

П.В. Коломиец

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ТОПЛИВА**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Химмотология»

Тольятти  
ТГУ  
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Автомеханический институт  
Кафедра «Тепловые двигатели»

П.В. Коломиец

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ТОПЛИВА**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Химмотология»

Тольятти  
ТГУ  
2011

УДК 662.6.9

ББК 31.35

К61

Рецензенты:

к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство»  
Технологического института – филиала Ульяновской государственной  
сельскохозяйственной академии (г. Димитровград)

*А.Л. Хохлов;*

д.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета

*А.Г. Егоров.*

**К61** Коломиец, П.В. Определение октанового числа топлива : лаб. практикум по дисциплине «Химмотология» / П.В. Коломиец. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 42 с. : обл.

В лабораторном практикуме уделено особое внимание конструктивным особенностям испытательного оборудования, а также методике определения октанового числа по моторному и исследовательскому методам. Представлены современные научные взгляды на проблему детонации в поршневых двигателях. Рассмотрены конструктивные и эксплуатационные параметры, способствующие возникновению и подавлению детонационного сгорания в поршневых ДВС.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистратуры 140500.68 «Энергомашиностроение», магистерской программе 140506 «Поршневые и комбинированные двигатели» очной формы обучения.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский  
государственный университет», 2011

## ВВЕДЕНИЕ

При подготовке магистрантов по направлению 140500.68 «Энергомашиностроение», магистерской программе 140506 «Поршневые и комбинированные двигатели» очной формы обучения лабораторный практикум по дисциплине «Химмотология» является важным этапом, в процессе прохождения которого магистрант приобретает навыки индивидуальной научно-исследовательской деятельности. К ним можно отнести, например, такие как способность применить знания о теоретических и экспериментальных методах научных исследований, принципах организации научно-исследовательской деятельности; способность выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.

При выполнении лабораторных работ магистрант должен изучить конструкцию, особенности работы испытательной установки УИТ-85, получить навыки самостоятельной работы на установке при определении октанового числа испытываемого топлива по моторному и исследовательскому методам. В этом ему поможет руководство «Одноцилиндровая универсальная установка УИТ-85 для определения октановых чисел топлив. Техническое описание и инструкция по эксплуатации».

# Лабораторная работа 1

## ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО УИТ-85

### 1.1. Цели и задачи работы

*Цели работы:*

- 1) изучение общего устройства, особенностей конструкции и принципа работы установки испытаний топлива УИТ-85.
- 2) приобретение навыков самостоятельной работы на установке испытаний топлива УИТ-85.

*Задачи работы:* изучить общее устройство, особенности конструкции и принцип работы установки испытаний топлива УИТ-85.

Время на проведение работы – 2 часа.

### 1.2. Теоретическая часть

Одним из основных показателей качества автомобильных бензинов является их детонационная стойкость. От неё зависят надежность, повышение мощности, экономичность и продолжительность эксплуатации двигателя.

Разработка методов оценки антидетонационных свойств бензинов началась в 1918–1919 гг. почти одновременно с изучением явления детонации в двигателях, когда Г. Рикардо создал двигатель с переменной степенью сжатия и предложил оценивать топливо значением степени сжатия, при котором двигатель развивает максимальную мощность. Этот показатель был назван наивысшей полезной степенью сжатия.

Дальнейшие исследования показали несостоятельность метода, так как значение наивысшей полезной степени сжатия не только менялось при работе на другом двигателе, но и изменялось даже в зависимости от условий окружающей среды.

Позже был разработан метод оценки детонационной стойкости топлива с помощью топливных эквивалентов, основанный на сравнении антидетонационных качеств испытуемого топлива с антидетонационными свойствами топлива, принятого за эталон. В качестве эталонного топлива были выбраны два: одно из которых детонирует слабо, а другое – сильно, с таким расчётом, что все виды топлива, подлежащие испытанию, по своей склонности к детонации находились между выбран-

ными эталонами. За величину, характеризующую антидетонационные качества топлива, было принято процентное содержание слабодетонирующего топлива в эталонной смеси, эквивалентной по детонационной стойкости исследуемому образцу.

Введение сравнительной оценки антидетонационных свойств бензина дало возможность оценивать эти качества с помощью некоторой условной единицы, а также контролировать антидетонационные качества топлива на специальных одноцилиндровых моторных установках.

Сравнительные испытания проводили на разнообразных установках (двигателях) и при различных режимах работы. В качестве эталонного топлива применяли бензол, толуол, спирт, которые смешивали с легкодетонирующим бензином. Однако такие эталоны не позволяли получать удовлетворительные результаты, так как условия работы двигателя на бензоле, толуоле и спирте значительно отличаются от условий работы на бензинах. Кроме того, при использовании в качестве легкодетонирующего эталона бензина невозможно обеспечить строгое постоянство его антидетонационных качеств. Опыт показал, что относительное расположение топлива по антидетонационным свойствам не является постоянным, а зависит от режима работы испытательной установки, метода сравнения топлива с эталоном, состава сравниваемого топлива и т. д. Поэтому возникла необходимость установить общую единицу измерения, оценивающую антидетонационные качества топлива, а также разработать единообразные условия испытания.

В качестве эталонного топлива стали применять химически чистые углеводороды — сильнодетонирующий нормальный гептан и слабодетонирующий изооктан (2, 2, 4-триметилпентан), а также их смеси, удовлетворяющие основным требованиям к эталонному топливу: постоянный состав и возможность получения идентичного качества; длительный срок хранения; антидетонационные свойства, охватывающие весь диапазон бензинов; близость условий сгорания в двигателе к условиям сгорания бензинов.

В качестве показателя антидетонационных свойств бензинов, получившего название октановое число, было принято содержание изооктана в % объёмных единиц, в смеси с нормальным гептаном, которая при стандартных условиях эквивалентна по своим антидетонационным качествам испытываемому топливу.

Составляя смеси изооктана с нормальным гептаном в объёмных процентах, можно получить эталонные смеси с детонационной стойкостью от 0 до 100 единиц.

Из-за трудности подбора эталонного топлива, идентичного испытываемому, ограничиваются подбором двух эталонных смесей с таким расчётом, чтобы испытываемое топливо по своей детонационной стойкости находилось между ними. При условии, что детонационная стойкость подобранных смесей близка, эквивалентная смесь может быть найдена расчётом исходя из пропорциональности между изменением октанового числа эталонов и показаниями прибора, регистрирующего детонацию.

Применение такой методики вызвало необходимость измерения интенсивности детонации. Основное требование, предъявленное к способу оценки интенсивности детонации при сравнении топлива, заключается в простоте измерения и получения отсчёта непосредственно во время испытаний. Как известно, работа двигателя с детонацией сопровождается появлением металлического стука, а также резким повышением давления в конце сгорания. Именно эти явления были использованы для измерения интенсивности детонации.

Детонационную стойкость автомобильных бензинов определяют на одноцилиндровых установках УИТ-85 (УИТ-65) отечественного производства и установках фирмы «Вокеша» (США).

Появившиеся в последнее время в России различные «октанометры» отечественного и зарубежного производства, работающие на принципах измерения диэлектрической проницаемости, углеводородного состава и др., не имеют ничего общего с моторными установками, на которых определяют октановые числа бензинов.

В технологических процессах на нефтеперерабатывающих заводах целесообразно использовать различные индикаторы косвенной оценки детонационной стойкости компонентов, но определение октановых чисел товарных бензинов следует определять только на моторных установках.

Длительное время показателем детонационной стойкости автомобильных бензинов было октановое число, определяемое по моторному методу. Однако на практике было установлено, что октановое число по моторному методу коррелирует с детонационными требованиями полноразмерных двигателей при работе на максимальных мощностях и на напряженном тепловом режиме. Поэтому разработан исследовательский

метод определения октанового числа, который характеризует детонационную стойкость бензинов в условиях работы двигателя на частичной нагрузке и меньшей тепловой напряженности (городской цикл).

Разница между октановыми числами по исследовательскому методу и моторному методу одного и того же бензина называется чувствительностью. Чем меньше чувствительность, тем лучше антидетонационные свойства бензина. Например, один бензин АИ-95 имеет октановое число по исследовательскому методу (ИМ) 95 ед., а по моторному методу (ММ) — 86 ед., а второй бензин — 95,6 ед. по ИМ и 85 ед. по ММ. Чувствительность в первом случае меньше и, следовательно, антидетонационные свойства лучше.

Соответствие качества бензина требованиям двигателя оценивается сопоставлением фактических октановых чисел при стендовых испытаниях двигателя на установившихся режимах и дорожных октановых чисел на режимах разгона автомобиля с требованиями двигателей к октановым числам на этих режимах.

Методы оценки этих показателей соответствия регламентированы стандартом и введены в комплекс методов квалификационной оценки.

Современные исследования бензина проводятся на моторной установке испытаний топлива УИТ-85. Основные технические характеристики представлены в табл. 1.1.

УИТ-85 это одноцилиндровая четырёхтактная карбюраторная установка с изменяемой степенью сжатия, отношение  $S/D = 1,35$  (рис. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4). Электромотор приводит во вращение коленчатый вал. Частота вращения коленчатого вала поддерживается постоянной на двух скоростных режимах: 600 и 900  $\text{min}^{-1}$ . Топливовоздушная смесь (ТВС) приготавливается в одножиклёрном карбюраторе специального типа без дроссельной заслонки, гомогенность ТВС обеспечивается наличием подогреваемого впускного трубопровода. Влажность воздуха и температура заряда на впуске поддерживаются постоянными. Указанные особенности конструкции позволяют значительно снизить межцикловую нестабильность. Кроме того, в камере сгорания (КС) имеется штатное место для установки магнитострикционного датчика, предназначенного для измерения детонации. Конструкция УИТ-85 позволяет достаточно точно контролировать некоторые параметры работы установки (темпе-



ратура охлаждающей жидкости, степень сжатия, число оборотов, состав ТВС, УОЗ) и варьировать ими независимо друг от друга.

Таблица 1.1

Основные технические характеристики

Двигатель	Однocyлиндровый, бензиновый, четырёхтактный
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	85 x 115
Рабочий объём цилиндра, см <sup>3</sup>	652
Степень сжатия	Переменная от 4 до 10
Число оборотов двигателя моторный метод, min <sup>-1</sup> исследовательский метод, min <sup>-1</sup>	900 ± 9 600 ± 6
Смазка	Принудительная под давлением
Охлаждение	Жидкостное, термосифонно- испарительного типа
Питание топливом	От карбюратора с тремя поплавковыми бачками
Питание воздухом	Из атмосферы через слой тающего льда, что обеспечивает постоянную влажность
Температура воздуха (исследовательский метод)	52 ± 1 °С поддерж. автоматически
Температура ТВС (моторный метод)	149 ± 1 °С поддерж. автоматически
Запуск и поддержание постоянных оборотов двигателя	Асинхронным двухскоростным электродвигателем
Способ измерения интенсивности детонации	Электронным детонометром и указателем детонации

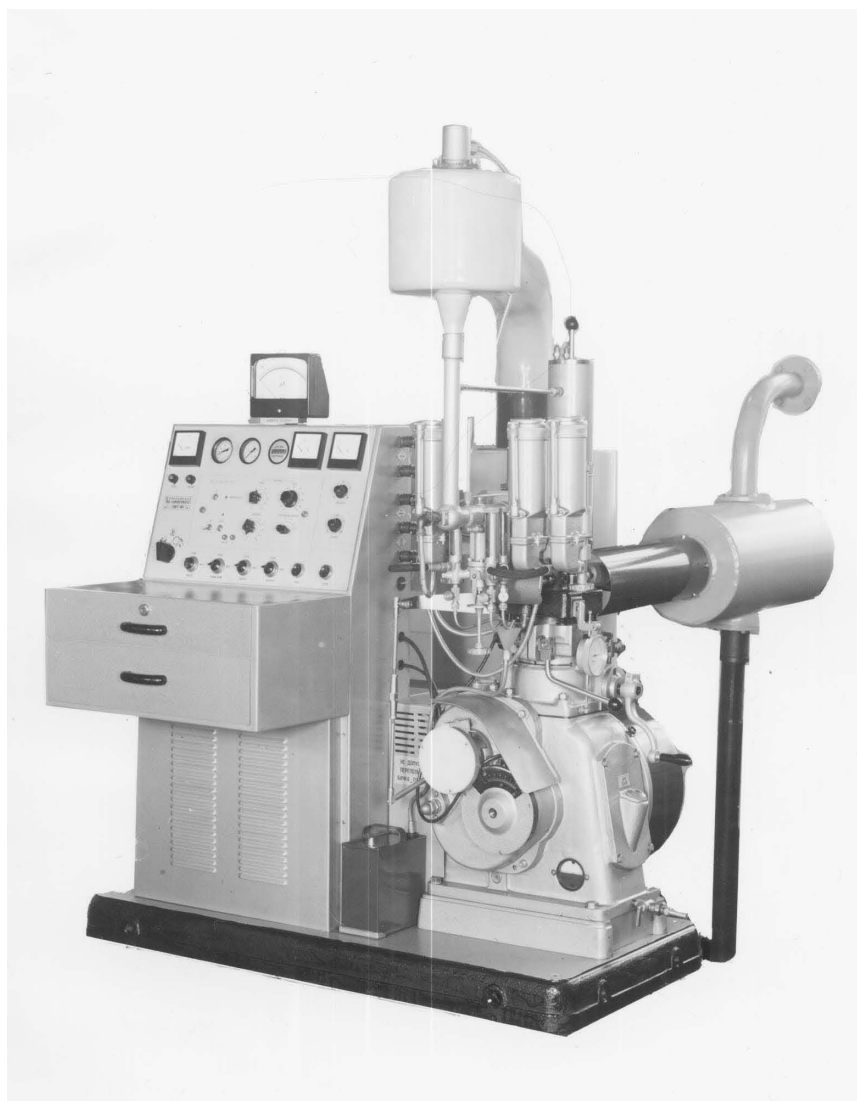


Рис. 1.1. Общий вид экспериментальной установки УИТ-85

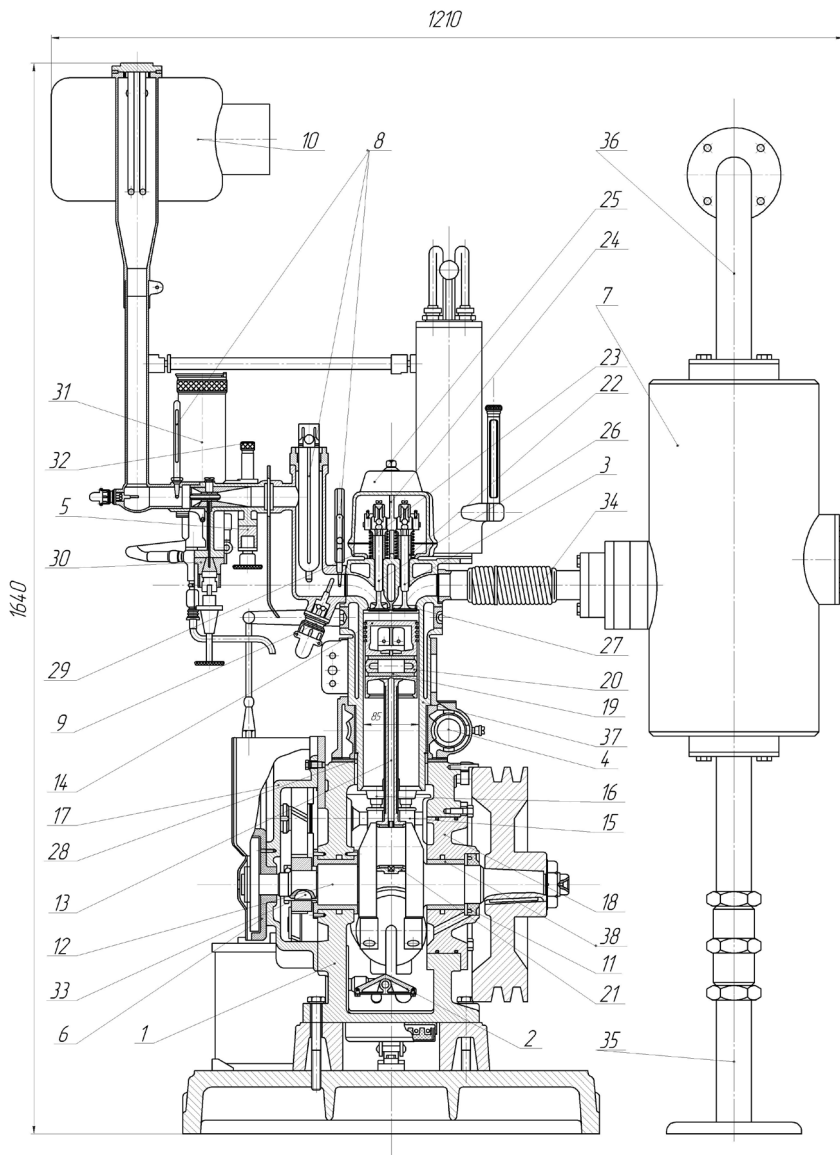


Рис. 1.2. Установка испытаний топлива УИТ-85 (см. прил.)

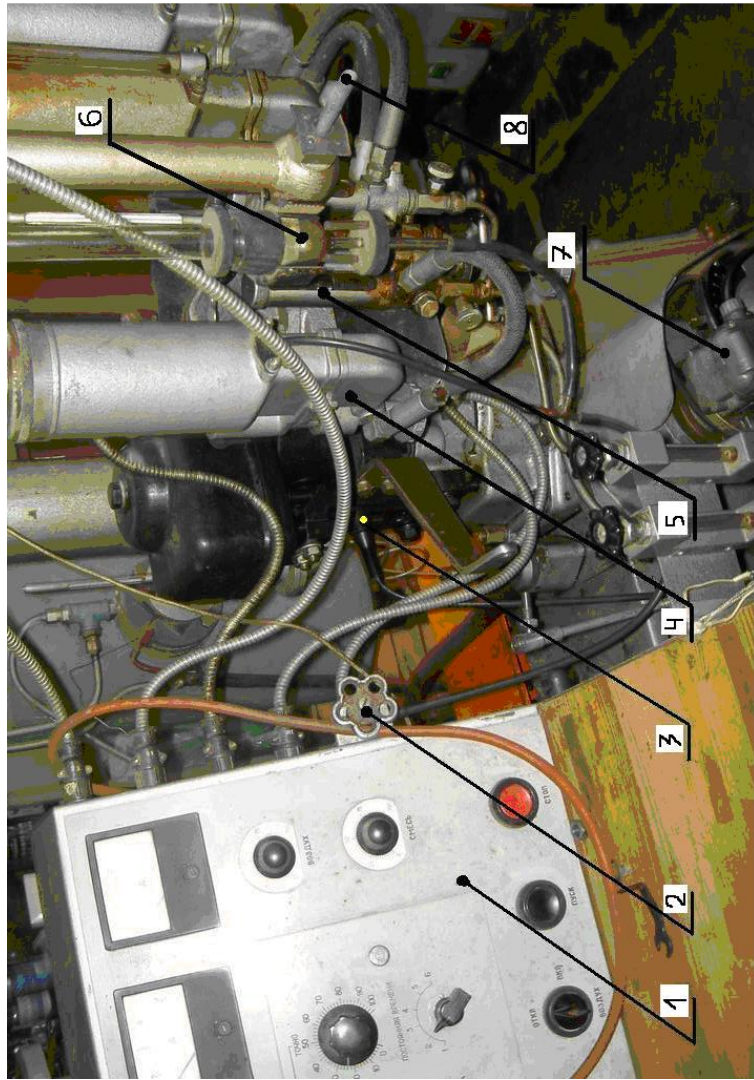


Рис. 1.3. Экспериментальная установка УИТ-85 (вид спереди):

- 1 — пульт управления; 2 — кран подачи бензина; 3 — свеча зажигания; 4 — поплавковая камера карбюратора; 5 — указатель уровня бензина; 6 — расходомер бензина; 7 — магнето; 8 — патрубок

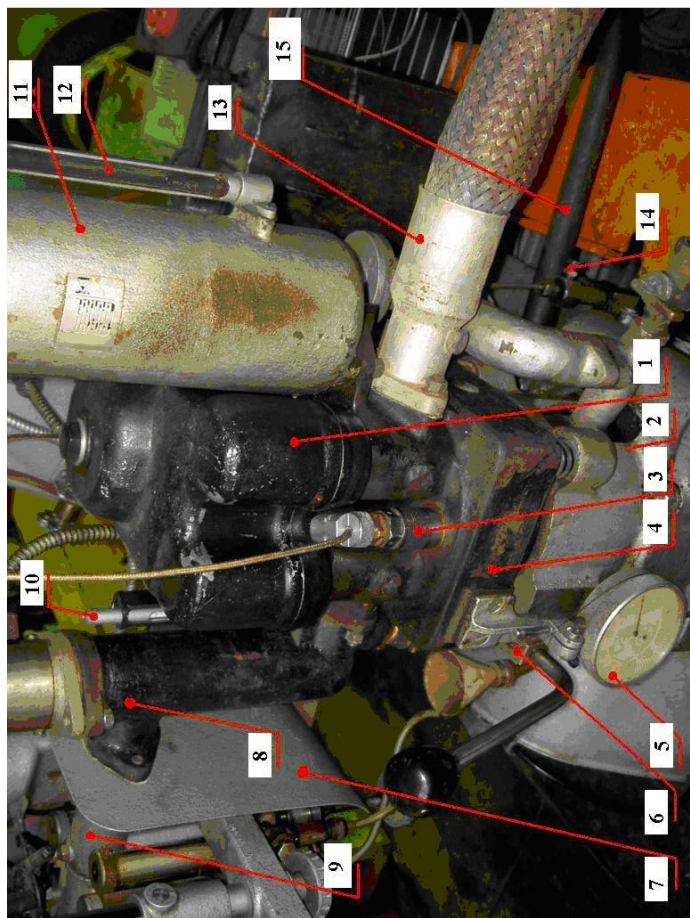


Рис. 1.4. Экспериментальная установка УИТ-85 (вид сбоку): 1 — крышка газораспределительного механизма; 2 — направляющая цилиндра; 3 — магнитоэлектрический датчик; 4 — цилиндр; 5 — индикатор степени сжатия; 6 — эксцентрикый зажим цилиндра; 7 — теплоизоляционный экран карбюратора; 8 — подогреватель ТВС; 9 — карбюратор; 10 — контрольный термометр температуры ТВС; 11 — холодильник охлаждающей жидкости; 12 — водомерное стекло; 13 — труба системы выпуска; 14 — контрольный краник системы смазки; 15 — труба вентиляции картера

### 1.3. Программа работы

Пользуясь рекомендуемой литературой и материальной частью, изучить общее устройство, особенности конструкции и принцип работы установки испытаний топлива УИТ-85.

При этом рекомендуется следующая последовательность.

1. Основные технические данные изучаемой установки.
2. Основные механизмы и системы установки и их значение.
3. Конструктивное исполнение отдельных элементов основных механизмов и систем установки.
4. Компоновка установки и конструкция корпусных деталей.

Для закрепления знаний по устройству УИТ-85 и получения первичных навыков самостоятельной работы на УИТ-85 необходимо строго соблюдать указанную ниже последовательность действий.

#### ***Подготовка двигателя к запуску, запуск и прогрев***

Прежде чем включить установку, следует убедиться, что двигатель проверен и отрегулирован согласно требованиям [1].

Запуск двигателя разрешается при температуре не ниже 15°C.

Перед запуском необходимо:

1. Проверить наличие контрольных термометров.
2. Проверить наличие масла в картере (по смотровому стеклу).
3. Промыть и прочистить клапан суфлера.
4. Проверить наличие охлаждающей жидкости в системе охлаждения. Уровень охлаждающей жидкости должен быть по водомерному стеклу примерно на 70 мм ниже знака «Рабочий уровень». Во время работы двигателя уровень охлаждающей жидкости должен соответствовать отметке «Рабочий уровень» на корпусе холодильника. При заливке (сливе) охлаждающей жидкости клапан крышки указателя уровня следует приподнять.
5. Проверить и отрегулировать зазоры между штоками и коромыслами клапанов.
6. Смазать маслом штоки клапанов, полусферы и оси коромысел.
7. Проверить зазор между электродами свечи зажигания. Если зазор между электродами больше 0,6 мм, свечу заменить новой.
8. Открыть вентиль подвода водопроводной воды к змеевику системы охлаждения и проверить слив воды.

9. Залить моторное масло в масленку механизма изменения степени сжатия.
  10. Подогреть масло в картере до температуры 50–60 °С.
11. Загрузить в колонку для поддержания влажности воздуха лёд до метки внутри колонки. Куски льда должны быть размером 60–90 мм. Открыть отверстие в крышке колонки для доступа воздуха.
12. Залить в бачок карбюратора топливо для прогрева двигателя.
13. Повернуть маховик двигателя от руки на 5–8 полных оборотов;
14. Установить степень сжатия на 0,5–1,0 ниже величины, найденной по табл. 2 или 3 [1] для данного топлива в целях обеспечения бездетонационного режима работы двигателя.
15. Соединить штепсельные разъёмы подогревателей воздуха, ТВС, терморезисторов и другие.
16. Установить топливный кран карбюратора в положение, при котором топливо не поступает в цилиндр.
17. В зависимости от метода определения октанового числа тумблером переключения выбрать частоту вращения коленчатого вала (для ИМ – 600 min<sup>-1</sup>, для ММ – 900 min<sup>-1</sup>). Нажать кнопку «Пуск» на пульте управления и держать её в нажатом положении 3 – 5 с. После того как давление масла возрастёт до величины 1,37·10<sup>-5</sup> Па (1,4 кгс/см<sup>2</sup>), кнопку «Пуск» отпустить.
18. Наблюдать за давлением масла в системе смазки. Если после пуска двигателя давление масла по дистанционному манометру не укладывается в пределы (1,96 ± 0,3)·10<sup>-5</sup> Па (2,0 ± 0,3 кгс/см<sup>2</sup>) при 900 min<sup>-1</sup>, остановить двигатель нажатием кнопки «Стоп» и устранить неисправности.
19. Повернуть переключатель «Зажигание» и выключатель подогревателя воздуха в положение «Вкл».
20. Открыть кран карбюратора для подачи топлива и установить уровень топлива в поплавковой камере таким, при котором двигатель будет работать устойчиво.
21. Прогреть двигатель в течение 25–30 мин. для обеспечения устойчивого рабочего режима.
22. В процессе запуска, прогрева и режимной работы следить за рециркуляцией водопроводной воды в системе охлаждения и не допускать

снижения уровня охлаждающей жидкости в колонке ниже отметки «Рабочий уровень».

### **Обслуживание установки во время испытаний**

Во время испытания необходимо:

1. Следить за поддержанием стандартных рабочих условий и за работой детонометра.
2. Периодически проверять подачу масла к клапанному механизму при помощи контрольного краника, расположенного на отводном тройнике картера. Если при открытом кране в отверстии появляется масло, значит подача масла к клапанному механизму нормальная.
3. Следить (1 раз в смену) за вращением выпускного клапана, которое должно быть не менее  $3\text{-х min}^{-1}$ , в режиме моторного метода.
4. Следить за уровнем масла в картере по смотровому стеклу указателя уровня.
5. Не допускать понижения уровня охлаждающей жидкости в холодильнике ниже отметки «Рабочий уровень».
6. Следить за циркуляцией водопроводной воды в системе охлаждения.
7. Проверять герметичность топливопроводов и маслопроводов.
8. Не допускать переполнение сливного бачка, следить за поплавковым сигнализатором.
9. Предохранять систему зажигания от попадания в неё топлива.
10. Не допускать работу двигателя в режиме сильной детонации.
11. Следить за надёжной затяжкой шпилек крепления блока цилиндра.

### **Остановка двигателя**

Для остановки двигателя необходимо:

1. Выключить указатель детонации, датчик и детонометр.
2. Выключить подогреватель масла.
3. Выключить подогреватели воздуха и ТВС.
4. Перекрыть трехходовым краном карбюратора подачу топлива в цилиндр.
5. Выключить зажигание.
6. Прокрутить установку от электромотора для охлаждения в течение 3 мин.
7. Остановить двигатель нажатием кнопки «Стоп».
8. Полностью закрыть кран охлаждения водопроводной водой.



9. Выключить рубильник на распределительном щите для подачи напряжения 380 В и тумблер автоматического выключателя, расположенного на боковой стенке пульта управления.
10. Слить топливо из бачков карбюратора и из сливного бачка.
11. Протереть двигатель салфеткой.
12. Установить поршень в ВМТ в конце такта сжатия, чтобы оба клапана были закрыты.

#### **1.4. Содержание отчёта**

В отчёте должно быть отражено название, цель работы, таблица с техническими характеристиками, ответы на контрольные вопросы.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Метод оценки антидетонационных свойств бензина. Становление и развитие.
2. Назовите основные технические характеристики УИТ-85.
3. Назовите основные элементы, особенности конструкции и принцип работы УИТ-85.

## **Лабораторная работа 2**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА МОТОРНЫМ МЕТОДОМ**

#### **2.1. Цели и задачи работы**

*Цель работы* – получение знания и навыков самостоятельного определения октанового числа бензина моторным методом.

*Задачи работы:* определить октановое число испытуемого топлива.  
Время на проведение работы – 2 часа.

#### **2.2. Теоретическая часть**

*Детонационная стойкость.* Этот показатель характеризует способность бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлива обеспечивает его нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный характер. При сжатии рабочей смеси температура и давление повышаются и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения ТВС. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накопление перекисных соединений, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива. Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива, к детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения деталей двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя.

#### **2.3. Программа работы**

Испытания топлива моторным методом проводятся в соответствии с ГОСТ 511-82 «Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа», где подробно указана аппаратура и материалы,

необходимые для проведения испытаний, описаны подготовительные работы, изложены методики проведения испытаний и обработки полученных результатов.

Однако следует особенно акцентировать внимание на следующее:

**Определение состава ТВС на максимальную  
интенсивность детонации**

При определении октановых чисел двигатель должен работать как на испытуемом образце топлива, так и на эталонных смесях только при составе ТВС, соответствующей максимальной интенсивности детонации. Определение состава ТВС на максимальную интенсивность детонации сводится к нахождению такого уровня топлива по мерному стеклу карбюратора, при котором наблюдается максимальное отклонение стрелки указателя детонации. Порядок регулировки состава ТВС при проведении испытаний по моторному и исследовательскому методам одинаков и заключается в следующем:

1. Залить в топливный бачок № 1 испытуемое топливо и перевести кран карбюратора на работу двигателя из этого бачка. Затем установить степень сжатия с таким расчётом, чтобы интенсивность детонации была несколько ниже стандартной величины (40—45 делений по шкале указателя детонаций).

После того как показания указателя детонации установятся, записывают их величину и уровень топлива по мерному стеклу.

2. Обогащать ТВС, повышая уровень топлива по мерному стеклу через интервал в одно деление, и для каждого нового положения уровня топлива записать соответствующие показания указателя детонации. Обогащение ТВС продолжать до тех пор, пока показания не упадут по крайней мере на 3—4 деления по сравнению с максимальным значением.

3. Установить уровень топлива в положение, соответствующее максимальному показанию указателя детонации. Повторить операцию, обедняя ТВС опусканием уровня топлива через интервал в одно деление до тех пор, пока показания указателя детонации не упадут на 3—4 деления от максимального значения. Всё время фиксировать показания указателя детонации.

4. Установить уровень топлива или на то деление, при котором наблюдалась наибольшая интенсивность детонации, или между делени-

ями, при которых наблюдалась максимальная детонация одинаковой интенсивности. Найденное положение уровня топлива соответствует регулированию состава ТВС на максимальную интенсивность детонации.

Полученную регулировку проверить, изменяя положение уровня топлива в обе стороны от найденной величины на одно-два деления по мерному стеклу.

Если показания указателя детонации увеличиваются, то регулировка неверна и всю операцию необходимо повторить. При проведении регулировки необходимо следить за тем, чтобы все отсчёты по указателю детонации брались после того, как стрелка прибора придёт в состояние равновесия. Регулирование состава ТВС на максимальную детонацию необходимо проводить на испытуемом топливе и на каждой эталонной смеси.

#### ***Установка степени сжатия, соответствующей стандартной интенсивности детонации***

После подбора уровня топлива, соответствующего максимуму детонации испытуемого топлива, путём изменения степени сжатия добиваются такого положения, при котором показания стрелки указателя детонации будут равны 55 делениям.

Если показания указателя детонации при работе на испытуемом топливе и регулировке состава ТВС на максимальную интенсивность детонации соответствуют  $55 \pm 3$  делениям, можно считать, что установлена стандартная интенсивность детонации и дальнейшего регулирования не требуется.

Если показания указателя детонации выходят за указанные пределы, следует изменением степени сжатия довести их до  $55 \pm 3$  делений и ещё раз убедиться в том, что уровень топлива соответствует максимальному показанию указателя детонации. Установленную указанным способом степень сжатия сохранить неизменной в течение всего определения октанового числа. Величина стандартной степени сжатия должна соответствовать для моторного метода данным, приведённым в табл. 2 [2], для исследовательского метода – данным, приведённым в табл. 3 [2]. Устанавливая степень сжатия, следует учитывать поправку на барометрическое давление.

### ***Определение октанового числа испытуемого топлива***

Октановое число по моторному или исследовательскому методу определяется путем сравнения испытуемого топлива со смесями эталонных топлив. После установления степени сжатия, соответствующей стандартной интенсивности детонации при работе на испытуемом образце, выбирают два эталонных топлива, одно из которых детонирует сильнее, другое – слабее, чем испытуемое топливо при той же степени сжатия.

Подбор первого эталонного топлива. Исходя из предполагаемого октанового числа испытуемого образца составляют смесь первичных эталонных топлив (химически чистый изооктан и нормальный гептан), которую тщательно перемешивают и заливают во второй бачок карбюратора. Затем, не меняя степени сжатия, переключают двигатель на работу из этого бачка и регулируют уровень топлива в поплавковой камере на максимум детонации.

Если октановые числа первого и второго эталонного топлива различаются не более чем на 2 ед., можно продолжать испытание, в противном случае необходимо составить дополнительные смеси для выполнения этого условия.

### ***Регистрация показаний указателя детонации***

При отрегулированном уровне топлива в каждой из трёх поплавковых камер карбюратора на максимальную интенсивность детонации регистрируют показания указателя детонации, работая на испытуемом и двух эталонных топливах попеременно, не менее 3 раз. Показания снимаются в следующем порядке: на втором эталонном, на испытуемом, на первом эталонном, на испытуемом, втором эталонном, испытуемом и первом эталонном топливе. При переходе с одного топлива на другое необходимо выдержать время не менее 1 мин., а при переходе с эталонного топлива на неэтилированное – не менее 3 мин., чтобы обеспечить установившийся режим работы и равновесие стрелки указателя детонации.

## **2.4. Содержание отчёта**

В отчёте должно быть отражено название, цель работы, таблица с рассмотренными для данной темы показателями, ответы на контрольные вопросы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Опишите методику определения состава ДВС на максимальную интенсивность детонации.
2. Опишите методику установки степени сжатия, соответствующей стандартной интенсивности детонации.
3. Опишите методику определения октанового числа испытуемого топлива и регистрации показаний указателя детонации.

# Лабораторная работа 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ МЕТОДОМ

### 3.1. Цели и задачи работы

*Цель работы* – получение знания и навыков самостоятельного определения октанового числа бензина исследовательским методом.

*Задачи работы:* определить октановое число испытуемого топлива.  
Время на проведение работы – 2 часа.

### 3.2. Теоретическая часть

#### 3.2.1. Опыты по исследованию явления детонации

Для анализа особенностей детонационного сгорания был разработан ионизационный метод исследования распространения пламени [4]. Этот метод заключается в том, что в КС двигателя устанавливается несколько ионизационных датчиков (ИД) (рис. 3.1), позволяющих фиксировать момент прохождения пламени. Таким образом, группа ИД позволяет построить картину распространения пламени по КС. Расстояние между ИД одинаковое. Однако время прохождения фронтом пламени расстояния между ИД при детонации и в условиях её отсутствия существенно отличается. По характеру пути, проходимого пламенем, легко определить момент возникновения детонации. На рис. 3.1 пунктирными линиями обозначен характер изменения концентрации гидроперекисей в рабочем теле.

Отечественные учёные А.Н. Воинов [4] и А.С. Соколик [5] обнаружили, что при детонации образуется второй очаг воспламенения. Новый фронт пламени распространяется со скоростью 1000...2000 м/с, т. е. со скоростью в 100 раз большей, чем при отсутствии детонации. А.С. Соколиком и А.Н. Воиновым также были зафиксированы ударные волны. Движение ударных волн на индикаторной диаграмме отображается всплесками давления. Металлический звук при детонации возникает вследствие удара волн о стенки цилиндра. Стенка играет роль камертона.

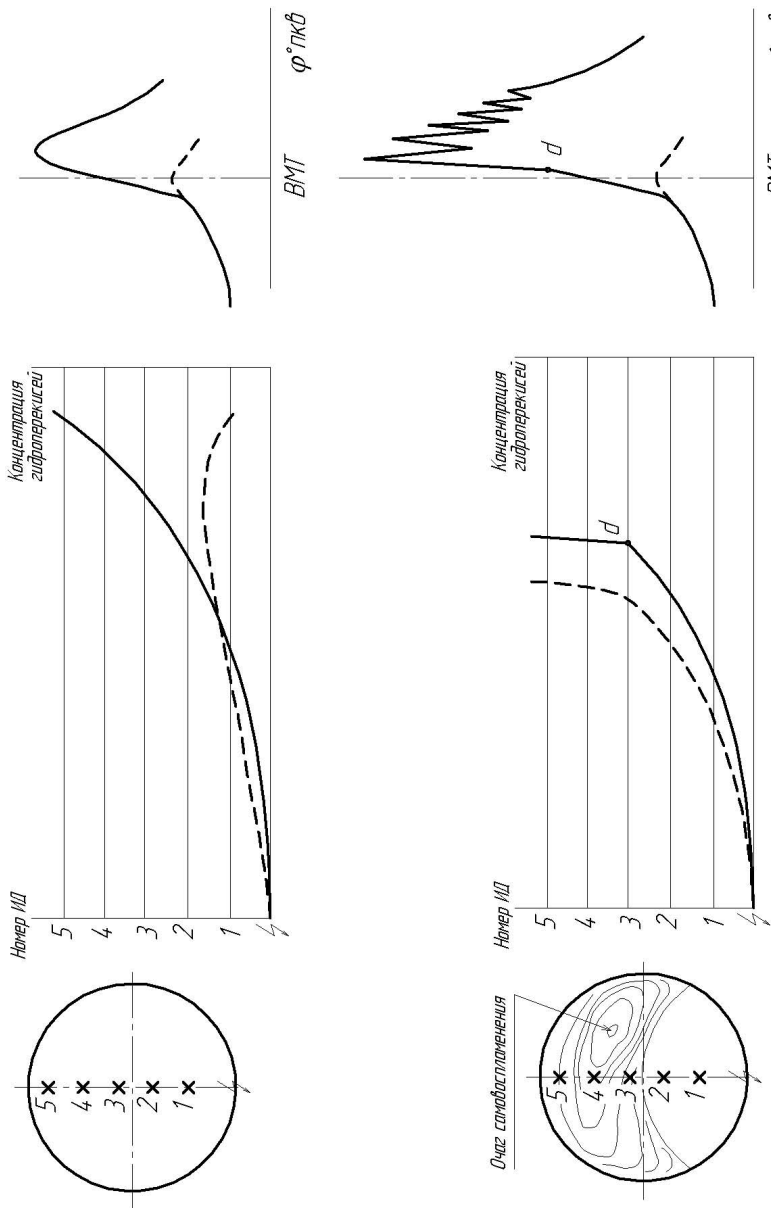


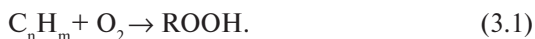
Рис. 3.1. Осциллограммы распространения фронта пламени при нормальном и детонационном сгорании: ———— - распространение фронта пламени; - - - - изменение концентрации гидроперекисей



При детонации начальный период сгорания протекает нормально и лишь затем оно приобретает взрывной (неуправляемый) характер в зависимости от того, на каком участке возникает новый очаг воспламенения, возникает сильная или слабая детонация.

### 3.2.2. Теория пероксидов

Пероксиды, или гидроперекиси – нестойкие органические соединения, получающиеся в результате окисления молекул углеводородов при соответствующих температуре и давлении:



Существует критическая концентрация гидроперекисей. При достижении определенных критических значений температуры и плотности несгоревшей части ТВС (для данного топлива) происходит распад гидроперекисей с образованием активных центров и последующим детонационным сгоранием:



где  $RO \cdot$  и  $\cdot OH$  – активные центры (осколки молекул и атомов, имеющих свободную валентность).

Все факторы, увеличивающие концентрацию гидроперекисей в несгоревшей части сжатой ТВС и вызывающие их внезапный распад, способствуют возникновению детонации.

### 3.2.3. Образование волны сжатия нормальным пламенем

Опытами [4] точно установлено, что при ускоренном движении фронта пламени им излучаются волны сжатия (звуковые волны). Вследствие непрерывного повышения температуры среды скорость последующих элементарных волн больше скорости предыдущих.

Таким образом, элементарные волны нагоняют друг друга, суммируются и образуют суммарную волну сжатия (рис. 3.2). Следовательно, фронт пламени действует подобно поршню.

Диаграмма (рис. 3.2) позволяет отметить, что от фронта пламени начиная с некоторого момента отходят элементарные волны сжатия. Причём скорость последующих волн превышает скорость предыдущих. Поэтому элементарные волны суммируются. Можно принять, что бесконечно малый перепад давления в элементарной волне сжатия  $dp$  прямо пропорционален времени  $dt$  и ускорению  $j$ , т. е.

$$dp = Kjdt, \quad (3.3)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности.

Интегрируя уравнение (3.3), находим:

$$\Delta p = K \int_0^t j dt = Kw, \quad (3.4)$$

где  $w$  – скорость перемещения волны сжатия.

Интегрируя (3.4) в пределах времени от  $t = 0$  до  $t = t_m$ , где  $t_m$  – время положительного ускорения сгорания (рис. 3.2), получаем выражение для максимального давления в волне сжатия (рис. 3.3)

$$\Delta p_{MAX} = K \int_0^{t_m} j dt = Kw_{MAX}. \quad (3.5)$$

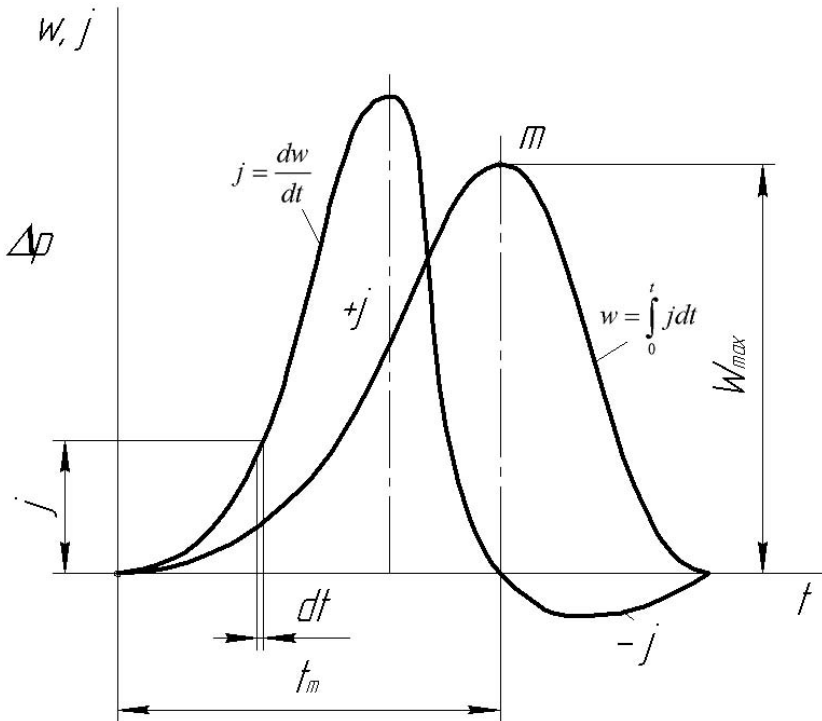


Рис. 3.2. Изменение скорости и ускорения сгорания от времени, [6]

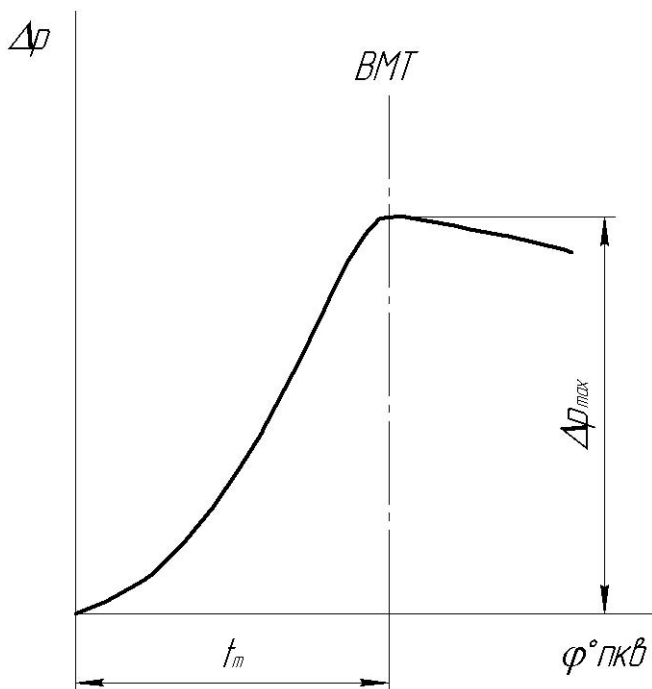


Рис. 3.3. Перепад давления в волне сжатия, [6]

### 3.2.4. Критериальная диаграмма детонации

Вследствие прохождения предпламенных процессов окисления несгоревшая часть ТВС становится восприимчивой к воспламенению. Однако степень этой восприимчивости не одинакова в разных областях несгоревшей ТВС. Если амплитуда проходящей волны сжатия достаточна для того, чтобы вызвать самовоспламенение, то в местах наибольшей подготовленности несгоревшей части ТВС к воспламенению волна сжатия образует очаг самовоспламенения.

От этого очага самовоспламенения новый фронт пламени распространяется по химически активной среде и поэтому с гораздо большим ускорением, чем основной фронт пламени. По этой причине рождаются вторичные, более мощные волны сжатия, которые называются ударными волнами. При отражении от стенок ударные волны сжатия превращаются в детонационные, если проходят по несгоревшей части ТВС.

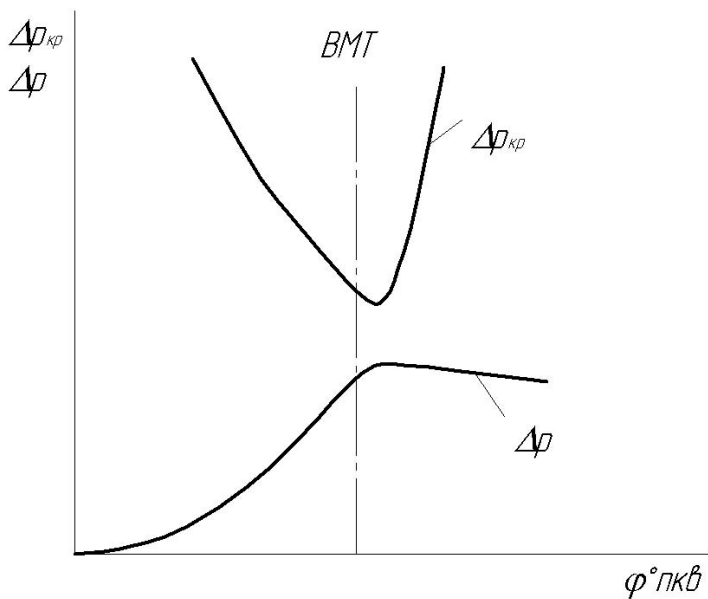


Рис. 3.4. Вид критериальной диаграммы при нормальном сгорании, [6]

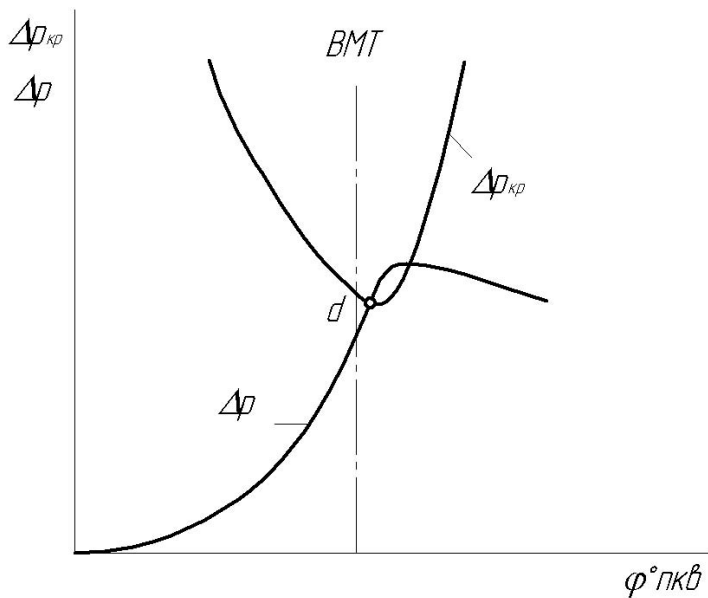


Рис. 3.5. Вид критериальной диаграммы при наличии детонации [6]  
(*d* – момент возникновения детонации)

Значение амплитуды, при которой в несгоревшей части ТВС образуется новый очаг воспламенения, называется волной критического сжатия. На рис. 3.4 и 3.5 приведен характер изменения фактического перепада давления  $\Delta p$  в волне сжатия и характер изменения критического давления  $\Delta p_{кр}$ , достаточного при данных условиях для образования локального очага самовоспламенения (распад гидроперекисей) в несгоревшей части ТВС с последующей детонацией.

При этом действует правило: если в течение всего процесса сгорания перепад давления в первичной волне сжатия меньше критического, то детонация по этой причине не возникает.

То есть если в течение всего процесса сгорания соблюдается неравенство:

$$\Delta p < \Delta p_{кр}, \quad (3.6)$$

то детонация отсутствует.

Для возникновения детонации необходимы два условия:

- 1) высокая концентрация гидроперекисей в несгоревшей части смеси;
- 2) первичная волна должна иметь достаточно высокую амплитуду.

Флуктуация циклов нежелательна с точки зрения предотвращения детонации, так как при наличии флюктуации в отдельных циклах могут возникать благоприятные для детонации условия.

### **3.2.5. Эксплуатационные факторы, влияющие на детонацию**

*Дросселирование* (рис. 3.6). Если детонация небольшая, то, прикрыв дроссельную заслонку, можно ликвидировать детонацию, так как с прикрытием заслонки уменьшается плотность эффективных центров из-за уменьшения количества поступающего свежего заряда, и, как следствие, снижается скорость сгорания топливоздушнoй смеси.

*Угол опережения зажигания* (рис. 3.7). При изменении угла опережения зажигания (УОЗ) характер протекания  $\Delta p_{кр}$  как функции  $\varphi$  остаётся неизменным, а  $\Delta p$  меняется (смещается по фазе). Следовательно, отклонение УОЗ от определённого значения может послужить причиной возникновения детонации.

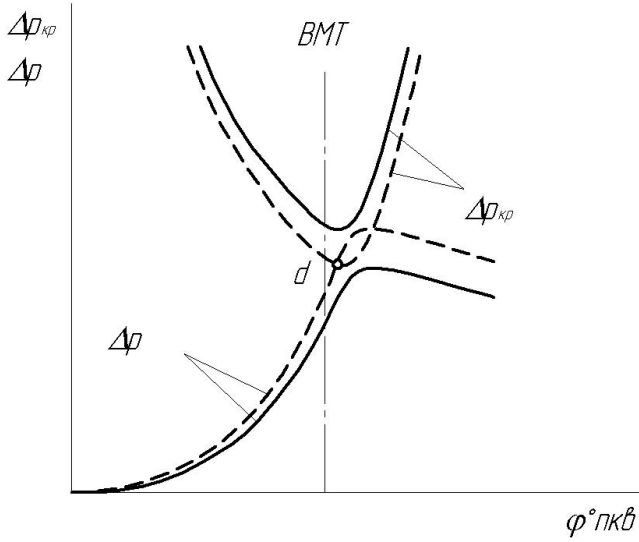


Рис. 3.6. Влияние дросселирования на детонацию:  
 — с дросселированием; - - - без дросселирования [6]

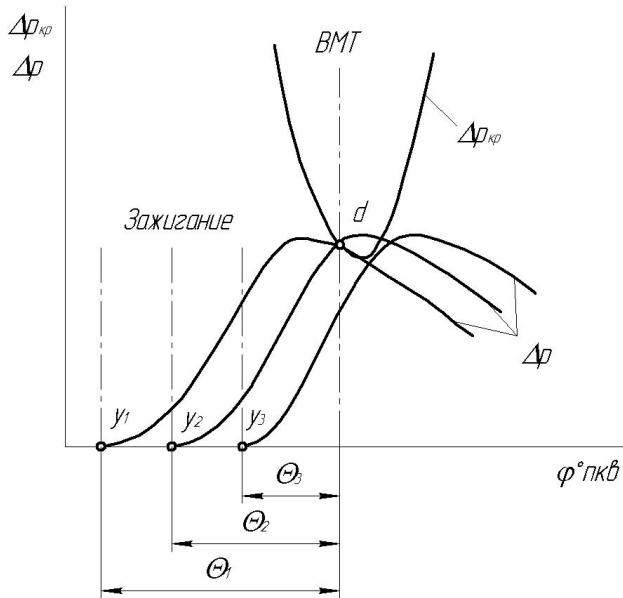


Рис. 3.7. Перепад давления в элементарной волне сжатия при различных УОЗ  
 (при  $\Theta_2$  возникает детонация) [6]

*Частота вращения коленчатого вала* (рис. 3.8). При уменьшении оборотов коленчатого вала двигателя увеличивается время на образование гидроперекисей. Значит, при прочих равных условиях возможность возникновения детонации повышается. Повышение оборотов приводит к росту интенсивности вихревых движений, увеличивается скорость сгорания. Это снижает вероятность возникновения детонации.

Всё сказанное о влиянии различных определённых факторов на детонацию позволяет сделать вывод: двигатель должен быть отрегулирован так, чтобы при малых частотах вращения коленчатого вала, полном дросселе и полной нагрузке прослушивалась лёгкая детонация. Тогда на других режимах работы детонации не будет.

*Коэффициент избытка воздуха* (рис. 3.9). При  $\alpha \approx 0,85 - 0,95$  достигается наибольшая скорость сгорания. Следовательно, и склонность к детонации также будет наибольшей. Обедняя ТВС или ещё больше обогащая её, можно уменьшить склонность двигателя к детонации. На практике стремятся понизить  $\alpha$ , так как при его увеличении растягивается процесс сгорания и повышается вероятность перегрева двигателя, что может явиться причиной возникновения детонации.

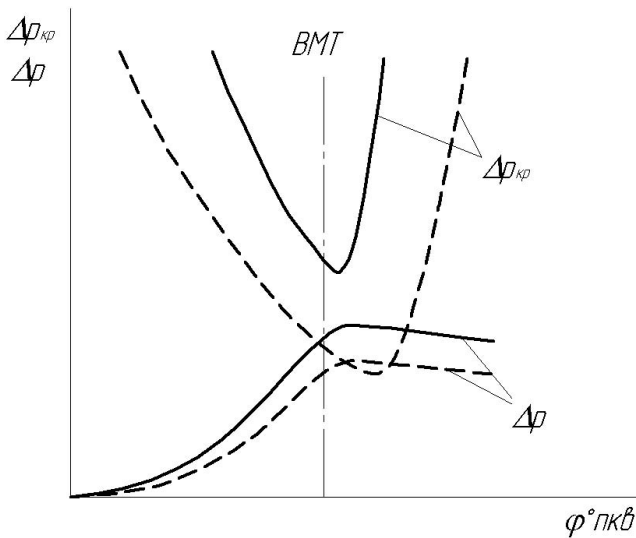


Рис. 3.8. Влияние частоты вращения коленчатого вала на амплитуду волны сжатия ( $n_1 > n_2$ ): — — — для  $n_1$ ; - - - - для  $n_2$  [6]

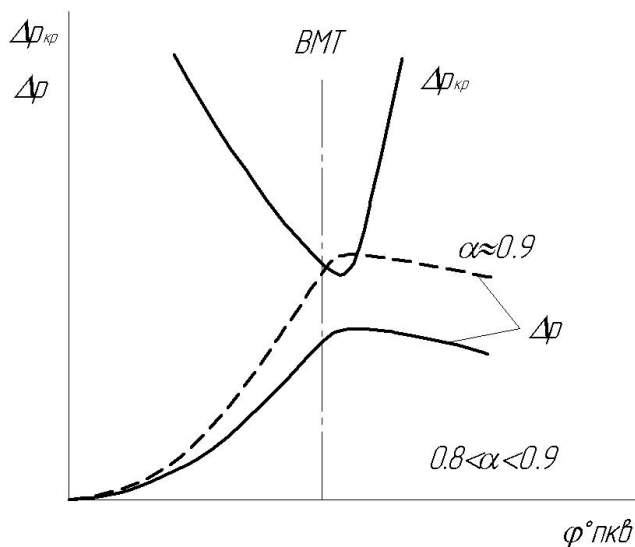


Рис. 3.9. Влияние состава ТВС на амплитуду волны сжатия [6]

*Род топлива.* Род применяемого топлива существенно влияет на детонацию.

Октановое число изооктана принято равным 100. Предельная степень сжатия, которую допускает использование изооктана в качестве топлива, равна 8,4.

Октановое число гептана принято равным 0. Предельная степень сжатия для этого топлива — 3,75.

При обычной перегонке нефти выход бензина составляет от 16 до 25%. При крекинг-процессе выход бензина повышается до 40%. Крекинг-бензин более стоек в отношении детонации. Бензины каталитического риформинга тоже стойки. Бензин можно облагородить присадками — антидетонаторами. Наибольшее распространение среди антидетонаторов имел тетраэтилсвинец. Его основной недостаток в том, что он ядовит. В качестве антидетонационной присадки к топливу чаще всего использовалась этиловая жидкость следующего состава: тетраэтилсвинец — 54%, двубромэтилен — 36,4%, моноклорнафталин — 9%. Этиловую жидкость вводят в бензин.

Если к изооктану добавить 0,88 см<sup>3</sup>/л топлива этиловой жидкости, то октановое число превысит 100, а допустимая предельная степень сжатия для такого топлива окажется равной 10,5.



Применение этилированных бензинов позволяет использовать более высокие степени сжатия. Однако повышенная концентрация свинца (более 0,17...0,37 г/дм<sup>3</sup>) существенно повышает токсичность отработавших газов. По этой причине в 2003 году введен ГОСТ Р51105-97 на применение неэтилированных бензинов марок «Нормаль-80» (Н-80), «Регулятор-91» (Р-91), «Премиум-95» (П-95) и «Супер-98» (С-98), в которых применяются марганцевые и другие антидетонаторы с малым содержанием свинца (концентрация не превышает 0,01 г/дм). Цифра в маркировке этого бензина характеризует его октановое число, определенное исследовательским методом.

### 3.2.6 Конструктивные факторы, влияющие на детонацию

*Степень сжатия* (рис. 3.10). Увеличение степени сжатия повышает склонность двигателя к детонации, так как с повышением  $\epsilon$  снижается  $\Delta p_{кр}$ , увеличивается скорость сгорания и увеличивается  $\Delta p$ .

*Диаметр цилиндра* (рис. 3.11). С увеличением диаметра цилиндра склонность двигателя к детонации повышается. При меньшем диаметре цилиндра: а) сокращается время для образования суммарных волн сжатия, так как путь, проходимый пламенем, уменьшается; б) уменьшается амплитуда волн сжатия вследствие потерь энергии из-за многократного отражения волны от стенок цилиндра; в) возрастает эффект охлаждения заряда от стенок цилиндров.

*Материал поршня и ГБЦ*. Замена чугунного поршня поршнем из алюминиевого сплава позволяет повысить  $\epsilon$  на 0,5...1 единиц. Объясняется это тем, что алюминиевые сплавы являются хорошими проводниками теплоты. Поэтому средняя температура головки поршня из алюминиевого сплава, существенно ниже температуры чугунного. Этот факт способствует наиболее полному охлаждению несгоревшей части ТВС.

Теплоотдача в тело поршня подчиняется соотношению

$$q = \alpha[t - t_n], \quad (3.7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от рабочего тела в днище поршня;  $t, t_n$  – температура рабочего тела и стенок поршня соответственно.

И хотя  $\alpha$  для поршня из алюминиевого сплава значительно меньше, чем для поршня, выполненного из чугуна, теплоотвод  $q$  в стенке чугунного поршня значительно меньше. Это объясняется тем, что  $(t - t_{n,чуг}) < (t - t_{n,Al})$ . Разность  $t - t_{n,Al}$  составляет примерно 200 градусов.

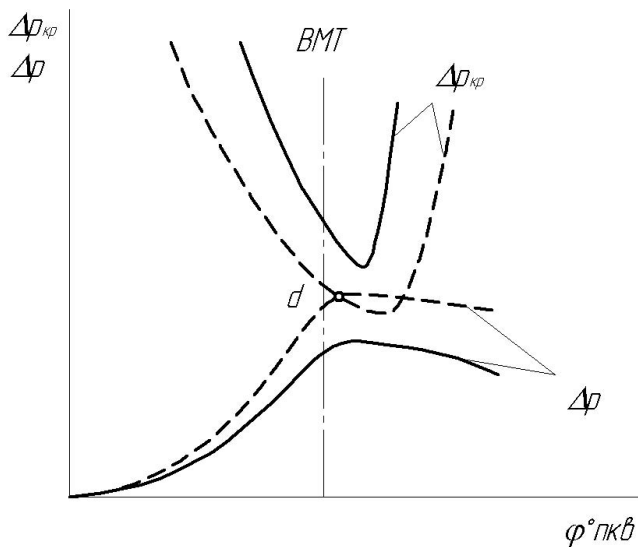


Рис. 3.10. Изменение критического и фактического перепада давления в волне сжатия при различных степенях сжатия: —  $\epsilon_1$  — детонация отсутствует; ---  $\epsilon_2 > \epsilon_1$  — двигатель детонирует [6]

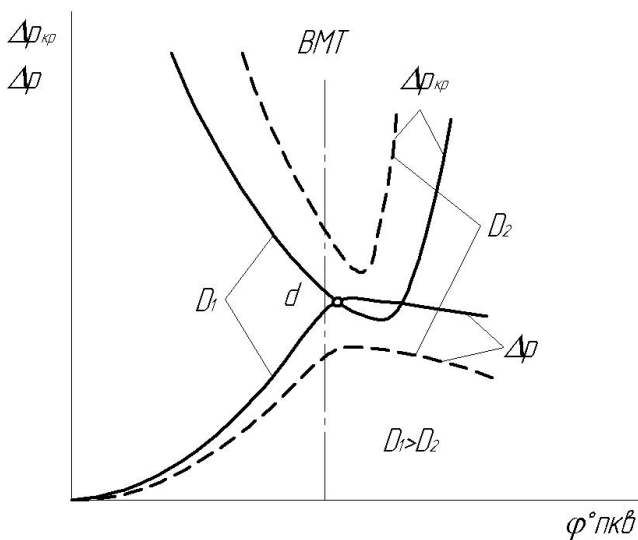


Рис. 3.11. Влияние диаметра цилиндра на детонацию ( $d$  — момент возникновения детонации) [6]

*Охлаждение выпускного клапана.* Температура выпускных клапанов в двигателях с внешним смесеобразованием достигает 600...800°С. Для понижения температуры клапаны охлаждают металлическим натрием (ЗИЛ-130). Благодаря этому температура головки клапана снижается примерно на 100°С. Введение охлаждения клапанов благоприятно сказывается на возможности повышения  $\epsilon$ .

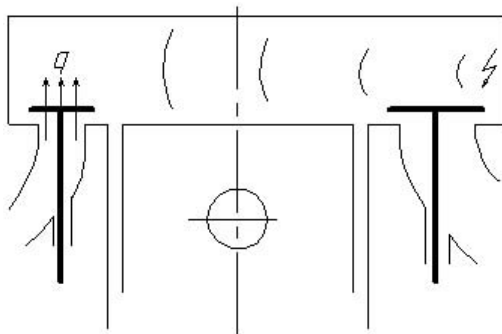


Рис. 3.12. Схема нерациональной камеры сгорания [6]

*Форма камеры сгорания.* Для снижения вероятности возникновения детонации к форме КС предъявляются следующие требования:

- путь, проходимый фронтом пламени, должен быть как можно короче, т. е. КС должна быть компактной;
- горючую ТВС следует воспламенять в наиболее нагретой зоне КС, например, около выпускного клапана;
- должно быть предусмотрено охлаждение ТВС, сгорающей в последнюю очередь.

Время прохождения фронтом пламени КС должно быть как можно меньше, чтобы концентрация гидроперекисей не успела возрасти до критического значения. С этой целью свечу располагают ближе к центру КС и в наиболее нагретой её зоне. Применение нескольких свечей зажигания также сокращает путь, который должно пройти пламя для завершения сгорания.

На рис. 3.12 приведен пример нерациональной в конструктивном отношении КС (так называемая Т-образная КС). В ней все названные требования не выполняются.

На рис. 3.13 приведена конструктивная схема цилиндрической КС с завихрителем.

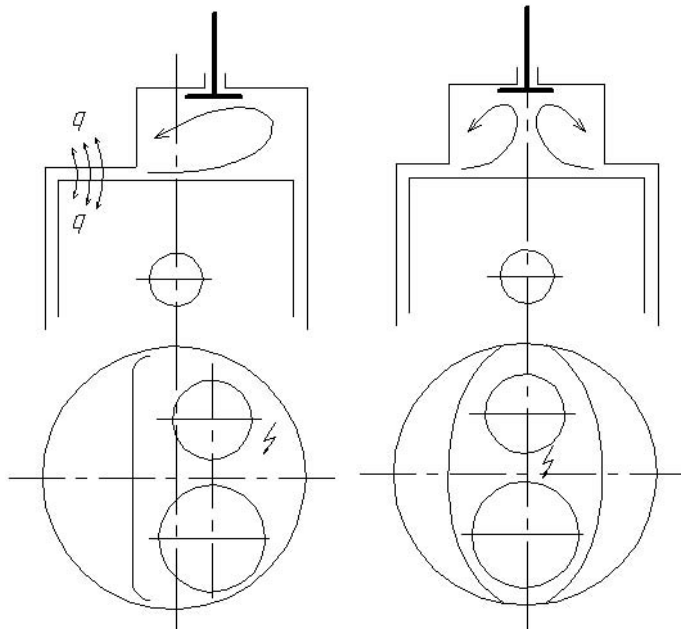


Рис. 3.13. Цилиндрическая камера сгорания

Рис. 3.14. Плоскоовальная камера сгорания

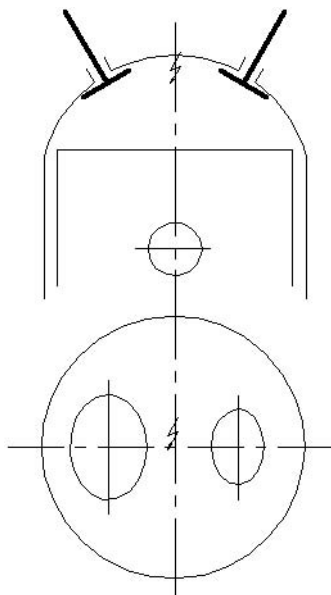


Рис. 3.15. Полусферическая камера сгорания

Плоскоовальная КС (рис. 3.14) имеет хорошую антидетонационную характеристику, но отличается сравнительно невысоким коэффициентом наполнения.

Полусферическая КС (рис. 3.15), позволяет получить высокий коэффициент наполнения и даёт возможность форсирования двигателя по частоте вращения коленчатого вала. Однако имеется сложность привода клапанов газораспределения.

На рис. 3.16 показана шатровая КС с завихрителем и однорядным расположением клапанов, а на рис. 3.16 – клиновья КС.

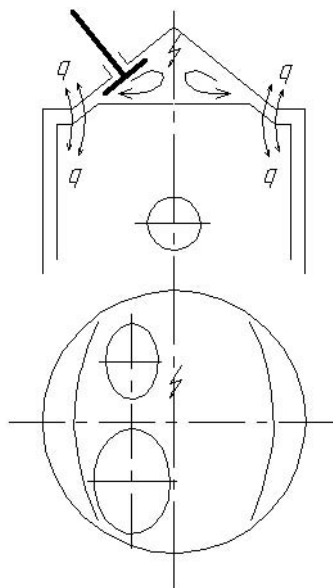


Рис. 3.16. Шатровая камера сгорания с завихрителем

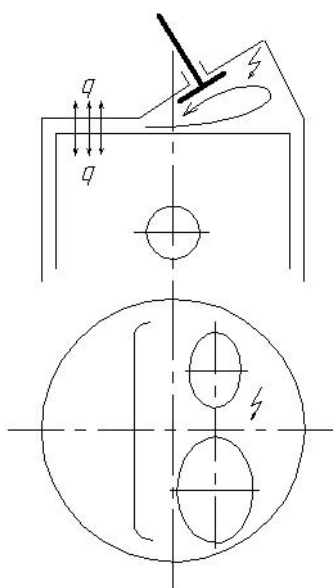


Рис. 3.17. Клиновья камера сгорания

### 3.3. Программа работы

Испытания топлива исследовательским методом проводятся в соответствии с ГОСТ 8226-82 «Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа», где подробно указана аппаратура и материалы, необходимые для проведения испытаний, описаны подготовительные работы, изложены методики проведения испытаний и обработки полученных результатов.

### **3.4. Содержание отчёта**

В отчёте должно быть отражено название, цель работы, таблица с рассмотренными для данной темы показателями, ответы на контрольные вопросы.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Образование волны сжатия.
2. Что показывает критериальная диаграмма детонации?
3. Какие эксплуатационные факторы влияют на детонацию? Особенности их влияния.
4. Какие конструктивные факторы влияют на детонацию? Особенности их влияния.

## Библиографический список

1. Одноцилиндровая универсальная установка УИТ-85 для определения октановых чисел топлив / Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
2. ГОСТ 511-82. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа. – Введ.1983-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 13 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).
3. ГОСТ 8226-82. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа. – Введ. 1983-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 11 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).
4. Воинов, А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / А.Н. Воинов. – М. : Машиностроение, 1977. – 277 с.
5. Соколик, А.С. Самовоспламенение и детонация в газах / А.С. Соколик. – М. : АН СССР, 1960. – 427 с.
6. Шараглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов / Б.А. Шараглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 382с.
7. Емельянов, В.Е. Всё о топливе автомобильный бензин: Свойства, ассортимент, применение / В.Е. Емельянов. – М. : ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 79 с.

Фермат Зона Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание					
		<i>Документация</i>							
A1		<i>Сборочный чертёж</i>	1						
		<i>Сборочные единицы</i>							
	1	<i>Корпус</i>	1						
	2	<i>Маслозаборник</i>	1						
	3	<i>Выпускной клапан</i>	1						
	4	<i>Червячный механизм</i>	1						
	5	<i>Регулятор уровня</i>	1						
	6	<i>Демпфер</i>	1						
	7	<i>Ресивер</i>	1						
	8	<i>Термометр</i>	6						
	9	<i>Термопара</i>	1						
	10	<i>Уравнительный бачок</i>	1						
	11	<i>Подшипник</i>	2						
		<i>Детали</i>							
	4	<i>Коленчатый вал</i>	1						
	13	<i>Шатун</i>	1						
	14	<i>Поршень</i>	1						
	15	<i>Распределительный вал</i>	1						
Изм./лист		№ док.м.		Подп.	Дата				
Лист № покл.	Разраб.	ЧИТ-85			Лит.	Лист	Листов		
	Проб.				1	2			
Н.контр.									
Утв.									

Копировал

Формат А4



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
		16		Толкатели	2	
		17		Передняя крышка	1	
		18		Задняя крышка	1	
		19		Поршневой палец	1	
		20		Заглушка	2	
		21		Крышка шатуна	1	
		22		Направляющая клапана	2	
		23		Пружина клапана	2	
		24		Шпилька	1	
		25		Клапанная крышка	1	
		26		Впускной клапан	1	
		27		Седло клапана	2	
		28		Прокладка	1	
		29		Карыто	1	
		30		Карпус трехходового крана	1	
		31		Топливный бачок	3	
		32		Гайка	3	
		33		Шпанка	1	
		34		Гибкая труба	1	
		35		Стойка	1	
		5		Присоединительное колено	1	
		37		Блок цилиндра	1	
		38		Подшипник	4	
Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	
					2	

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа 1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО УИТ-85.....	4
1.1. Цели и задачи работы.....	4
1.2. Теоретическая часть.....	4
1.3. Программа работы.....	13
1.4. Содержание отчёта.....	16
Лабораторная работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА МОТОРНЫМ МЕТОДОМ.....	17
2.1. Цели и задачи работы.....	17
2.2. Теоретическая часть.....	17
2.3. Программа работы.....	17
2.4. Содержание отчёта.....	20
Лабораторная работа 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ МЕТОДОМ.....	22
3.1. Цели и задачи работы.....	22
3.2. Теоретическая часть.....	22
3.3. Программа работы.....	36
3.4. Содержание отчёта.....	37
Библиографический список.....	38
Приложение.....	39

Учебное издание

*Коломиец Павел Валерьевич*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ТОПЛИВА

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Химмотология»

Редактор *Е.Ю. Жданова*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасёва*

Подписано в печать 16.09.2011. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 2,44.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-95-10.

Тольяттинский государственный университет  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14