автомобильных бензинов*

| Эксплуатационные Свойства | Показатели качества  |
|---------------------------|--|
| Прокачиваемость           | Массовая доля механических примесей, массовая доля воды, цвет  |
| Охлаждающее               | Теплоемкость, теплопроводность, теплота испарения  |
| Испаряемость              | Температура начала перегонки, температура перегонки 10% об., температура перегонки 50% об., температура перегонки 90% об., температура конца кипения, давление насыщенных паров, склонность к образованию паровых пробок |
| Воспламеняемость          | Температура вспышки в закрытом тигле, температура самовоспламенения, температурные пределы воспламенения, концентрационные пределы воспламенения, группа пожароопасности   |
| Горючесть                 | Октановое число - моторный метод, октановое число – исследовательский метод, дорожное октановое число, коэффициент распределения детонационной стойкости, плотность, массовая доля ароматических углеводородов           |
| Склонность к Отложениям   | Йодное число, концентрация фактических смол, время смывания эталонных отложений, изопропиловый эквивалент  |
| Совместимость             | Массовая доля серы, массовая доля меркаптановой серы, испытание на медной пластинке, содержание водорастворимых кислот и щелочей   |

|                   |   |
|-------------------|---|
| Защитное Свойство | Защитное свойство топлив с присадками, коррозионные потери металлов в условиях конденсации воды   |
| Противоизносное   | Кислотность   |
| Токсичность       | ПДК в воздухе рабочей зоны, класс токсичности, ПДК в атмосфере населенных пунктов, концентрация свинца, интенсивность окраски, токсичность продуктов сгорания |
| Сохраняемость     | Период индукции, гарантийный срок хранения, сумма продуктов окисления   |

Величина показателей качества конкретной марки автомобильного бензина утверждена соответствующим ГОСТ или ТУ. Если величина показателей качества соответствует требованию ГОСТ или ТУ, то эксплуатационные свойства бензина удовлетворительны. Если хотя бы один показатель качества бензина не соответствует требованию ГОСТ или ТУ, то это эксплуатационное свойство неудовлетворительное, применение такого бензина приведет к негативным последствиям для двигателя, автомобиля, экономики предприятия, окружающей среды и даже жизни человека.

Горючесть автомобильных бензинов характеризуют следующими показателями качества (см. табл. 1.1.): плотность при 20°C, октановое число - моторный метод, октановое число - исследовательский метод, коэффициент распределения детонационной стойкости, дорожное октановое число, количество ароматических углеводородов.

Плотность автомобильных бензинов зависит от состава нефти, технологии его получения, марки и т.д. Для большинства марок плотность бензина не должна быть выше значения, установленного стандартом или техническими условиями. Например, плотность бензина АИ-95 должна быть не более 720 кг/м<sup>3</sup>, А-92 - не более 770 кг/м<sup>3</sup>, А-80 - не более 755 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность зимнего вида бензина одной и той же марки меньше, чем у летнего вида, вследствие облегчения его фракционного состава.

Несоответствие плотности бензинов требованию стандарта изменяет его уровень в поплавковой камере карбюратора и нарушает дозирование.

Октановое число - показатель, характеризующий детонационную стойкость бензина в единицах эталонной шкалы.

Детонационная стойкость - физико-химическое свойство, определяющее способность бензина сгорать без взрыва в двигателе с искровым зажиганием.

Коэффициент распределения детонационной стойкости характеризует равномерность распределения детонационной стойкости бензинов по его фракциям.

Топливная экономичность двигателя оценивается величиной удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ , (г/кВт ч), который определяется формулой

где  $\rho$  - плотность воздуха при 20°C

$$g_e = \frac{3600 \cdot \rho_i \cdot \eta_v}{\alpha \cdot L_0 \cdot \rho_e}, \quad (1.2)$$

Изменение топливной экономичности двигателя при использовании двух различных видов топлива выразится следующим отношением

$$\frac{g_e''}{g_e'} = \frac{\eta_0''}{\eta_0'} \cdot \frac{L_0'}{L_0''} \cdot \frac{P_e'}{P_e''}, \quad (1.3)$$

Изменение коэффициента наполнения при применении кислорода содержащих компонентов было оценено ранее

$$\left( \frac{\eta_v''}{\eta_v'} = 1.035 \right) \quad (1.4)$$

Прирост среднего эффективного давления при этом составляет ориентировочно

$$\frac{P_e'}{P_e''} = \frac{1}{1.069} \quad (1.5)$$

Экспериментальные данные хорошо согласуются с вышесказанными теоретическими положениями о влиянии добавки кислородсодержащих соединений на мощностные и экономические показатели двигателя.

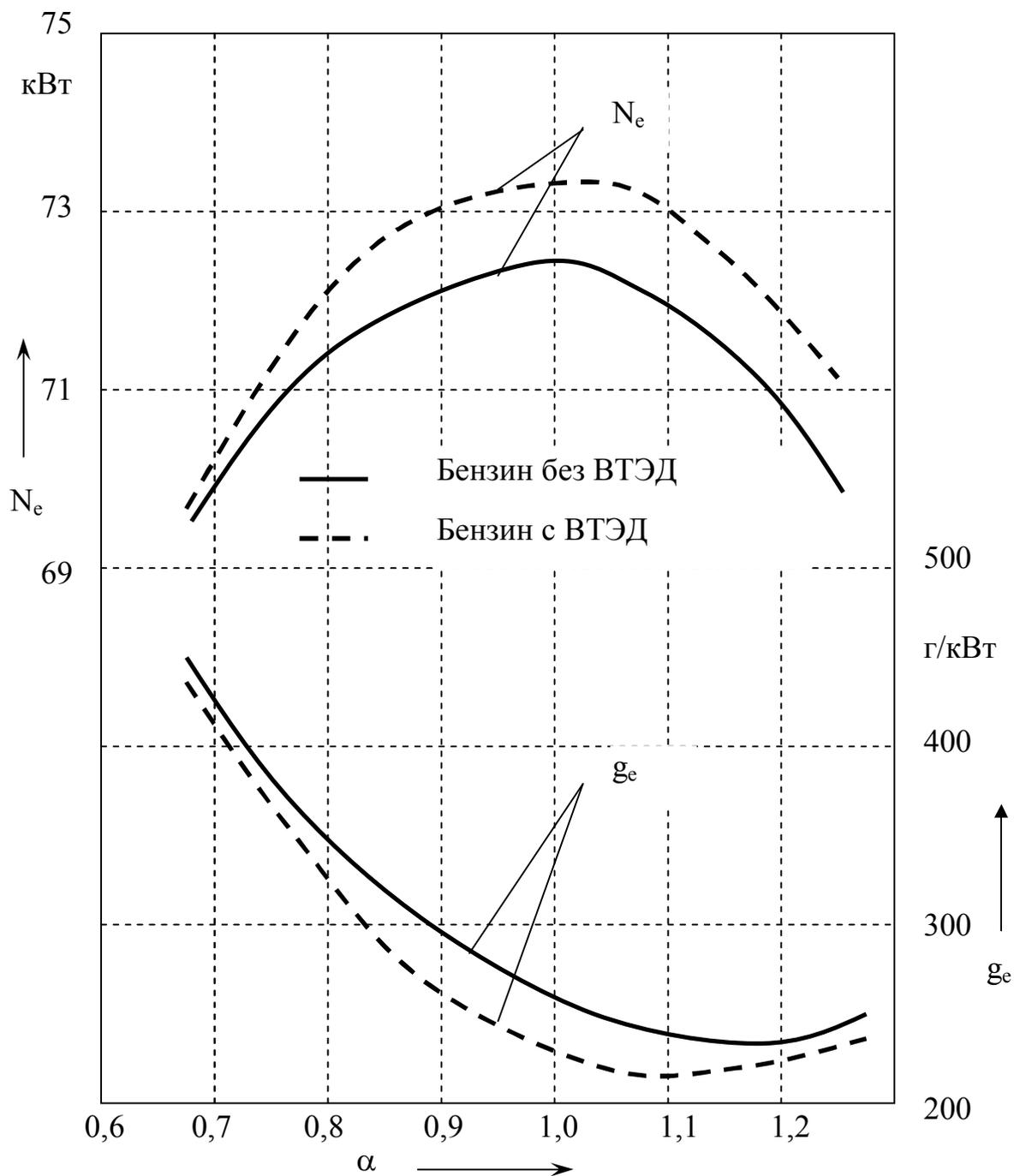


Рис.1.10. Характеристика топлив по составу смеси на бензиновом двигателе

Количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива за вычетом теплоты конденсации водяных паров, называют низшей теплотой сгорания  $Q_H$ . высшая и низшая теплота сгорания топлива связаны соотношением

$$Q_B = Q_H + Q_{\text{кон}} \quad (1.6)$$

Расчет теплоты сгорания горючей смеси соответственно для газообразных и жидких топлив производится по формулам [24]:

$$h_u^z = \frac{H_u^z}{1 + \alpha \cdot L_0^z}, \quad \text{ккал/м}^3; \quad h_u^{\text{жс}} = \frac{H_u^{\text{жс}}}{\left(\frac{v_T}{\mu_T}\right) + \alpha \cdot L_0^{\text{жс}}}, \quad \text{ккал/кг} \quad (1.7)$$

где  $H_u^z$ ,  $H_u^{\text{жс}}$  – низшая теплотворная способность соответственно газа (ккал/м<sup>3</sup>) и жидкого моторного топлива (ккал/кг);

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$L_u^z$ ,  $L_u^{\text{жс}}$  – теоретически необходимое количество воздуха соответственно для газа (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>) и жидкого моторного топлива (м<sup>3</sup>/кг);

$v_T = 23,6 \text{ м}^3$  – объем моля паров жидкого топлива;

$\mu_T$  – молекулярная масса жидкого топлива.

Для расчетов значениями  $v_T$  и  $\mu_T$  пренебрегают.

Таблица 1.3.  
Основные показатели сравниваемых моторных топлив

| Параметры   | товарная нефть               | дизельное        | бензин           | метанол   | этанол    | диметил-эфир |
|---|------------------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|--------------|
| Эмпирическая формула  | $C_{48}H_{65}S_{1,1}O_{3,2}$ | $C_{13}H_{22,5}$ | $C_{13}H_{23,5}$ | $CH_3OH$  | $C_2H_5O$ | $C_2H_5OH$   |
| Молекулярная масса  | 450...920                    | 200...300        | 120...180        | 32        | 46        | 46           |
| Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>                                | 0,76...1,35                  | 0,82..0,86       | 0,74..0,76       | 0,791     | 0,81      | 668          |
| Вязкость при 20 °С, °ВУ   | 1,0...5,0                    | 2,0...8,0        | 1,05..1,50       | 0,55      | 1,76      | 0,13         |
| Средний элементный состав, %:   |                              |                  |                  |           |           |              |
| – углерод   | 86...89                      | 87               | 85,0             | 37,5      | 52,2      | 52,2         |
| – водород   | 11...14                      | 12,6             | 15,0             | 12,5      | 13,0      | 13           |
| – кислород  | 0,1...1,9                    | 0,0035           | -                | 50,0      | 34,8      | 34,8         |
| – азот  | 0,02...1,7                   | -                | -                | -         | -         | -            |
| – сера  | 0,01...5,5                   | 0,0005           | 0,00003          | -         | -         | -            |
| Теплотворность топлива, МДж/кг  | 42,6...42,8                  | 40,2..42,9       | 43,3..44,0       | 19,7      | 25,9      | 28,8         |
| Стехиометрический коэфф., кг/кг                                       | -                            | 14,5             | 14,9             | 6,52      | 9         | 9            |
| Теплотворность стехиометрической смеси с воздухом, МДж/м <sup>3</sup> | -                            | 3,5...3,8        | 3,4...3,9        | 3,2...3,9 | 3,85      | 3,53         |
| Теплота парообразования, кДж/кг                                       | -                            | 250...270        | 330              | 1104      | 850       | 410          |
| Октановое число (исслед. метод)                                       | -                            | 3...5            | 80...100         | 106..135  | 108       | -            |
| Цетановое число   | -                            | 45...58          | 3...14           | 3...5     | 8         | 70           |

Алифатические спирты – это органические соединения, содержащие одну или несколько гидроксильных групп (гидроксил, -ОН), непосредственно связанных с атомом углерода в углеводородном радикале. Общая формула простых предельных спиртов  $C_nH_{2n+1}OH$ .

Этанол – этиловый спирт  $C_2H_5OH$  второй представитель гомологического ряда одноатомных спиртов. Легковоспламеняющаяся, бесцветная жидкость с характерным запахом. Физико-химические свойства этанола приведены ниже.

|                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Брутто-формула                    | $C_2H_5OH$                          |
| Молярная масса                    | 46,069г/моль                        |
| Внешний вид                       | Бесцветная жидкость                 |
| Плотность                         | 789,3 кг/м <sup>3</sup> при 20°С    |
| Температура плавления             | -114,1°С                            |
| Температура кипения               | 78,4°С                              |
| Температура самовоспламенения     | 363°С                               |
| Критическая точка                 | 241°С, 6,3 МПа                      |
| Вязкость                          | 1,2мПа с при 20°С                   |
| Поверхностное натяжение           | 22,39·10 <sup>-3</sup> Н/м при 20°С |
| Стандартная молярная теплоёмкость | 1,197 Дж/моль·К(г) (при 298 К)      |

Этанол, используемый в качестве топлива, денатурируют путем добавления небольшого количества бензина или других продуктов нефтехимии, что делает его непригодным для питья [25]. Этанол содержит 35 % кислорода. Добавки этанола в автомобильный бензин позволяют в несколько раз снизить количество выбросов оксидов углерода и азота, а также канцерогенных соединений. Этанол, обладая высоким октановым числом смешения [26], заменяет некоторые токсичные вещества, содержащиеся в бензине, а именно бензол и другие ароматические вещества. Этанол, добавляемый в состав бензина, способствует полному сгоранию топлива. При потреблении смесей с добавлением этанола также уменьшается выделение угарного газа. Исследования показали, что этанол способствует снижению концентрации вредных веществ в выбросах отработанных газов автомобилей, который приводят к образованию смога.

Наибольшее применения в качестве топлива нашёл абсолютированный этанол, содержащий не менее 99,5 % основного вещества. Задача обезвоживания этилового спирта решается ректификацией: азеотропной, экстрактивной, солевой и вакуумной, а также способами разделения, сочетающими ректификацию с расслаиванием,

адсорбцией, мембранным разделением. Абсолютированный этанол может быть получен методом ректификации при пониженном давлении. Всё большее значение приобретает процесс первапорации (испарения через мембрану), основанный на различии в скоростях проникновения компонентов через полимерный материал. Положительные свойства спиртовых топлив полностью проявляются при использовании их в чистом виде.

### **Зарубежный опыт применения этанола в моторном топливе.**

Исследования этанолсодержащих топливных композиций в России ведутся на протяжении уже более 20 лет, но полученные результаты до сих пор не нашли широкого промышленного применения.

В отечественной патентной документации уже существует определенное число запатентованных добавок на основе этанола.

Так, в патенте РФ №2068871 описана добавка к бензину, представляющая собой этиловый спирт, стабилизированный сивушными маслами – отходами гидролизного производства этилового спирта из древесного угля. Состав антидетонационной присадки на основе этанола приведен ниже:

| Компонент                | Содержание, % (мас.) |
|--------------------------|----------------------|
| Этанол, не менее         | 85                   |
| Сивушные масла, не более | 10                   |
| Вода, не более           | 5                    |

Топливная композиция на основе бензина содержит эту добавку в количестве 2-20 % (масс.) Использование стабилизированного этилового спирта в бензине снижает образование углеродистых отложений, уменьшает содержание в отработанных газах углерода, но при концентрациях, которые необходимы, чтобы получить существенное повышение октанового числа (>5 %), снижает теплотворную способность бензина, требует корректировки систем питания двигателя, что является

недостатком этой добавки. Ограничение верхнего предела содержания добавки [5 % (масс.)] значительно уменьшает ее октаноповышающие возможности.

Метанол (метиловый спирт, древесный спирт, карбинол, метилгидрат, метилгидроксид) –  $\text{CH}_3\text{OH}$ , простейший одноатомный спирт, бесцветная ядовитая жидкость. Метанол – это первый представитель гомологического ряда одноатомных спиртов. Физико-химического свойства метанола приведены ниже.

|                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Брутто-формула                | $\text{CH}_3\text{OH}$             |
| Молярная масса                | 32,04 г/моль                       |
| Внешний вид                   | Бесцветная жидкость                |
| Плотность                     | 791,8 кг/м <sup>3</sup>            |
| Растворимость в воде          | Полностью растворим                |
| Температура плавления         | -97°C                              |
| Температура кипения           | 64,7°C                             |
| Вязкость                      | 0,59 Пз при 20°C                   |
| Поверхностное натяжение       | 22,5·10 <sup>-3</sup> Н/м при 20°C |
| Температура вспышки           | 11°C                               |
| Температура самовоспламенения | 436°C                              |
| Пределы взрываемости          | 6,72-36,5 %                        |

Метанол – яд, действующий на нервную и сосудистую системы. Токсическое действие метанола обусловлено так называемым «летальным синтезом» - метаболическим окислением в организме до очень ядовитого формальдегида. Смертельная доза метанола при употреблении внутрь 30 г. и более, но тяжелое отравление, сопровождающееся слепотой, может быть вызвано 5-10 г.

Антидетонационная эффективность определялась измерением октанового числа базового бензина и смесей по исследовательскому методу на моторной установке УИТ-85. На рисунках 1.11. представлены полученные результаты. Из графиков видно, что антидетонационная эффективность снижается в ряду метанол – этанол – изопропанол – изобутанол, что подтверждает литературные данные [47,48].

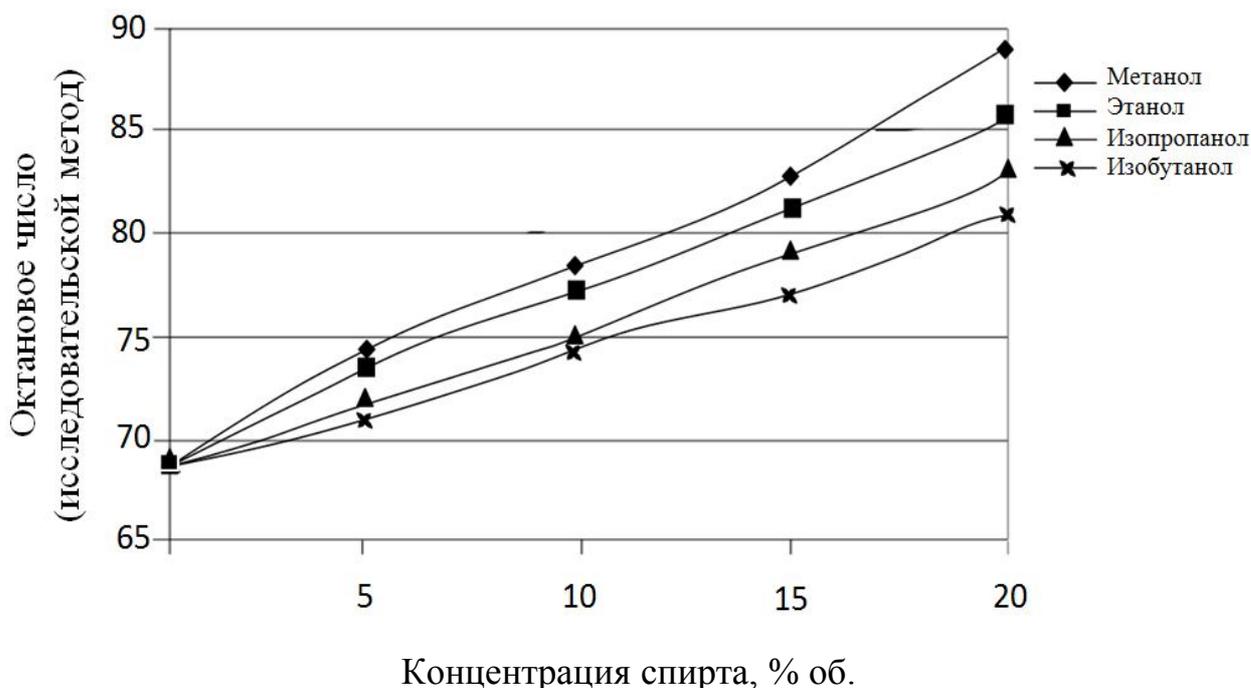


Рис. 1.11. Зависимость октанового числа спирто-бензиновой композиции от концентрации спирта в бензине риформинга

Высокие антидетонационные свойства метанола в сочетании с возможностью его производства из не нефтяного сырья позволяют рассматривать этот продукт в качестве перспективного высокооктанового компонента автомобильных бензинов, получивших название бензино-метанольных смесей. Оптимальная добавка метанола, рекомендуемая к применению в автомобилях с двигателем обычной конструкции – до 3 %; при таких концентрациях бензино-спиртовая смесь характеризуется удовлетворительными эксплуатационными свойствами и дает заметный экономический эффект. Добавка метанола к бензину снижает теплоту сгорания топлива и стехиометрический коэффициент при незначительных изменениях теплоты сгорания топливовоздушной смеси. Вследствие

изменения стехиометрических характеристик использования 15 %-й добавки метанола (смесь М15) в стандартной системе питания ведет к обеднению топливоздушная смеси примерно на 7 %. В то же время при введении метанола повышается октановое число топлива (в среднем на 3–8 единиц для 15 %-й добавки), что позволяет компенсировать ухудшение энергетических показателей за счет повышения степени сжатия. Одновременно метанол улучшает процесс сгорания топлива благодаря образованию радикалов, активизирующих цепные реакции окисления. Исследования горения бензино-метанольных смесей в одноцилиндровых двигателях со стандартной и послышной системами смесеобразования показали, что добавка метанола сокращает период задержки воспламенения и продолжительность сгорания топлива. При этом теплоотвод из зоны реакции снижается, а предел обеднения смеси расширяется и становится максимальным для чистого метанола.

Технология автомобильных двигателей, работающих на метаноле, достаточно известна и отработана. Первое широко распространенное метаноловое топливо – это бензин М85 (смесь 85 % метанола и 15 % бензина). Чистый метанол создает проблемы при холодном пуске двигателя, поэтому добавляется 15 % бензина для повышения летучести топлива и легкости пуска. Топлива М-85 имеет октановое число 100. Высокое октановое число обеспечивает плавное сгорание при более высокой степени сжатия, чем в карбюраторных двигателях (без детонационных ударов). Более высокая степень сжатия позволяет эффективно изменить конструкцию двигателя, в которой можно оптимизировать расход энергии. Не случайно в течение ряда лет на гоночных автомобилях применяется чистый метанол. Метанол обеспечивает также более высокую скорость распространения фронта пламени, чем бензин, что повышает оборотность двигателя и улучшает его эффективность. Кроме того, обладая более высокой температурой испарения, метанол позволяет двигателю охлаждаться быстрее, благодаря

чему обыкновенный радиатор жидкостного охлаждения может быть заменен на воздушный, дающий экономию массы. Особенности эксплуатационных свойств метанола проявляются и при его использовании в смеси с бензином. Возрастают, например, эффективный КПД двигателя и его мощность, однако топливная экономичность при этом ухудшается. По данным, полученным на одноцилиндровой установке, при степени сжатия  $\varepsilon=8,6$  и числе оборотов  $n=2000 \text{ мин}^{-1}$  для смеси М20 (20 % метанола) в области эффективный КПД повышается примерно на 3 %, мощность – на 3-4 %, а расход топлива увеличивается на 8-10 %.

Добавки метанола к бензину в целом способствуют улучшению экологических характеристик отработанных газов автомобиля. Например, в исследованиях, выполненных на группе из 14 автомобилей с пробегом от 5 до 120 тыс. км, добавка 10 % метанола сократила выбросы CO и NO<sub>x</sub> в среднем соответственно на 38 и 8 % для всей группы автомобилей. [1000].

Использование метанола также может уменьшить эмиссию углеводородов на 30-40 % для топлива М85 и до 80 % для топлива М100. Эмиссия значительно ниже, когда метанол используется в автомобилях с топливными батареями, которые преобразовывают химическую энергию топлива в электричество.

Одной из наиболее серьезных проблем, затрудняющих применение добавок метанола, является низкая стабильность бензино-метанольных смесей и особенно чувствительность их к воде. Различие плотностей бензина и метанола и высокая растворимость последнего в воде приводят к тому, что попадание даже небольших количеств воды в смесь ведет к ее немедленному расслоению и осаждению водно-метанольной фазы. Склонность к расслоению усиливается с понижением температуры, увеличением концентрации воды и уменьшением содержания ароматических соединений в бензине. Например при повышении содержания воды в топливной смеси от 0,2 до 1,0 % (об.) температура

расслаивания повышается от  $-20$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ , т.е. такая смесь практически непригодна для эксплуатации.

Для стабилизации бензино-метанольных смесей используют добавки – пропанол, изопропанол, изобутанол и другие спирты. Добавка 1 % изопропанола снижает температуру расслоения почти на  $10^{\circ}\text{C}$ , а добавка 25 % сохраняет стабильность смесей М15 даже с низким содержанием ароматических соединений в бензине практически до  $-40^{\circ}\text{C}$  в широком диапазоне содержания воды.

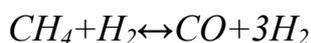
Метанол в качестве топлива имеет преимущества перед бензином. К преимуществам можно отнести высокое октановое число, экологическую безопасность, отсутствие в отработанных газах оксидов серы и снижение на 1/3 выбросов оксидов азота. Давление насыщенных паров по Рейду чистого метилового спирта приблизительно в два раза ниже, чем бензина, и риск образования «паровых пробок» минимален. Однако отсутствие низкокипящих компонентов в метанольном топливе ведет к некоторым осложнениям с холодным запуском двигателя, поэтому к чистому метанолу следует добавлять небольшое количество более летучих компонентов, например эфиров. В начале прошлого столетия некоторые старые автомобили, например *Ford*, эксплуатировались на чистом метаноле. Долгие годы метанол использовали в гоночных автомобилях из-за его высокой детонационной стабильности и возможности увеличения мощности двигателя за счет повышения степени сжатия. Недостатки спирта как хорошего растворителя (спирты проникают в материал шлагов и герметичных уплотнений, что увеличивает потери топлива при испарении) легко преодолевались подбором соответствующих полимеров. В журнале конца 1970-х гг. [30] было отмечено мнение Р.Вильямса, главы формы *Roger Williams and economic services* (США, штат Филадельфия), который считали метанол перспективным топливом.

Цена литра метанола, как правило, не превышает цены высокооктанового бензина, но метанол имеет более низкую теплотворную

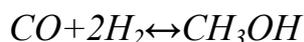
способность. Таким образом, расход метанола по сравнению с бензином при одинаковом километраже возрастает, что требует увеличения объемов топливных баков для одинакового пробега автомобиля на одной заправке. Когда метанол используется в топливных батареях, которые значительно более эффективны по сравнению с двигателями внутреннего сгорания, топливные затраты снижаются.

В связи с высокой стоимостью и ограниченностью производства стабилизаторов бензино-метанольных смесей предложено использовать в качестве стабилизирующей добавки смесь спиртов, главным образом изобутанола, проранола и этанола. Такая стабилизирующая добавка может быть получена в едином технологическом цикле совместного производства метанола и высших спиртов. Добавка даже небольших количеств метанола изменяет фракционный состав топлива. В результате усиливается склонность к образованию паровых пробок в топливоподающих магистралях, хотя при чистом метаноле это практически исключается из-за его высокой теплоты парообразования. Согласно расчетам, для 10 %-й смеси метанола с бензином образования паровых пробок возможно при температурах окружающего воздуха на 8–11 °С ниже, чем для базового топлива. Корректировка фракционного состава базового топлива возможно путем снижения содержания легких компонентов с учетом последующей добавки метанола.

На ряде производств налажено производство синтез-газа из природного газа по схеме:



Пропускание синтез-газа через медь-цинк-хромовый катализатор при давлении 30-32 МПа приводит к образованию метанола:



Затраты на получения метанола с примесью высших спиртов больше, чем получение традиционного метилового спирта. Однако качество его как высокооктановой добавки выше, так как основной технической проблемой

при смешении метанола с бензином является его высокая гигроскопичность и склонность к расслоению смеси уже в присутствии следов воды, что требует эффективных стабилизаторов.

Исследования японских специалистов показали, что использование метанола в качестве высокооктановой добавки к бензину нерационально. Причиной этого вывода стала не только высокая склонность к расслаиванию системы бензин-метанол-вода, но и понижение температуры выкипания 5 и 10 %-й композиции бензина с метиловым спиртом, что увеличивает опасность образования «паровых пробок» в топливо распределительной системы автомобиля. Без каких-либо проблем можно применять бензин с добавкой 3-5 % метанола, но такого количества недостаточно для получения бензина с высокими октановыми характеристиками. Поэтому рекомендуется использование чистого метанола как альтернативного топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Испытания БМС в реальных условиях эксплуатации грузовых автомобилей в разное время года и в различных климатических поясах показали положительные результаты: эксплуатационная надежность автомобилей не ухудшается, снижается уровень токсичности выхлопных газов (продуктов неполного сгорания – на 30-40 %, оксидов азота – на 8-10 %), данные медицинского обследования водителей ухудшения здоровья не выявили.

2. Способов улучшения эксплуатационных показателей композиционных топлив для ДВС с искровым зажиганием.

2.1. Производство метанола в Узбекистане и особенности использования его в качестве моторного топлива

При разработке новых рецептур смешения бензиновых фракций постоянно возникает задача оценки свойств получаемых смесей. Конечно, исчерпывающую характеристику указанных свойств можно получить в лабораторном анализе. Однако, это сопряжено с недопустимо высокой стоимостью проведения анализов, проблемами организационного и методического характера. В то же время современные информационные технологии позволяют во многом облегчить решение этой проблемы. Существуют разнообразные программные приложения, позволяющие с достаточной точностью моделировать значения показателей качества смесей, в т.ч. смесей бензиновых фракцией. Используя эти средства, можно значительный объем лабораторных исследований проводить в т.и. «виртуальной» лаборатории, экономя дорогостоящие материалы, оборудование, труд специалистов и, что не менее важно, время.

Ниже приведены краткие сведения о существующих методах измерения антидетонационных свойств бензинов (как экспериментальных, так и аналитических).

Антидетонационные свойства автомобильных бензинов. Методы определения

Антидетонационные свойства полученных топлив были испытаны на установке УИТ-65 (табл. 2.1.).

*Таблица 2.1.*  
*Антидетонационные свойства разработанных композиций*

| № | Антидетонатор                                     | Прирост октанового числа | Количество, % | Октановое число, ОЧМ |                    |
|---|---|--------------------------|---------------|----------------------|--------------------|
|   |   |                          |               | Исходный бензин      | Бензин с присадкой |
| 1 | КП-23 (М – 70 %, ИБ – 30 %)                       | 2,5                      | 10,0          | 76,0                 | 78,5               |
| 2 | КП-24 (М – 63 %, ИБ – 26 %, МА – 10 %, У – 1 %)   | 4,0                      | 10,0          | 76,0                 | 80,0               |
| 3 | КП-25 (М – 95 %, C <sub>2</sub> -C <sub>5</sub> – | 5,7                      | 10,0          | 76,0                 | 81,7               |

|     |  |     |      |      |      |
|-----|--|-----|------|------|------|
|     | 4 %, У – 1 %)  |     |      |      |      |
| 4   | КП-26 (Э – 25 %, П – 0,5 %, C <sub>2</sub> -C <sub>5</sub> – 74,5 %)   | 3,0 | 7,5  | 76,0 | 79,0 |
| 5   | Метанол  | 3,2 | 20,0 | 76,0 | 79,2 |
| 6*  | Hitech – 50 мг/л<br>ММА – 2 %  | 3,6 | 2,0  | 76,0 | 79,6 |
| 7*  | Hitech – 50 мг/л<br>ММА – 3 %  | 6,8 | 9,0  | 76,0 | 82,8 |
| 8*  | ММА + 18 мг/л Hitech   | 6,0 | 3,0  | 76,0 | 82,0 |
| 9*  | АС – 8 (метанол – 68-71 %);<br>C <sub>2</sub> – 2,0...2,5 %; C <sub>3</sub> – 3,0...3,5 %; i-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ОН – 21 %; C <sub>5</sub> – 3,5...4,5 % (ТУ 6-0303201081) | 5,1 | 2,0  | 76,0 | 81,1 |
| 10* | Метилацетат  | 4,2 | 8,0  | 76,0 | 80,2 |

Примечание: \* – данные Ферганского НПЗ

М – метанол; ИБ – изобутанол; Э – этанол; П – пентаэритрит; У – уротропин

Исследования композиционных топлив базируются на приемочные или квалификационные испытания, которые состоят из:

- лабораторно-стендовых (1-й этап), предназначенных для оценки физико-химических и эксплуатационных характеристик в соответствии с требованиями нормативных документаций (ГОСТ, ТУ, ТЗ и др.);
- стендовых (2-й этап), предназначенных для оценки показателей и надежности деталей, узлов, двигателей на данном виде топливе;
- полигонных (3-й этап), предназначенных для подтверждения технических характеристик двигателя уже в составе автомобиля;
- эксплуатационных (4-й этап), предназначенных для выявления особенностей использования нового топлива (нефтепродукта) в условиях эксплуатации техники, оценки его влияния на надежность техники, установление периодичности его технического обслуживания.

Для измерения интенсивности детонации исследовали методы, основанные на изменении температур и давлений. Практическое применение получил метод измерения средней температуры стенок камер сгорания, на базе которого разработан так называемый температурный

метод оценки детонационной стойкости бензинов. В современных методах для количественной оценки детонации пользуются измерением давления в камерах сгорания. Многочисленные исследования показали, что механические вибрации двигателя, акустические вибрации, колебания газа пламени в двигателях при детонации совпадают по частоте и, является следствием детонационного сгорания, могут быть использованы для его обнаружения и количественного измерения интенсивности. Наибольшее распространение получил прибор, измеряющий скорость нарастания давления в камере сгорания двигателя механическим способом (так называемая «игла Миджлея»). В настоящее время разработаны более современные электрические датчики давления (пьезокварцевые, индукционные, магнитострикционные, емкостные, тензометрические и др.) применение которых позволяет повысить точность измерений.

В нашей Республике в лабораторных условиях октановое число автомобильных бензинов и их компонентов измеряют на отечественных одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65, также используют зарубежные установки фирмы *Waukesh*.

Наряду с экспериментальными способами определения октановых характеристик бензинов используются также и расчетные, в которых с помощью математических вычислений определяются исследовательские и моторные октановые числа автомобильных бензинов. Наиболее известные из них это метод преобразования Мобила, метод взаимодействия Дюпона и метод Этила RT.

### **Топливные добавки и их свойства**

Деление присадок на типы при их классификации обычно производят исходя из назначения присадок; присадки различных типов подразделяют затем по механизму действия. Например, предлагается разделять присадки на стабилизаторы (позволяющие сохранять физико-химические и эксплуатационные свойства, присущие самим топливам) и модификаторы, придающие топливам новые качества. Последние, кроме

того, подразделяются на модификаторы радикального и коллоидно-химического характера, что удобно при подробном изучении механизма действия.

В главе 1 приведены классификация присадок к автомобильным топливам. В данной работе рассмотрены только те присадки и добавки, которые увеличивают энергосодержание топлив. Если низшая теплота сгорания бензина равно 44 МДж, то добавляемые добавки должны иметь более высокие значение по этому критерию. Вместе тем, топливные добавки должны отвечать требованиям автопроизводителей.

Теплота сгорания топлива является его основной качественной характеристикой. Для характеристики различных видов топлив служит удельная теплота сгорания, которая представляет собой количество теплоты, выделяемое при полном сгорании единицы массы (кДж/кг). Для газообразных топлив применяется показатель объемной теплоты сгорания, характеризующий количество теплоты, выделяемой при полном сгорании единицы объема (кДж/м<sup>3</sup>). Газообразное топливо оценивают также по молярной теплоте сгорания, то есть по количеству теплоты, выделяемой при полном сгорании одного моля газа (кДж/моль).

Различают низшую и высшую теплоту сгорания. В высшую теплоту сгорания входит количество теплоты, которое может быть выделено при конденсации водяных паров, находящихся в продуктах сгорания топлива.

При известном элементарном составе твердого и жидкого топлив теплоту их сгорания (кДж/кг) определяют по эмпирическим формулам, предложенной Д.И.Менделеевым:

$$Q_{рн} = 340C_p + 1035H_p - 109(O_p - S_{рл}) - 25W_p, \text{ кДж/кг} \quad (2.1)$$

$$Q_{рв} = 340C_p + 1260H_p - 109(O_p - S_{рл}), \text{ кДж/кг} \quad (2.2)$$

Теплота сгорания сухого газа кДж/м<sup>3</sup> определяют по объемному составу, %, и известной теплоте сгорания компонентов:

$$Q_{pн} = 358CН_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + \\ + 1465C_5H_{12} + 126,5CO + 107,5H_2 + 234H_2S, \quad \text{кДж/м}^3 \quad (2.3)$$

$$Q_{pн} = 398CН_4 + 700C_2H_6 + 995C_3H_8 + 1285C_4H_{10} + \\ + 1575C_5H_{12} + 126,5CO + 127,5H_2 + 257H_2S, \quad \text{кДж/м}^3 \quad (2.4)$$

Если в состав газа входят неизвестные углеводородные компоненты (при условии, что содержание метана известно), то сумму углеводородов условно принимают как содержание этана  $C_2H_4$  и теплоту сгорания рассчитывают по формулам, аналогичным уравнениям (2.2) и (2.3).

Отношение  $Q_{pн}$  данного топлива к  $Q_{y.т.}$  условного топлива называется топливным эквивалентом –  $\mathcal{E}$ . Тогда для расчета расхода натурального топлива  $V_n$  в условное  $V_{y.т.}$ , достаточно величину  $V_n$  умножить на эквивалент  $\mathcal{E}$ , т.е.:

$$V_{y.т.} = V_n * \mathcal{E} = V_n * (Q_{pн} / Q_{y.т.}) \quad (2.5)$$

Низшая, или рабочая, теплота сгорания  $O_n$  - это теплота сгорания, получаемая в практических условиях. Теплоту сгорания определяют также опытным путем, сжигая определенное количество топлива в специальных приборах (калориметрах). Теплоту сгорания оценивают по повышению температуры воды в калориметре. Для сравнения топлив введено понятие условное топливо. За единицу такого топлива принято топливо, которое при полном сгорании 1 кг или  $1\text{м}^3$  выделяет 29307,6 кДж. Чтобы перевести любое топливо в условное и потом сравнить его с другими, нужно теплоту сгорания данного топлива разделить на теплоту сгорания условного топлива. Полученное число представляет собой калорийный эквивалент данного топлива и показывает, во сколько раз реальное топливо выделяет больше или меньше теплоты по сравнению с условным.

В работе приготовлены композиции из прямогонного бензина и риформата различного состава (табл. 2.2.). Добавка добавлялась в количестве 15 % об.

Таблица 2.2  
Составы бензиновых композиций

| Прямогонный бензин, % об. | Бензин риформинга, % об. |
|---------------------------|--------------------------|
| 90                        | 10                       |
| 80                        | 20                       |
| 70                        | 30                       |
| 60                        | 40                       |
| 50                        | 50                       |

Композиции были проанализированы на октановое число на моторной установке УИТ-85. Результаты представлены на рис. 2.1.

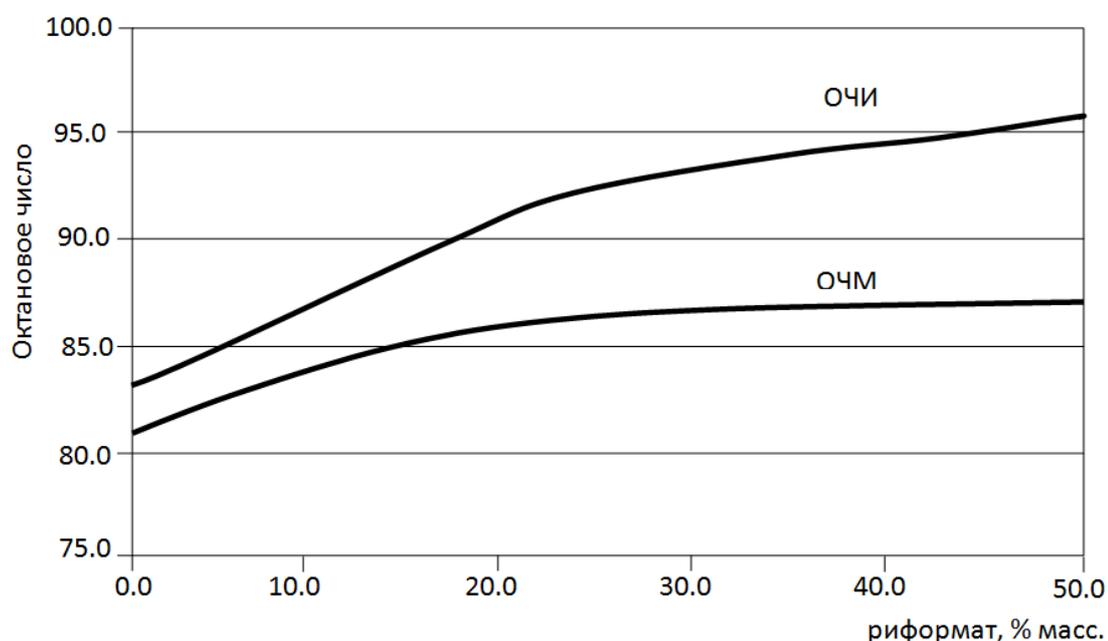


Рис. 2.1. Изменение октановых чисел спирто-бензиновых смесей от содержания в смеси бензина риформинга. Содержание добавки 15 % об.

Из рис. Видно, что топливная композиция, содержащая 30 % об. риформата, по октановым характеристикам соответствует нормативам на бензин марки Регуляр-92, а детонационная стойкость композиции, содержащей 50 % об. риформата, аналогична бензину Премиум-95.

Испытания одноцилиндровой установки при  $\varepsilon = 8,6$  и  $n = 2000$  мин-1 для смеси М20

(20 % метанола) в области  $\alpha = 1,0...1,3$  эффективный КПД повышается на 3 %, мощность на 3...4 %, а расход топлива увеличивается на 8...10 %.

Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-513 при работе на метаноле и бензине приведена на рис. 2.2.

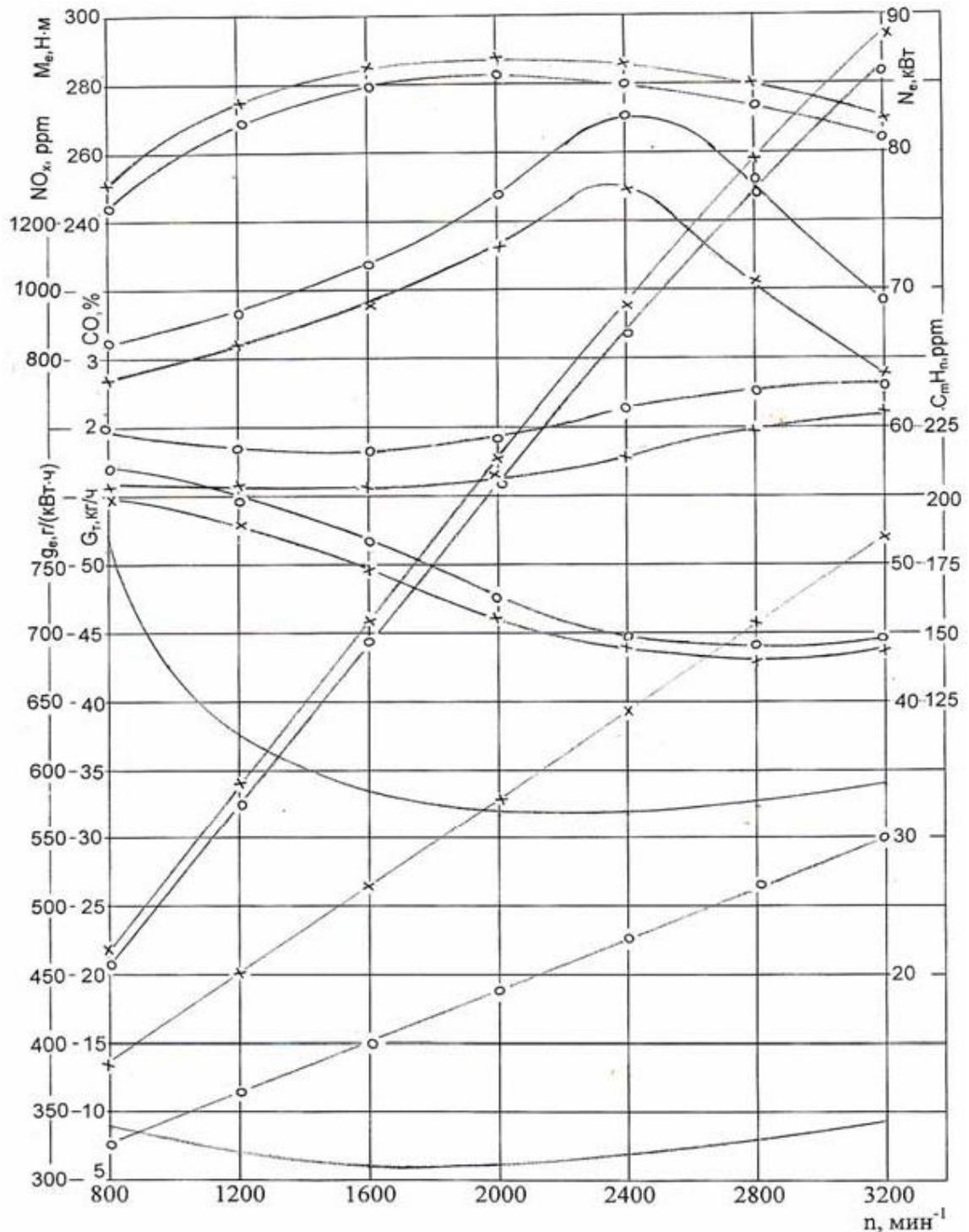


Рисунок 2.2. Внешняя скоростная характеристика ЗМЗ – 513 при работе на метаноле и бензине: x---x – спирт; o----o – бензин.

Использование метанола смеси сопровождается увеличением эффективного КПД двигателя и его мощности, но ведет к ухудшению топливной экономичности. При работе ДВС со степенью сжатия равной

8,5 на метаноле мощностные показатели возросли на 4 %, а расход топлива в весовом отношении возрос в два раза.

В дорожных условиях весовой расход метанола автомобиля ГАЗ-33075 при движении с установившейся скоростью 60 км/ч составил 37,5 л/100 км против 25 л/100 км при работе на бензине. Метанол позволяет применять его в качестве топлива без присадок бензина. В этом случае необходимо увеличить подогрев горючей смеси, улучшить пусковые характеристики холодного двигателя, а также изменить состав смеси.

Сравнительные испытания двигателя на бензине и метаноле приведены в табл.2.3.

*Таблица.2.3.*  
*Сравнительная оценка ОГ на различных видах топлива.*

| Топливо | Вредные примеси, г/км |                               |                 |                 | Расход топлива, л(кг)/100 км |
|---------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|         | СО                    | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub> | CO <sub>2</sub> |                              |
| Бензин  | 57,0                  | 6,2                           | 6,9             | 338             | 15,0/10,8 кг                 |
| БСМ-15  | 50,0                  | 5,6                           | 6,2             | 318             | 16,1/12,2 кг                 |
| Метанол | 35,5                  | 4,2                           | 5,8             | 246             | 22,5/18,0 кг                 |

В таблице 2.4 приведена удельная теплота сгорания различных топлив.

*Таблица 2.4*  
*Удельная теплота сгорания топлива*

| Топливо           | Химическая формула              | Удельная теплота сгорания, кДж/кг |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Бензин            | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | 44000                             |
| Керосин           | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> | 43500                             |
| Дизельное топливо |                                 | 42000                             |
| Сжиженный газ     |                                 | 45200                             |
| Ацетилен          | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>   | 48268,8                           |
| Бериллий          | Be <sub>2</sub>                 | 67836,1                           |
| Водород           | H <sub>2</sub>                  | 120043,5                          |

|                |                                 |         |
|----------------|---------------------------------|---------|
| Метанол        | CH <sub>3</sub> OH              | 19700   |
| Диборан        | B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | 73031,7 |
| Тетраборан     | B <sub>3</sub> H <sub>7</sub>   | 69973,0 |
| Пентаборан     | B <sub>5</sub> H <sub>9</sub>   | 67794,2 |
| Декаборан      | B <sub>10</sub> H <sub>14</sub> | 60336,0 |
| Суспензия бора |                                 |         |
| - в керосине   |                                 | 54051,0 |
| - в петаборане |                                 | 60336,0 |

Однако для эксплуатации важно как массовая, так и объемная теплота сгорания. В этом случае определяется показатель – индекс топлива, как отношение произведения объемной и массовой теплота сгорания опытного топлива к такому же произведению базового топлива который рассчитывается следующим образом [24].

$$I = \frac{Q_{мас}^O \cdot Q_{об}^O}{Q_{мас}^B \cdot Q_{об}^B} \quad (2.6)$$

Для бензина или дизельного топлива знаменатель является постоянной величиной, равной соответственно 44000 и 4200 кДж.

Из таких веществ наиболее известным является водород. Кроме этого известны также ацетилен, бериллий, бор, диборан и т.д.

Данные вещества должны отвечать следующим требованиям:

- хорошая растворимость в жидких углеводородах;
- полученный раствор должен быть химически стабильным;
- исключение образование отложений на стенках систем питания и деталей цилиндра-поршневой группы;

исключение образование вредных веществ отработавших газов.

## 2.2 Тепловой расчет двигателя с искровым зажиганием работающего на композиционными топливами

На тепловом расчете двигателя с искровым зажиганием работающего с композиционными (бензин 95% +метанол 5%) топливами необходимо пересчитать некоторые показатели топлив при процентном соотношении.

Элементарный состав топлива:

$$\text{Молекулярная масса топлива } M = 0,95M^B + 0,05M^M = 0,95 \cdot 115 + 0,05 \cdot 32 = 110,6 \text{ кг/моль}$$

$$\text{Низшая теплотворная способность } H_u = 0,95H^B + 0,05H^M = 0,95 \cdot 44000 + 0,05 \cdot 22700 = 42900 \text{ кДж/кг}$$

$$\text{Содержание углерода } C = 0,95B + 0,05M = 0,95 \cdot 0,855 + 0,05 \cdot 0,375 = 0,831$$

$$\text{Содержание водорода } H = 0,95B + 0,05M = 0,95 \cdot 0,145 + 0,05 \cdot 0,125 = 0,144$$

$$\text{Содержание кислорода } O = 0,95B + 0,05M = 0,95 \cdot 0,01 + 0,05 \cdot 0,5 = 0,0345$$

### Тепловой расчет двигателя бензиновыми и композиционными топливами

#### Исходные данные:

| №   | Наименование вводимого параметра          | Ед.               | Обоз.          | Бензин АИ-91 | Композ. топлива. |
|-----|---|-------------------|----------------|--------------|------------------|
| 0 1 | Мощность                                  | кВт               | $N_e$          | 120          | 120              |
| 0 2 | Номинальная частота вращения кол./вала    | мин <sup>-1</sup> | $n_N$          | 5600         | 5600             |
| 0 3 | Степень сжатия                            | -                 | $\epsilon$     | 8,6          | 8,6              |
| 0 4 | Коэффициент избытка воздуха               | -                 | $\alpha$       | 1,05         | 1,05             |
| 0 5 | Отношение хода поршня к диаметру цилиндра | -                 | S/D            | 1,06         | 1,06             |
| 0 6 | Число и расположение цилиндров (P,V)      | -                 | I              | 4            | 4                |
| 0 7 | Топливо:( элементарный состав)            |                   |                |              |                  |
|     | _содержание углерода                      | -                 | C              | 0,855        | 0,831            |
|     | _содержание водорода                      | -                 | H              | 0,145        | 0,144            |
|     | _содержание кислорода                     | -                 | O <sub>T</sub> | 0            | 0,0345           |
|     | _молекулярная масса топлива               | кг/кмоль          | $m_T$          | 115          | 110,6            |
|     | _низшая теплота сгорания                  | кДж/кг            | $H_u$          | 44000        | 42900            |
| 0 8 | Тактность двигателя                       | -                 | $\dot{I}$      | 4            | 4                |

#### Результаты расчета

##### I. Параметры рабочего тела

#### Исходные данные:

|     |   |   |   |     |     |
|-----|---|---|---|-----|-----|
| 1 1 | Постоянная, зависящая от отношения количества $H_2$ к CO в продуктах сгорания | - | K | 0,5 | 0,5 |
|-----|---|---|---|-----|-----|

**Расчет:**

|     |   |       |              |         |         |
|-----|---|-------|--------------|---------|---------|
| 1 2 | Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:                        |       |              |         |         |
|     | $I_0=(1/0,23)*(8/3*C + 8*N - O_T)$  | кг    | $I_0$        | 14,957  | 14,493  |
|     | $L_0=(1/0,208)*(C/12 + H/4 - O_T/32)$   | кмоль | $L_0$        | 0,5168  | 0,5008  |
|     | *при расчетах содержание $O_2$ в воздухе принято по объему 20,8 %; по массе- 23 %.            |       |              |         |         |
| 1 3 | Действительное количество воздуха, участвующего в сгорании 1 кг топлива при принятом $\alpha$ | кг    | $\alpha*I_0$ | 15,704  | 15,218  |
|     |   | кмоль | $\alpha*L_0$ | 0,5427  | 0,5259  |
| 1 4 | Суммарное количество свежей смеси:  |       |              |         |         |
|     | $G_1=1 + \alpha*I_0$  | кг    | $G_1$        | 16,704  | 16,218  |
|     | или $M_1=1/m_T + \alpha*L_0$  | кмоль | $M_1$        | 0,5514  | 0,5346  |
| 1 5 | Количество отдельных компонентов продуктов сгорания (при $K=0,5$ ), кмоль/кг топл.            |       |              |         |         |
|     | а) $mCO_2=(C/12)-(2*(1-\alpha)/(1+K))*0,208*L_0$  |       | $mCO_2$      | 0,0784  | 0,0762  |
|     | б) $mCO=(2*(1-\alpha)/(1+K))*0,208*L_0$   |       | $mCO$        | -0,0072 | -0,0069 |
|     | в) $mH_2O=(H/2)-(2*K*(1-\alpha)/(1+K))*0,208*L_0$   |       | $mH_2O$      | 0,0761  | 0,0755  |
|     | г) $mH_2=(2*K*(1-\alpha)/(1+K))*0,208*L_0$  |       | $mH_2$       | -0,0036 | -0,0035 |
|     | д) $mN_2=0,792*\alpha*L_0$  |       | $mN_2$       | 0,4298  | 0,4165  |
| 1 6 | Суммарное количество продуктов сгорания   | кмоль | $M_2$        | 0,5735  | 0,5577  |
|     | $M_2=mCO_2 + mCO + mH_2O + mH_2 + mN_2$   |       |              |         |         |
|     | или   |       |              |         |         |
|     | $M_2=C/12 + H/2 + 0,792*\alpha*L_0$   |       | $M_2$        | 0,5735  | 0,5577  |
| 1 7 | Приращение объема   | кмоль | $\Delta M$   | 0,0222  | 0,0232  |
|     | $\Delta M= M_2 - M_1$   |       |              |         |         |

**II. Параметры окружающей среды и остаточные газы****Исходные данные:**

|     |   |             |            |       |       |
|-----|---|-------------|------------|-------|-------|
| 2 1 | Параметры окружающей среды:                             |             |            |       |       |
|     | _ давление  | МПа         | $P_0$      | 0,1   | 0,1   |
|     | _ температура   | $^{\circ}K$ | $T_0$      | 293   | 293   |
| 2 2 | Приращение температуры подогрева свежего заряда (смеси) | $^{\circ}C$ | $\Delta T$ | 15    | 15    |
| 2 3 | Давление остаточных газов                               | МПа         | $P_r$      | 0,118 | 0,118 |
| 2 4 | Температура остаточных газов                            | $^{\circ}K$ | $T_r$      | 1060  | 1060  |

**III. Процесс впуска****Исходные данные:**

|     |  |                          |                 |     |     |
|-----|--|--------------------------|-----------------|-----|-----|
| 3 1 | Удельная газовая постоянная для воздуха  | Дж/(кг* $^{\circ}$ град) | $R_v$           | 287 | 287 |
| 3 2 | Суммарный коэффициент, учитывающий гашение скорости и сопротивление впускной системы, отнесенный к сечению в клапане | -                        | $\beta^2 + \xi$ | 2,8 | 2,8 |

|                |   |                   |                        |       |       |
|----------------|---|-------------------|------------------------|-------|-------|
| 3 3            | Скорость движения заряда в сечении клапана  | м/с               | $\omega_{\text{кл}}$   | 95    | 95    |
| 3 4            | Коэффициент очистки   | -                 | $\varphi_{\text{оч}}$  | 1     | 1     |
| 3 5            | Коэффициент дозарядки   | -                 | $\varphi_{\text{доз}}$ | 1,1   | 1,1   |
| <b>Расчет:</b> |   |                   |                        |       |       |
| 3 6            | Плотность заряда на впуске<br>$\rho_0 = P_0 \cdot 10^6 / (R_B \cdot T_0)$   | кг/м <sup>3</sup> | $\rho_0$               | 1,189 | 1,189 |
| 3 7            | Давление в конце впуска (при $P_k = P_0$ )<br>$P_a = P_0 - (\beta^2 + \xi) \cdot 0,5 \cdot \omega_{\text{кл}}^2 \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6}$   | МПа               | $P_a$                  | 0,085 | 0,085 |
| 3 8            | Коэффициент остаточных газов (при $T_k = T_0$ )<br>$\gamma_r = ((T_0 + \Delta T) / T_r) \cdot ((\varphi_{\text{оч}} \cdot P_r) / (\varphi_{\text{доз}} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{\text{оч}} \cdot P_r))$ | -                 | $\gamma_r$             | 0,047 | 0,047 |
| 3 9            | Температура конца впуска (при $T_k = T_0$ ; $\varphi = 1$ )<br>$T_a = (T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r) / (1 + \gamma_r)$   | °К                | $T_a$                  | 342,0 | 342,0 |
| 3 10           | Коэффициент наполнения<br>$\eta_V = (T_0 / (T_0 + \Delta T)) \cdot (1 / (\varepsilon - 1)) \cdot (1 / P_0) \cdot (\varphi_{\text{доз}} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{\text{оч}} \cdot P_r)$                  | -                 | $\eta_V$               | 0,860 | 0,860 |

#### IV. Процесс сжатия

##### Исходные данные:

|                |  |     |                        |        |        |
|----------------|--|-----|------------------------|--------|--------|
| 4 1            | Показатель политропы сжатия  | -   | $n_1$                  | 1,377  | 1,377  |
| <b>Расчет:</b> |  |     |                        |        |        |
| 4 2            | Давление в конце сжатия<br>$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}$   | МПа | $P_c$                  | 1,751  | 1,751  |
| 4 3            | Температура в конце сжатия<br>$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{(n_1 - 1)}$  | °К  | $T_c$                  | 783,1  | 783,1  |
| 4 4            | Средняя мольная теплоемкость в конце сжатия:   |     |                        |        |        |
|                | а) свежей смеси (воздуха), кДж/(кмоль*град)<br>$(m_{cV})_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} \cdot t_c$ , где<br>$t_c = T_c - 273$  | °С  | $(m_{cV})_{t_0}^{t_c}$ | 21,946 | 21,946 |
|                | б) остаточных газов, кДж/(кмоль*град)<br>$(m_{cV})_{t_0}^{t_c} = 23,867 + 0,00417 \cdot (t_c - 500) + 1,47 \cdot (\alpha - 0,9)$<br>**в диапазоне температуры $t_c = 400 - 600$ °С и $\alpha = 0,8 - 1,0$ погрешность по данной формуле не превышает +/- 0,1%. |     | $(m_{cV})_{t_0}^{t_c}$ | 24,13  | 24,13  |
|                | в) рабочей смеси, кДж/(кмоль*град)<br>$(m_{cV})_{t_0}^{t_c} = (1 / (1 + \gamma_r)) \cdot ((m_{cV})_{t_0}^{t_c} + \gamma_r \cdot (m_{cV})_{t_0}^{t_c})$   |     | $(m_{cV})_{t_0}^{t_c}$ | 22,045 | 22,045 |

#### V. Процесс сгорания

##### Исходные данные:

|                |                                   |   |         |      |      |
|----------------|-----------------------------------|---|---------|------|------|
| 5 1            | Коэффициент использования теплоты | - | $\xi_z$ | 0,91 | 0,91 |
| <b>Расчет:</b> |                                   |   |         |      |      |

|      |   |             |                              |         |         |
|------|---|-------------|------------------------------|---------|---------|
| 5 2  | Коэффициент молекулярного изменения горючей смеси<br>$\mu_0 = M_2/M_1$  | -           | $\mu_0$                      | 1,040   | 1,043   |
| 5 3  | Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси<br>$\mu = (\mu_0 + \gamma_r)/(1 + \gamma_r)$  | -           | $\mu$                        | 1,038   | 1,041   |
| 5 4  | Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания топлива<br>$\Delta H_u = 119950 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0$   | кДж/кг      | $\Delta H_u$                 | -3099,7 | -3003,7 |
| 5 5  | Теплота сгорания рабочей смеси, кДж/кмоль р.см.<br>$H_{p.c.m.} = (H_u - \Delta H_u) / (M_1 \cdot (1 + \gamma_r))$   |             | $H_{p.c.m.}$                 | 81558   | 81985   |
| 5 6  | Средняя мольная теплоемкость продуктов сгорания, кДж/(кмоль*град)<br>$(mc''_v)_{to}^{tz} = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot (mc''_{v CO_2})_{to}^{tz} + mCO \cdot (mc''_{v CO})_{to}^{tz} + mH_2O \cdot (mc''_{v H_2O})_{to}^{tz} + mH_2 \cdot (mc''_{v H_2})_{to}^{tz} + mN_2 \cdot (mc''_{v N_2})_{to}^{tz}) = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot (39,123 + 0,003349 \cdot t_z) + mCO \cdot (22,490 + 0,00143 \cdot t_z) + mH_2O \cdot (26,670 + 0,004438 \cdot t_z) + mH_2 \cdot (19,678 + 0,001758 \cdot t_z) + mN_2 \cdot (21,951 + 0,001457 \cdot t_z)) = \Sigma A + \Sigma B \cdot t_z$<br>где:<br>$\Sigma A = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot 39,123 + mCO \cdot 22,490 + mH_2O \cdot 26,670 + mH_2 \cdot 19,678 + mN_2 \cdot 21,951)$<br>$\Sigma B = (1/M_2) \cdot (mCO_2 \cdot 0,003349 + mCO \cdot 0,00143 + mH_2O \cdot 0,004438 + mH_2 \cdot 0,001758 + mN_2 \cdot 0,001457)$ |             |                              |         |         |
|      |   |             | <b><math>\Sigma A</math></b> | 24,932  | 24,943  |
|      |   |             | <b><math>\Sigma B</math></b> | 0,0021  | 0,0021  |
| 5 7  | Температура в конце видимого процесса сгоран.<br>$\xi_z \cdot H_{p.c.m.} + (mc'_v)_{to}^{tc} \cdot t_c = \mu \cdot (mc''_v)_{to}^{tz} \cdot t_z$<br>или<br>$\Sigma B \cdot t_z^2 + \Sigma A \cdot t_z - H' = 0$<br>где:<br>$H' = (\xi_z \cdot H_{p.c.m.} + (mc'_v)_{to}^{tc} \cdot t_c) / \mu$<br>тогда<br>$t_z = (-\Sigma A + (\Sigma A^2 + 4 \cdot \Sigma B \cdot H')^{0,5}) / (2 \cdot \Sigma B)$<br>$T_z = t_z + 273$   |             |                              |         |         |
|      |   |             | $H'$                         | 82301,6 | 82439,2 |
|      |   | $^{\circ}C$ | $t_z$                        | 2689,1  | 2690,6  |
|      |   | $^{\circ}K$ | $T_z$                        | 2962,1  | 2963,6  |
| 5 8  | Максимальное давление сгорания теоретич.<br>$P_z = P_c \cdot \mu \cdot T_z / T_c$   | МПа         | $P_z$                        | 6,878   | 6,901   |
| 5 9  | Максимальное давление сгорания действит.<br>$P_{zd} = 0,85 \cdot P_z$   | МПа         | $P_{zd}$                     | 5,846   | 5,866   |
| 5 10 | Степень повышения давления<br>$\lambda = P_z / P_c$   | -           | $\lambda$                    | 3,93    | 3,94    |

**VI. Процессы расширения и выпуска**  
**Исходные данные:**

|     |   |                    |               |        |        |
|-----|---|--------------------|---------------|--------|--------|
| 6 1 | Показатель политропы расширения<br><b>Расчет:</b>   | -                  | $n_2$         | 1,251  | 1,251  |
| 6 2 | Давление в конце процесса расширения<br>$P_b = P_z / \varepsilon^{n_2}$   | МПа                | $P_b$         | 0,440  | 0,442  |
| 6 3 | Температура в конце процесса расширения<br>$T_b = T_z / \varepsilon^{(n_2-1)}$  | $^{\circ}\text{K}$ | $T_b$         | 1706,4 | 1707,3 |
| 6 4 | Проверка ранее принятой температуры остаточных газов<br>$T_r' = T_b / (P_b / P_r)^{1/3}$  | $^{\circ}\text{K}$ | $T_r'$        | 1100,3 | 1099,6 |
| 6 5 | $\Delta = 100(T_r' - T_r) / T_r$<br><b>VII. Индикаторные параметры рабочего цикла</b><br><b>Исходные данные:</b>  | %                  | $\Delta$      | 3,8    | 3,7    |
| 7 1 | Коэффициент полноты диаграммы<br><b>Расчет:</b>   | -                  | $\varphi_{и}$ | 0,96   | 0,96   |
| 7 2 | Теоретическое среднее индикаторное давление<br>$P_i' = (P_c / (\varepsilon - 1)) * ((\lambda / (n_2 - 1)) * (1 - (1 / \varepsilon^{(n_2 - 1)})) - (1 / (n_1 - 1)) * (1 - (1 / \varepsilon^{(n_1 - 1)})))$ | МПа                | $P_i'$        | 1,125  | 1,130  |
| 7 3 | Среднее индикаторное давление<br>$P_i = \varphi_{и} * P_i'$   | МПа                | $P_i$         | 1,080  | 1,085  |
| 7 4 | Индикаторный к.п.д.<br>$\eta_i = P_i * l_0 * \alpha / (0,001 * H_u * \rho_0 * \eta_v)$  | -                  | $\eta_i$      | 0,377  | 0,376  |
| 7 5 | Индикаторный удельный расход топлива<br>$g_i = 3600 / (0,001 * H_u * \eta_i)$<br><b>VIII. Эффективные показатели двигателя</b><br><b>Исходные данные:</b>   | г/(кВт*ч)          | $g_i$         | 217,1  | 223,1  |
| 8 1 | Средняя скорость поршня (при $n_N$ мин $^{-1}$ )<br><b>Расчет:</b>  | м/с                | $V'_{п.ср.}$  | 19     | 19     |
| 8 2 | Среднее давление механических потерь<br>$P_M = 0,034 + 0,0113 * V'_{п.ср.}$   | МПа                | $P_M$         | 0,249  | 0,249  |
| 8 3 | Среднее эффективное давление<br>$P_e = P_i - P_M$   | МПа                | $P_e$         | 0,831  | 0,836  |
| 8 4 | Механический к.п.д.<br>$\eta_M = P_e / P_i$   | -                  | $\eta_M$      | 0,770  | 0,771  |
| 8 5 | Эффективный к.п.д.<br>$\eta_e = \eta_i * \eta_M$  | -                  | $\eta_e$      | 0,290  | 0,290  |
| 8 6 | Эффективный удельный расход топлива<br>$g_e = 3600 / (0,001 * H_u * \eta_e)$<br><b>IX. Основные параметры цилиндра и двигателя</b><br><b>Расчет:</b>  | г/(кВт*ч)          | $g_e$         | 282,0  | 289,4  |
| 9 1 | Литраж двигателя<br>$V_L = 30 * \dot{I} * N_e / (P_e * n_N)$ ( $\dot{I}$ -тактность=4)  | л                  | $V_L$         | 3,15   | 3,13   |

|     |  |     |             |       |       |
|-----|--|-----|-------------|-------|-------|
| 9 2 | Рабочий объем одного цилиндра<br>$V_h = V_{л}/l$                               | л   | $V_h$       | 0,79  | 0,78  |
| 9 3 | Диаметр цилиндра (расчетный)<br>$D' = (10^6 * 4 * V_h / (3,14 * (S/D)))^{1/3}$ | мм  | $D'$        | 100,1 | 99,9  |
| 9 4 | Окончательно примем диаметр цилиндра   | мм  | $D$         | 100,0 | 100,0 |
| 9 5 | Ход поршня (расчетный)<br>$S' = 10^6 * 4 * V_h / (3,14 * D^2)$                 | мм  | $S'$        | 100,3 | 99,7  |
| 9 6 | Окончательно примем ход поршня   | мм  | $S$         | 100,0 | 100,0 |
| 9 7 | Полученная средняя скорость поршня<br>$V_{п.ср.} = S * n_N / (3 * 10^4)$       | м/с | $V_{п.ср.}$ | 18,33 | 18,33 |
| 9 8 | $\Delta = 100 * (V'_{п.ср.} - V_{п.ср.}) / V_{п.ср.}$                          | %   | $\Delta$    | 3,64  | 3,64  |

По окончательным значениям S и D определим основные параметры двигателя

**Тогда:**

|      |  |       |         |        |        |
|------|--|-------|---------|--------|--------|
| 9 9  | Литраж двигателя<br>$V_{л} = 3,14 * D^2 * S * l / (4 * 10^6)$                              | мм    | $V_{л}$ | 3,14   | 3,14   |
| 9 10 | Мощность двигателя<br>$N_e = P_e * V_{л} * n_N / (30 * \dot{I})$ ( $\dot{I}$ -тактность=4) | кВт   | $N_e$   | 119,63 | 120,31 |
| 9 11 | Крутящий момент<br>$M_e = (3 * 10^4 / 3,14) * (N_e / n_N)$                                 | Н*м   | $M_e$   | 207,81 | 208,99 |
| 9 12 | Часовой расход топлива<br>$G_T = N_e * g_e * 10^{-3}$                                      | кг/ч  | $G_T$   | 33,74  | 34,82  |
| 9 13 | Литровая мощность двигателя  | кВт/л | $N_{л}$ | 38,10  | 38,31  |

3. Разработка оценочных критериев к составу разрабатываемых топливных добавок

### 3.1. Испытания бензино-спиртовых моторных топлив

Экспериментальное исследование свойств автомобильных бензинов проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 8226 или ГОСТ 511.

С помощью двигателя установленного на тормозном стенде проводится испытания.

Для проведения экспериментальных исследований приготавливаются топлива, состоящие из метанола 5 % добавок к бензину приведённых в гл.2. В качестве эталонного топлива используется бензин А-91.

Режим работы установки:

Объектом испытаний в данной работе являлся двигатель внутреннего сгорания модель А15VF, который может устанавливаться на легковой автомобиль NEXIA. В таблице 3.1 приведены технические данные двигатель А15VF. Общий вид двигатель А15VF представлен на рисунке 3.1.

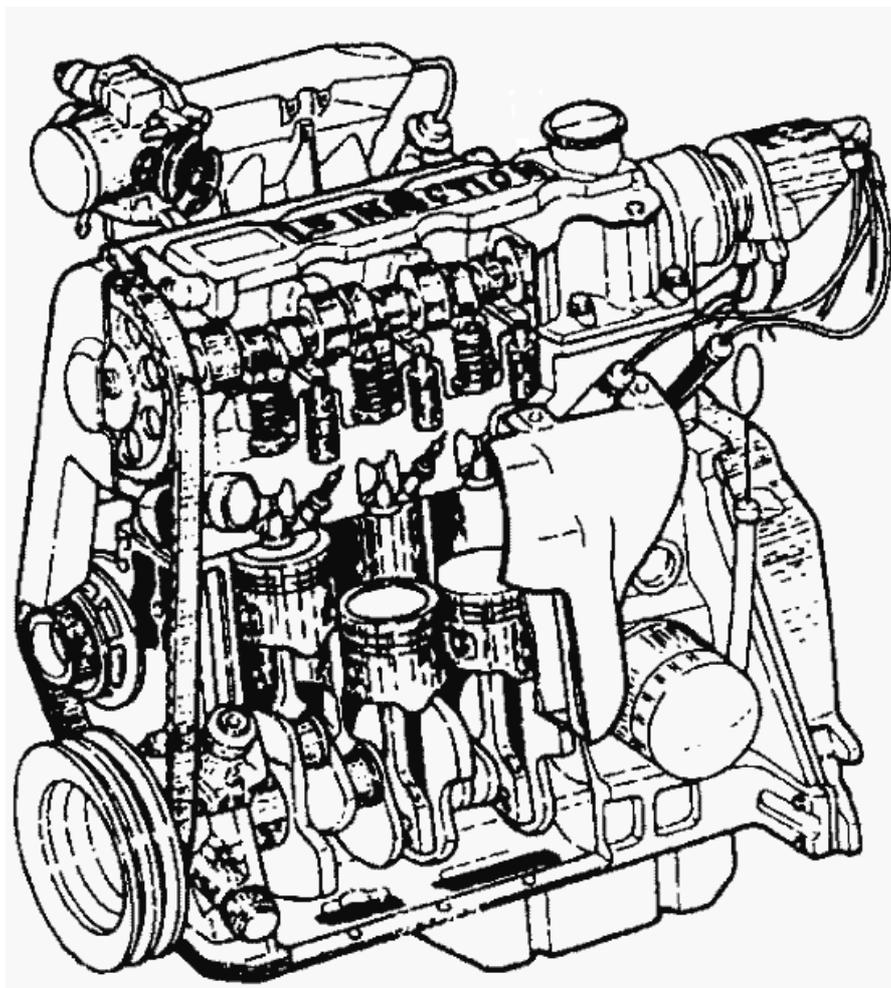


Рисунок 3.1.Общий вид двигатель A15VF

Методика проводимых экспериментальных исследований базировалась на ГОСТ 14846 и другую нормативную документацию.

В процессе экспериментального исследования композиционного топлива для ДВС на его базе определялись скоростные характеристики.

Экспериментальные исследования условно разделены на этапы:

– постановка задачи, где определены цели; установлена функция цели ( $N_e$ ,  $M_e$ ,  $g_e$ ,  $CO$  ... ); выбраны независимые параметры (аргументы, факторы), варьируемые при экспериментах ( $n$ ,  $\Theta_{zn}$ ,  $\alpha$ ,  $\eta_V$ ,  $p_{en}$  ...); определены фиксируемые уровни (значения) для независимых параметров (факторов); подобраны различные сочетания уровней факторов.

Таблица 3.1.

## Технические данные двигателя модели A15VF

| Показатели   | Единица измерения | Четырехтактный двигатель       |
|--|-------------------|--------------------------------|
| Топливная система  |                   | Многоточечный впрыск топлива   |
| Число цилиндров  | шт                | 4                              |
| Расположение цилиндров   |                   | Рядное, вертикальное           |
| Объем двигателя, куб.см  | л                 | 1498                           |
| Порядок работы цилиндров   |                   | 1 - 3 - 4 - 2                  |
| Направление вращения коленчатого вала по ГОСТ 22836 (со стороны вентилятора) |                   | Правое<br>(по часовой стрелке) |
| Диаметр цилиндра   | мм                | 76,5                           |
| Ход поршня   | мм                | 81,5                           |
| Степень сжатия (расчетная)   |                   | 8,6                            |
| Мощность   | л.с               | 80                             |
| Номинальная частота вращения   | мин <sup>-1</sup> | 5600                           |
| Максимальный крутящий момент   | Н·м               | 123                            |
| Частота вращения при максимальном крутящем моменте                           | мин <sup>-1</sup> | 3200                           |

При определении мощности двигателя, при использовании топлива с ВЭТД, устанавливается следующий режим работы двигателя:

1. Частота вращения коленчатого вала –  $n = 2400 \pm 10 \text{ мин}^{-1}$ .
2. Степень сжатия – постоянная 8,5, измеряют при помощи индикатора степени сжатия (микрометра).

При барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт.ст., показания микрометра в миллиметрах, соответствующие данному октановому числу, вычисляют по формуле:

$$M = M_{760} - (A - 760) \cdot 0.03 \quad (3.1)$$

где,  $M_{760}$  - показания микрометра при 760 мм рт.ст. мм.

$A$  - барометрическое давление в день испытания в мм рт.ст.

Один из предполагаемых механизмов действия присадок, сводится к взаимодействию атомов металла или молекул его окислов с перекисными соединениями или к рождению большого количество радикалов, тормозящих процесс образования перекисей и промотирующих высокотемпературное окисление [49].

В этом случае поверхность металла служит для уменьшения роста активных центров.

Так или иначе, действие присадок проявляется, прежде всего, в том, что уменьшается скорость распространения пламени.

В процессе исследований было установлено, что при различных частотах вращения коленчатого вала интенсивность колебаний и давление в ударной волне увеличиваются по разном.

Многими исследованиями практически были изучены теплотворные свойства всех элементов периодической системы О.И.Менделеева.

Оборудование для определения октанового числа бензина или бензино-спиртовых композиции.

В нашей стране, для сравнения испытываемого топлива со стандартными смесями используют установку УИТ-65 или УИТ-85 (на рис. 3.2). Как мы уже упоминали, установка состоит из одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания с возможностью изменять степень сжатия. Основным агрегатом прибора является электродвигатель, одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием, и приборов находящиеся в табло (пульте) установкой.

Для проведения экспериментов по определению октанового числа используется два вида углеводородов: изооктан (очень хорошие антидетонационные свойства) и гептан (наоборот, такими качествами не обладает). Антидетонационные свойства изооктана оценили значением 100, гептану приписали 0 (ноль).

Экспериментальная установка включает в себя, следующие системы:

- система подогрева масла;
- система подогрева воздуха;
- электрический привод;
- система измерения давления масла;
- система измерения температуры масла;
- система регулировки состава топливо-воздушной смеси
- система измерения крутящего момента двигателя,
- система измерения частоты вращения коленчатого вала;
- система расхода топлива;
- система расхода воздуха



Рис. 3.2. Установка УИТ-65 измеряющего детонационного стойкости бензина

Двигатель установки тестируют при 600 об/мин на определенном топливе и постепенно, до возникновения детонации, повышают степень сжатия. Затем, в тот же день, при той же степени сжатия, на том же двигателе проводятся тесты с использованием в качестве топлива смеси изооктана и гептана. При этом подбирается такая пропорция смеси, которая будет обладать тем же порогом возникновения детонации, что и исследуемый до этого бензин. Так вот, если смесь с содержанием 80% изооктана и 20% гептана показала точно такой же результат, как и бензин

– значит это бензин с октановым числом 80. А если смесь получилась с соотношением 98% к 2%, значит это будет 98 бензин. Данный моторный метод также еще называют и Research Octane Number (RON). Такой метод применяется не только в Узбекистане, но и во многих других странах.



Рис. 3.3. Табло установку УИТ-65

В табло установке УИТ-65 находится:

В левый край:

- датчик давления масла
- переключатель воздух
- вольтметр
- переключатель стабилизатор
- переключатель зажигания

в правый край:

- датчик температура масла
- переключатель смесь

- ПУСК
- СТОП
- переключатель масла

в середине табло:

- детонометр
- амперметр
- регулирования усиления
- регулирования диапазон
- кнопки датчиков

внизу табло находится лампы:

- сеть
- воздух
- смесь
- масло

Однако существуют в этой теме и свои «остроги». Так американцы, используют свой метод. Тест идентичен «нашему», несколько другие условия. Это точно такой же тест, только температура воздуха выше и производится на 900 оборотах. Называется это – Motor Octane Number (MON). Результаты отличаются примерно на 8-10 чисел в меньшую сторону. Надо заметить, что этот метод – эксперимент по своим условиям ближе к реалиям. Итак, 98 RON будет равен 88 MON. Но и здесь еще не все. Американцам и этого недостаточно, они решили у себя использовать для классификации бензина следующей схеме –  $(RON + MON) / 2$ . Фактически находится среднее значение между двумя методами, которое в итоге будет чуть занижено относительно Узбекского показателя. Такой показатель имеет свое наименование - Anti-Knock Index (AKI). Иногда его еще именуют Posted Octane Number (PON).

Таблица 3.2.  
Свойства кислородсодержащих топлив и добавок

| №  | Топливо                   | Среднее октановое число, ОЧМ | Теплота сгорания, МДж/кг | Плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|----|---------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1  | Метанол                   | 101                          | 22,7                     | 790                          |
| 2  | Этанол                    | 101                          | 26,9                     | 790                          |
| 3  | Пропанол-2                | 106                          | 33,3                     | 790                          |
| 4  | Бутанол-                  | 99                           | 35,2                     | 800                          |
| 5  | 2-метил-2-пропанол        | 100                          | 35,2                     | 800                          |
| 6  | Смесь спиртов             | 106                          | –                        | 800                          |
| 7  | Метил-трет-бутиловый эфир | 108                          | 40,2                     | 750                          |
| 8  | Этил-трет-бутиловый эфир  | 111                          | 43,7                     | 740                          |
| 9  | Метил-трет-амиловый эфир  | 102                          | 40,4                     | 770                          |
| 10 | Бензин                    | 87                           | 47,0                     | 740                          |

Кроме этого в Республике производят этанол (в основном из пищевого сырья – пшеницы). И хотя применение этанола в качестве антидетонатора не связано с нежелательными явлениями и его можно использовать в качестве присадок к бензину, но ресурсы этанола в Республике ограничены и себестоимость его производства довольно высока.

В связи данного работа проведены целенаправленные исследования по созданию высокоэффективных композиционных топлив с использованием метанола, лишенных вышеуказанных недостатков. Разработаны новые композиционные топлива на базе метанола и изобутанола, исследованы их антидетонационные свойства.

Таким образом, следует заключить, что показатели получаемых композиционных топлив с использованием спиртов и эфиров должны быть в тех пределах, которые оговорены в соответствующих нормативных документах.

При этом важное значение имеет изменение показателей качества получаемых топлив в процессе эксплуатации: утяжеление фракционного

состава; увеличение загрязненности; обводнение; изменения химического состава и физических свойств; увеличение кислотности, смол и осадков; накопление продуктов коррозии.

В таблице 3.3. приводится влияние изменений показателей качества топлива на работу двигателя.

*Таблица 3.3.*  
*Влияние изменений показателей качества топлива на работу двигателя*

| Показатели   | Характер изменения | Изменения в работе двигателя  | Признаки нарушений в работе двигателя  |
|--|--------------------|---|--|
| Октановое число  | Уменьшение         | Детонационное сгорание  | Металлический стук, перегрев, вибрация, дымный выхлоп                                    |
|  | Увеличение         | Возможность повышения степени сжатия  | Увеличение мощности, возможны уменьшение надежности и перегрев двигателя                 |
| Фракционный состав:<br>температура кипения<br><br>10 % топлива | Повышение          | Ухудшение пуска двигателя (зимой).<br>Уменьшение образования паровых пробок (летом) | Затруднен пуск двигателя. Возможность эксплуатации двигателя при повышенных температурах |
|  | Понижение          | Образование паровых пробок (летом).<br>Улучшение пуска двигателя (зимой)            | Работа двигателя с перебоями   |
| 50 % топлива   | Повышение          | Снижение динамических качеств   | Вялый разгон двигателя   |
|  | Понижение          | Ускорение прогрева двигателя  |  |
| 90 % топлива   | Повышение          | Увеличение периода сгорания топлива   | Перегрев двигателя   |
|  | Понижение          | Улучшение сгорания топлива  | Снижение дымности ОГ   |

Производство спиртов и эфиров в Узбекистане.

Известно, что углеводороды (жидкие моторные топлива) являются неполярными соединениями, а спирты – полярными. Это затрудняет их взаимное растворение и, следовательно, создание стабильных смесей особенно при низких температурах и повышенных концентрациях. В некоторых случаях для стабилизации смесей применяют добавки высших спиртов (изобутанол, изопропанол).

Сырьевой базой для получения метанола являются уголь, сланцы, природный газ, а этанола – биомассы из различных сельскохозяйственных культур.

Бутанол также является продуктом переработки природного газа, он также может быть получен из биомасс.

В Узбекистане имеется достаточная сырьевая база – природный газ (примерно 60 млрд. куб. метров в год) для получения метанола и бутанола в целях их использования в качестве добавки к автомобильным бензинам.

Получение метанола из природного газа в нефтехимической промышленности Республики Узбекистан имеет общую схему получения синтетических моторных топлив (рис. 3.4).

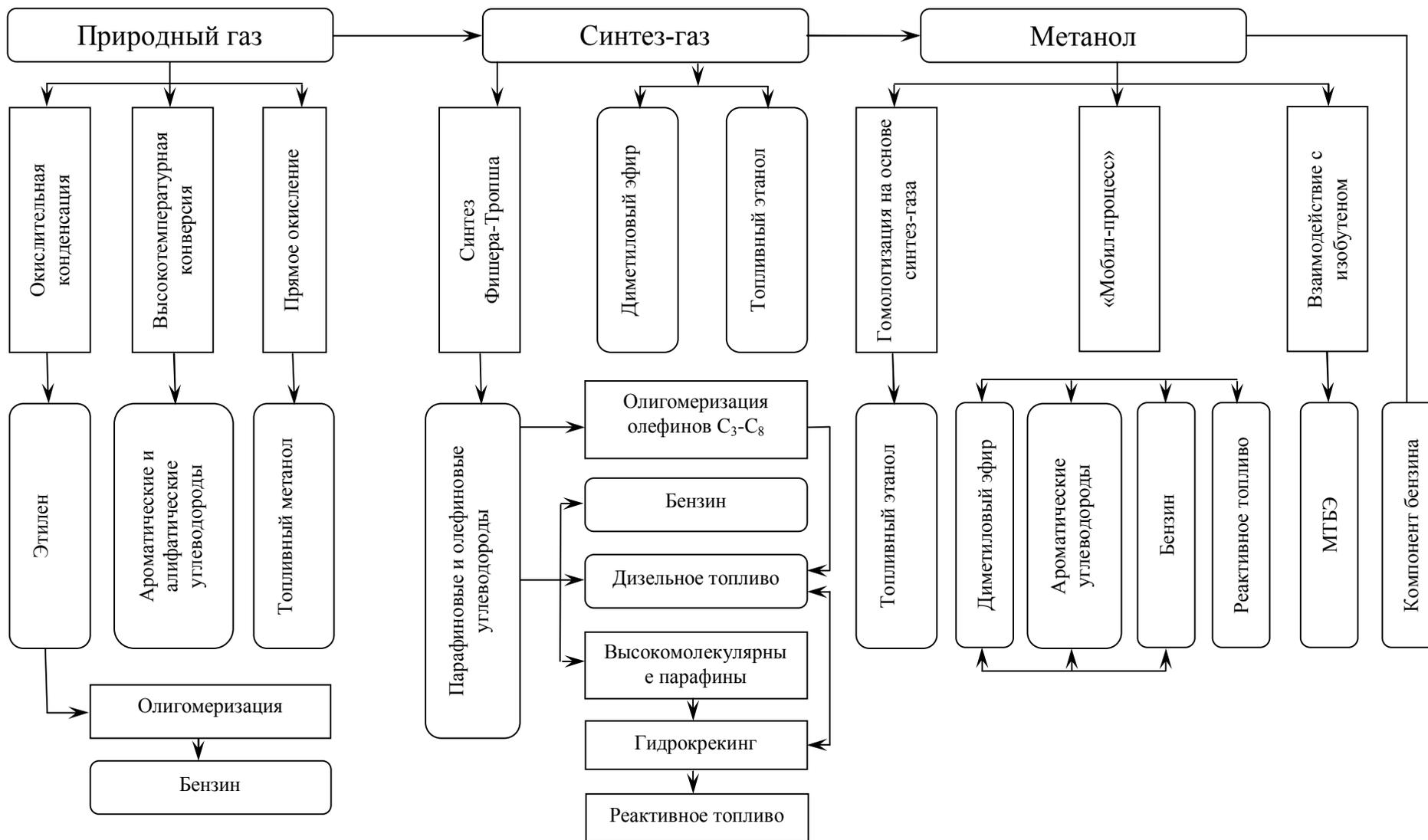


Рис. 3.4. Общая схема получения синтетических моторных топлив и их компонентов из природного газа

Для проведения исследований физико-химических свойств полученных композиционных топлив (рис. 3.5) с различными (1, 3, 5, 7, 10, 15, 20 %) концентрациями спиртов (метанол, этанол, бутанол и др.) – рис. 3.5. При этом соблюдены следующие тенденции выбора оценочных критериев (рис. 3.6).



*Рис. 3.5. Композиционные моторные топлива на базе бензинов АИ-80 и АИ-91*

Подобные исследования базируются на приемочные или квалификационные испытания, которые состоят из:

- лабораторно-стендовых (1-й этап), предназначенных для оценки физико-химических и эксплуатационных характеристик в соответствии с требованиями нормативных документаций (ГОСТ, ТУ, ТЗ и др.);
- стендовых (2-й этап), предназначенных для оценки показателей и надежности деталей, узлов, двигателей на данном виде топливе;
- полигонных (3-й этап), предназначенных для подтверждения технических характеристик двигателя уже в составе автомобиля;
- эксплуатационных (4-й этап), предназначенных для выявления особенностей использования нового топлива (нефтепродукта) в условиях эксплуатации техники, оценки его влияния на надежность

техники, установление периодичности его технического обслуживания.



*Рис. 3.6. Различные топливные добавки для составления композиционных моторных топлив*

По результатам проведенных лабораторных исследований установлено, что:

- наибольшая суммарная концентрация используемых спиртов и эфиров должна ограничиваться температурой перегонки 50 % композиционного топлива;
- композиционное топливо, содержащее не более 5 % метанола является фазово устойчивым и коррозионно не активным (без учета воды, образуемой гигроскопичностью метанола).

Содержание метанола в составе композиционного топлива

Известно, что автомобильные бензины и композиционные топлива должны иметь соответствующие показатели, оговоренные соответствующей нормативной документацией (ГОСТ, ТУ и др.), которые приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4.

## Показатели автомобильных бензинов и композиционных топлив

| № | Показатели  | ГОСТ 2084   |   | Композиционное топливо с содержанием метанола                   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | АИ-80 (А-76)  | АИ-91   | АИ-80 + 5 % метанола  | АИ-91 + 5 % метанола  |
| 1 | Детонационная стойкость:<br>Октановое число, не менее:<br>по моторному методу<br>по исследовательскому методу   | 76<br>–   | 82,5<br>91  | –<br>85,1   | –<br>93   |
| 2 | Концентрация свинца в г на 1 дм <sup>3</sup> бензина, не более  | 0,013   | 0,013   | 0,012   | 0,013   |
| 3 | Фракционный состав:<br>температура начала перегонки, °С, не ниже<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида<br>10 % перегоняется при температуре, °С, не выше<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида<br>50 % перегоняется при температуре, °С, не выше<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида<br>90 % перегоняется при температуре, °С, не выше<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида<br>конец кипения, °С, не выше<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида<br>остаток в колбе в %, не более<br>остаток и потери в сумме в %, не более | 35<br>–<br>70<br>55<br>115<br>100<br>180<br>160<br>195<br>185<br>1,5<br>4,0 | 35<br>–<br>70<br>55<br>115<br>110<br>180<br>160<br>205<br>195<br>1,5<br>4,0 | 35<br>–<br>–<br>48<br>103<br>167<br>–<br>–<br>200<br>1,2<br>3,0 | 33<br>–<br>–<br>48<br>103<br>152<br>–<br>–<br>191<br>1,0<br>2,0 |
| 4 | Давление насыщенных паров, кПа, не более:<br>бензин летнего вида<br>бензин зимнего вида   | 66,7<br>66,7  | 66,7<br>66,7  | 71,9<br>–   | 79,5<br>–   |
| 5 | Кислотность в мг КОН на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более   | 1,0   | 3,0   | 0,23  | 0,23  |
| 6 | Концентрация фактических смол,  |   |   |   |   |

|    |   |   |             |             |          |
|----|---|---|-------------|-------------|----------|
|    | в мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более:<br>на месте производства<br>на месте потребления бензина | 3,0<br>8,0                                | 5,0<br>10,0 | 2,0<br>–    | 2,0<br>– |
| 7  | Индукционный период на месте производства бензина, в мин, не менее                                      | 1200                                      | 900         | –           | –        |
| 8  | Массовая доля серы, %, не более   | 0,10                                      | 0,10        | –           | –        |
| 9  | Испытание на медной пластинке   | Выдерживает                               |             | Выдерживает |          |
| 10 | Содержание водорастворимых кислот и щелочей   | Отсутствие                                |             | Отсутствие  |          |
| 11 | Содержание механических примесей и воды   | Отсутствие                                |             | Отсутствие  |          |
| 12 | Цвет  | –   | –           | –           | –        |
| 13 | Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>  | Не нормируется<br>Определение обязательно |             | 0,757       | 0,757    |
| 14 | Тяжелые углеводороды  | Отсутствие                                |             | Отсутствие  |          |

На рис. 3.6. приводится внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя А15VF, работающего на бензинах АИ-80 и АИ-91 с 3 % и 5 % содержанием метанола.

Известно, что ВСХ является основной характеристикой двигателя, необходимой для оценки его мощностных и экономических показателей в различных эксплуатационных условиях.

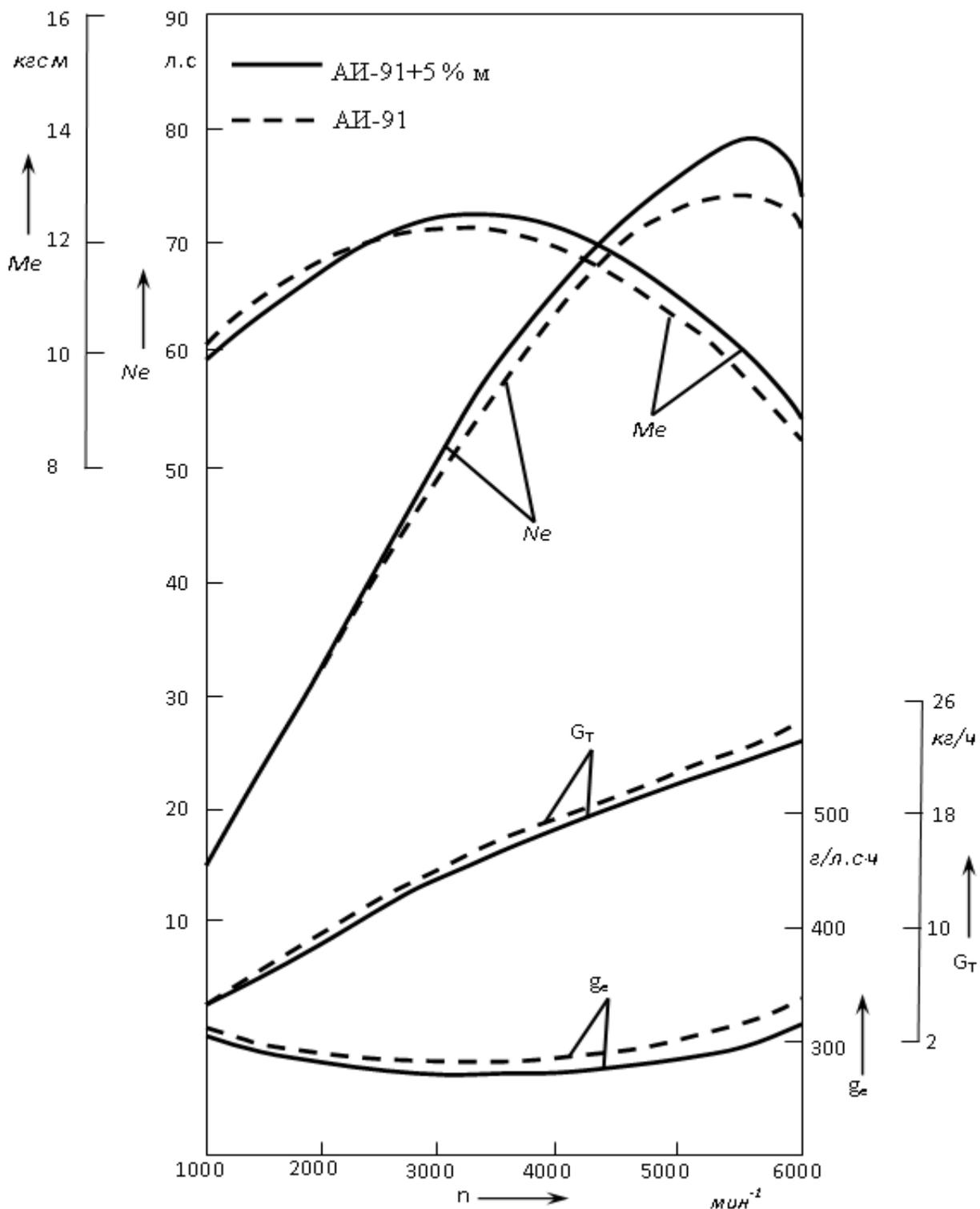


Рис. 3.7. Внешняя скоростная характеристика двигателя A15VF, работающего на бензинах АИ-91 и АИ-91+5 % содержанием метанола

Нагрузочной характеристикой называется зависимость расхода топлива и других показателей работы двигателя от его эффективной мощности  $N_e$  при заданной скорости вращения коленчатого вала. Основная цель снятия нагрузочной характеристики - выявление влияния нагрузки на экономичность работы двигателя.

Для построения сравнительных кривых взяты бензин А-80 без ВЭТД и топливная композиция с ВЭТД, в состав которой входит.

Следует отметить, что как на бензине, так и на смеси снятие характеристик производилось при одинаковой регулировке карбюратора, близкой к оптимальной для бензина. Поэтому при одинаковых нагрузках, выраженных на графиках в процентах, данные по расходу описываются практически общей кривой для всех видов топлив. Оптимальные углы опережения зажигания при работе двигателя на топливной композиции выше, чем для бензина. Этому способствует более полное с повышенной скоростью сгорание кислородсодержащих соединений.

Внешне работа двигателя на топливной композиции выглядит устойчивой и спокойной.

4. Требование техника безопасности к техническому состоянию и оборудованию автомобиля.

#### 4.1. Техника безопасности и меры безопасности

Метанол - сильный яд, действующий преимущественно на нервную и сосудистую системы. В организм человека может проникнуть через дыхательные пути и даже через не поврежденную кожу. Прием 5 - 10 г метанола во внутрь может вызвать тяжелое отравление, а 30 г являются смертельной дозой.

Симптомы отравления: головная боль, головокружение, тошнота, рвота, боль в желудке, общая слабость, раздражение слизистых оболочек, мелькание в глазах, а в тяжелых случаях - потеря зрения и смерть.

Все работы, связанные с транспортировкой, переливами, хранением и применением метанола следует выполнять согласно требованиям "Инструкции о порядке получения от поставщиков, перевозки, хранения, отпуска и применения метанола на объектах газовой промышленности" на основе которой, ЛПУМГ разрабатывает - инструкцию по транспортировке, хранению и использованию метанола с учетом местных условий на своих объектах и инструкцию по безопасной эксплуатации передвижных или стационарных метанольных установок.

Ответственность за безопасные условия труда при применении метанола, организацию работ с ним возлагается на начальника ЛПУМГ, который назначает ответственного за обеспечение безопасности при применении метанола, за своевременный инструктаж и проведение медицинских осмотров лиц, привлекаемых к работе с метанолом.

Число лиц, непосредственно работающих с метанолом, должно быть минимально необходимым. При отборе лиц должны учитываться их моральные качества.

Работы, проводимые непосредственно с метанолом, относятся к газозрывоопасным и поэтому должны быть включены в перечень газоопасных и огневых работ.

С опасными для здоровья и жизни человека свойствами метанола, кроме персонала работающего с ним, должны быть ознакомлены под роспись все работники службы ГРС, а также работники сторонних организаций, выполняющие работы на территории ГРС. Работы с метанолом должны быть организованы так, чтобы не было непосредственного контакта работников с метанолом.

В целях исключения возможности ошибочного употребления метанола, как спиртного напитка, в него следует добавлять этилмеркаптан в соотношении 1:1000; керосин в соотношении 1:100, химические чернила или другой краситель темного цвета, хорошо растворимый в метаноле, из расчета 2-3 части красителя на 1000 частей метанола.

Ввод метанола в коммуникации ГРС должен производиться с помощью стационарной или передвижной метанольных установок.

До заливки метанола в метанольную установку необходимо проверить герметичность и исправность ее узлов, фланцевых соединений и др., повреждения в метанольной установке должны немедленно устраняться.

Емкость метанольной установки следует заполнять медленно, исключая ее перелив, при сливе-наливе необходимо использовать герметичные шланги. Метанол, налитый в метанольную установку, должен быть без остатка слит в газопровод, запрещается оставлять метанол в емкости метанольной установки, за исключением метанольниц непрерывного действия.

Заливка метанола в емкость и последующий слив его в газопровод, стационарную или передвижную емкость производится по распоряжению главного инженера или диспетчера ЛПУМГ и под контролем ответственного лица из числа ИТР. Распоряжение передается по телефону, но должно быть зарегистрировано в специальном журнале у диспетчера, в котором указывается: количество, место и способ заливки, руководитель работы.

Запрещается продувка остатка метанола при сливе передвижной емкости в атмосферу, опорожненная передвижная емкость должна перевозиться в опломбированном состоянии.

Передвижная емкость и шланги, полностью освобожденные от метанола, подлежат тщательной промывке в соотношении не менее 10-ти кратного отношения к остатку метанола, сточные воды должны быть слиты в канализацию. Слив промывочной воды в грунт запрещается.

Емкости и метанольные установки должны быть постоянно закрыты на замок и опломбированы. На них необходимо нанести несмываемой краской надписи: "метанол-яд", "опасно для жизни", "газовзрывоопасно" и знак безопасности для ядовитых веществ, а также указать вес брутто и нетто.

Запрещается применять неисправные или несоответствующие требованиям безопасности метанольные установки и тару.

Запрещается применять емкости, шланги и другие технические средства предназначенные для слива-налива метанола для других жидкостей.

При работе с метанолом (хранении), когда возможно выделение в воздух его паров, следует периодически контролировать рабочую зону на ПДК и ПДВК, с записью результатов в наряде-допуске.

Работать с метанолом необходимо в соответствующих СИЗ: прорезиненном комбинезоне, резиновых сапогах, прорезиненном фартуке, резиновых перчатках и фартуке и в противогазе с фильтрующей коробкой марки "А".

В случае аварийного пролива метанола, необходимо немедленно принять все меры с целью предотвращения попадания метанола в почву:

- засыпать место разлива опилками или песком, которые затем собрать в герметичный контейнер, если потребуется, снять слой земли;

- содержимое контейнера необходимо вывезти в безопасное в пожарном отношении место и сжечь или утилизировать другим способом.

#### 4.2. Действие этанола на организм человека

В зависимости от дозы, концентрации, пути попадания в организм и длительности воздействия этанол также может обладать наркотическим и токсическим действием. Под наркотическим действием обозначается его способность вызвать кому, ступор, нечувствительность к боли, угнетение функций ЦНС, алкогольное возбуждение, привыкание, а также его наркотическое действие. Под действием этанола происходит выделение эндорфинов в прилежащем ядре (*Nucleus accumbens*), у страдающих алкоголизмом также в орбитофронтальной коре (поле 10). Тем не менее, с юридической точки зрения этиловый спирт наркотиком не признан, так как это вещество не включено в международный список контролируемых веществ конвенции ООН 1988 года. В определённых дозах к массе тела и концентрациях приводит к острому отравлению и смерти (смертельная разовая доза — 4—12 граммов этанола на килограмм массы тела).

Основной метаболит этанола ацетальдегид является токсичным, мутагенным и канцерогенным веществом. Существуют доказательства канцерогенности ацетальдегида в экспериментах на животных; кроме того, ацетальдегид повреждает ДНК.

Длительное употребление этанола может вызвать такие заболевания, как цирроз печени, гастрит, язва желудка, рак желудка и рак пищевода, т.е. является канцерогеном, сердечно-сосудистые заболевания.

Употребление этанола может вызвать оксидативное повреждение нейронов головного мозга, а также их гибель вследствие повреждения гемато-энцефалического барьера.

Злоупотребление алкогольными напитками может привести к клинической депрессии и алкоголизму.

Этанол может в небольших количествах синтезироваться в просвете желудочно-кишечного тракта в результате процессов ферментации углеводной пищи микроорганизмами (условный эндогенный алкоголь). Существование биохимических реакций с синтезом этанола в тканях организма человека (истинно эндогенный алкоголь) полагается возможным, но не доказано к настоящему моменту. Количество эндогенного алкоголя редко превышает 0,18 промилле, что находится на границе чувствительности самых современных приборов. Обычный алкотестер такие количества определить не может.

#### Токсичность

Метанол — опаснейший яд, приём внутрь порядка 10 мл метанола может приводить к тяжёлому отравлению (одно из последствий — слепота), попадание в организм более 80-150 миллилитров метанола (1-2 миллилитра чистого метанола на килограмм тела) обычно смертельно. LD50 для животных — от единиц до десятка г/кг. Токсический эффект метанола развивается на протяжении нескольких часов, и эффективные antidotes способны уменьшить наносимый вред. Опасен для жизни не только чистый метанол, но и жидкости, содержащие этот яд даже в сравнительно небольшом количестве.

В США максимальное суточное употребление метанола (Reference Dose), не связанное с какими-либо эффектами на здоровье, составляет 2 мг на кг веса тела (с 1988 года).

Предельно допустимая концентрация метанола в воздухе рабочей зоны равна 5 мг/м<sup>3</sup> (у изопропилового спирта 10 мг/м<sup>3</sup>, у этанола — 1000 мг/м<sup>3</sup>), ПДК в воздухе населенных мест равна 1,0 мг/м<sup>3</sup> (у изопропилового спирта 0,6 мг/м<sup>3</sup>, у этанола — 5 мг/м<sup>3</sup>).

Наиболее легкая форма отравления характеризуется наличием головной боли, общей слабостью, недомоганием, ознобом, тошнотой, рвотой.

Токсичность метанола состоит в том, что при попадании в организм он с течением времени окисляется до ядовитого формальдегида, который вызывает слепоту, вредно влияет на нервную систему, вступает в реакции с белками.

Особая опасность метанола связана с тем, что по запаху и вкусу он неотличим от этилового спирта, из-за чего и происходят случаи его употребления внутрь. Йодоформная реакция: с этиловым спиртом выпадет йодоформ жёлтого цвета, а с метанолом ничего не выпадает (реакция не подходит для определения содержания метанола в растворе этанола).

Как указано в руководстве для врача скорой медицинской помощи, при отравлении метанолом антидотом является этанол, который вводится внутривенно в форме 10 % раствора капельно или 30—40 % раствора перорально из расчёта 1—2 грамма раствора на 1 кг веса в сутки. Полезный эффект в этом случае обеспечивается отвлечением фермента АДГ I на окисление экзогенного этанола.

Следует учесть, что при недостаточно точном диагнозе за отравление метанолом можно принять алкогольную интоксикацию, отравление 1,2-дихлорэтаном или четырёххлористым углеродом — в этом случае введение дополнительного количества этилового спирта опасно.

Отравления метанолом довольно часты. Так, в США в течение 2013 года зафиксировано 1747 случаев.

## 5. Экономическая часть

Потребность Узбекистана в бензине примерно 2.0 млн. тонн в год. Частично замена его альтернативными топливами и топливными смесями позволяет снизить напряженность топливообеспеченности; сберечь природные ресурсы нефти; обеспечить современные требования норм токсичных выбросов отработавшими газами транспортных средств; снизить отрицательное воздействие в окружающую среду в течение всего технологического цикла (производство, хранение, транспортирование, применение) использования энергоисточников и др.

1 литр бензин марке АИ-91 стоит 3 000 сумов.

Потребность 2 млн. тонн в год, по Республике

1 литр бензин марке АИ-91 весит 0,750 кг

1 кг бензин 1,33 литр объем отсюда 1 кг бензин =  $1,33 \cdot 3\,000 = 3\,990$  сум

Отсюда 1 тонн бензин обойдется на 3 990 000 сум

1 литр метиловой спирт стоит 2 500 сум

1 литр метиловой спирт весит 0,790 кг

1 кг метиловой спирт 1,26 литр отсюда 1кг метил =  $1,26 \cdot 2\,500 = 3\,150$  сум

Если 1 тонн бензин из него 5% в составе добавляем метиловый спирт то получается 950 кг бензин АИ-91 + 50 кг метиловый спирт.

Определяем 1 тонн композиционных топлив

$950 \cdot 3\,990 = 3\,790\,500$  сум,  $50 \cdot 3\,150 = 157\,500$  сум.

$3\,790\,500 + 157\,500 = 3\,948\,000$  сум. 1 тонн композиционного топлива нам обойдется 3 948 000 сум. Теперь сравниваем бензином АИ-91 с композиционным топливом  $3\,990\,000 - 3\,948\,000 = 42\,000$  сум. Отсюда видно, что из 1 тонн топлив мы можем сэкономить 42 000 сум. А если его умножаем на годовую потреблению по Республике то 42 000 надо умножать на 2 млн.

Исходя из вышеуказанных результатов установлено, что для производства автомобильных бензинов с улучшенными, эксплуатационными и экологическими показателями важное место

занимает топливные присадки на примере метанола. Кроме того метанол имеет многие преимущества.

Преимущества метанола перед водородной:

- более энергоёмкий энергоноситель чем водород (в сравнении по объёму и весу), особенно если принимать во внимание, что для хранения водорода необходимы сосуды, выдерживающие высокое давление.
- инфраструктура для водорода может оказаться весьма дорогой, в то время как для метанола достаточно имеющейся бензиновой инфраструктуры.
- метанол можно смешивать с бензином
- использовать метанол удобнее водорода (которому необходимы специальные сосуды)
- метанол можно использовать в химической индустрии как базовый материал

Преимущества перед этанолом

- метанол можно создать из любого органического материала с помощью синтеза Фишера-Тропша.

## Вывод

Выявлены, что потребность Узбекистана в бензине примерно 2.0 млн. тонн в год. Частично замена его альтернативными топливами и топливными смесями позволяет снизить напряженность топливообеспеченности; сберечь природные ресурсы нефти; обеспечить современные требования норм токсичных выбросов отработавшими газами транспортных средств; снизить отрицательное воздействие в окружающую среду в течение всего технологического цикла (производство, хранение, транспортирование, применение) использования энергоисточников и др.

Установлено, что для производства автомобильных бензинов с улучшенными, эксплуатационными и экологическими показателями важное место занимает топливные присадки на примере метанола.

Произведен тепловой расчет двигателя на бензине и композиционном топливе, построена совмещенная внешняя скоростная характеристика двигателей работающих на бензине и композиционном топливе. Тепловой расчет и внешняя скоростная характеристика рассчитаны с помощью ПЭВМ программой MS Office Excel. Полученные результаты соответствуют экспериментальным исследованиям что удовлетворяется дальнейшему применению к учебный процесс ТИПСЭАД. Ведется активный исследований по композиционного топлива для двигателей внутреннего сгорание с искровым зажиганием. Композиционное топливо, содержащее не более 5 % метанола является фазовоустойчивым и коррозионно не активным (без учета воды, образуемой гигроскопичностью метанола).

## Список использованной литературы

1. Каримов И.А. Узбекистан на пороге достижения независимости. – Ташкент: Узбекистан, 2011. – 384 с.
2. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. – Ташкент: Узбекистан, 2009. – 56 с.
3. Мирзияев Ш.М. Критический анализ, жесткая дисциплина и персональная ответственность должны стать повседневной нормой в деятельности каждого руководителя. «O'zbekiston» нашirёт-матбаа ижодий уйи. 2017. – 107 с.
4. Мирзияев Ш.М. Мы все вместе построим свободное, демократическое и процветающее государство Узбекистан. «O'zbekiston» нашirёт-матбаа ижодий уйи. 2017. – 59 с.
5. Гильмутдинов А.Т. Некоторые аспекты применения кислородсодержащих соединений в автомобильных бензинах. Дисс. на соискание уч. степени доктора техн. наук // Уфа, 1999, 278с.
6. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. – Ташкент: SHAMS ASA, 2014, – 189 с.
7. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств – Ташкент: ТАДИ, 2004. – 104 с.
8. Лыков О.П., Колясев В.Г., Легесс Д.А., Безгина Е.В. Спирто-эфирные стабилизаторы бензино-метанольных смесей // Научно-технический прогресс в химмотологии топлив и смазочных материалов. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технич. конф. Днепропетровск, 1989, с. 31.
9. Результаты испытания бензина АИ-95, содержащего этанол: Отчет о НИР. Рук. Дофман В.П. Тольятти: ОА «АвтоВАЗ», 1997, 45 с.
10. Левинтер М.Е., Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти. М.: Химия, 1992, 224 с.

11. Капустин В.М., Карпов С.А., Царев А.В. Оксигенаты в автомобильных бензинах. М.: Колосс, 2011, 336 с.
12. Трофимов В.А., Паниди И.С., Заворотный В.А. Производство метилтретбутилового эфира. М.: МИНГ им. И.М. Гупкина, 1980.-18 с.
13. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для ВУЗов. / А.И.Колчин, В.П.Демидов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.
14. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. Учебник. – LAP, 2013. – 256 с.
15. Ахметов А.Ф. и др. Исследование моторного топлива, содержащего этиловый спирт в высоких концентрациях // Башкирский химический журнал, 2008, т. 14, №5, с. 104-110.
16. Юлчиев Т.И. Улучшение показателей автомобильных двигателей путем использования высокоэнергосодержащих топливных добавок. Магистерской дисс. // Ташкент, 2008, 83 с.
17. Капустин В.М., Карпов С.А. Возникновение и развитие производства топливного этанола // Нефтепереработка и нефтехимия, 2006. №10. с. 48-51.
18. Карпов С.А. Особенности применения оксигенатов в автомобильном топливе. Дисс. на соискание уч. степени доктора техн. наук // Уфа, 2012, 450с.
19. Коханов С.И. Разработка и исследование антидетонационных добавок для автомобильных бензинов. Дис. ... канд. техн. наук. – М.:РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. – 116 с.
20. Тамехика Ямомото. Топливный метанол // Кагаку когё. 1983. Т. 34, №7
21. Саблина З.А., Гуреев А.А. Присадки к моторным топливам. Изд. 2-е, – М.: «Химия», 1977.
22. An octane blending study: The path to maximize gasoline profitability. Banner & Moore Associates, Inc., 2002, p. 12-28.
23. Healy W.C., Maassen C.W., Paterson R.T. A new approach to blending

octane. API Midyear meeting, Division of refining, New York, May 1959.

24. Базаров Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив. Дисс. докт. техн. наук. – Ташкент: ТАДИ, 2006. – 302 с.
25. Закин Я.Х. Основы научного исследования. – Ташкент: Укитувчи, 1979. – 183 с.
26. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 498 с.
27. Туревский И.С. Теория двигателя. – М.: Высшая школа, 2005. – 238 с.
28. Зотов Л.Л. Экологическая безопасность производства и автомобильного транспорта. – СПб, СЗГТУ, 2003. – 91 с.
29. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учеб. пособие для высш. и сред. учеб. заведений / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тагасов, В. И. Сарбаев; Под ред. В. Н. Луканина. — М.: Научтехлитиздат, 1999. – 208 с.
30. Le gas de petrole liquefie utilisation en carburant automobile /Еавазais Pierre// Congr. Int."Moteur allumage cominande prochaine decennie", Strasbourg, 18 -19 mai, 1988. Paris. 1988,-с. 103-110.

#### **Интернет сайты**

31. <http://www.avtoliteratura.ru>
32. <http://www.uchlit.ru>
33. <http://www.eprussia.ru/tech/articles/83.htm>
34. <http://www.gpntb.ru>
35. [www.madi.ru](http://www.madi.ru)
36. [www.car.vsam.ru](http://www.car.vsam.ru)
37. [www.pstu.ru](http://www.pstu.ru)
38. [www.tehnika.narod.ru](http://www.tehnika.narod.ru)

