

**Н. Рагозин**

**Справочник по авиационным  
и автомобильным топливам**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
Н11

Н11      **Н. Рагозин**  
Справочник по авиационным и автомобильным топливам / Н. Рагозин – М.:  
Книга по Требованию, 2016. – 182 с.

**ISBN 978-5-458-38226-7**

Справочник по авиационным и автомобильным топливам

**ISBN 978-5-458-38226-7**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2016

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2016

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## ПРЕДИСЛОВИЕ

„Справочник по авиационным и автомобильным топливам“ дает в общедоступной и удобной для работы форме наиболее существенные материалы по физико-химическим свойствам авиационных и автомобильных топлив. Материалы эти в громадном количестве накопились в литературе, но ввиду своей разбросанности являлись до сих пор почти недоступными для массового читателя.

Справочник рассчитан главным образом на научных работников, инженеров, студентов вузов и техникумов, а также на всех тех, кто работает в области применения и изучения авиационных и автомобильных топлив.

Основным источником материалов для данного справочника, наряду со специальными справочниками и книгами, явилась советская и зарубежная периодическая литература.

В большинстве таблиц, помещенных в справочнике, имеются ссылки на авторов или источники, откуда взяты материалы. Отсутствие ссылки означает, что таблицы составлены по разным источникам.

Список основной использованной литературы приводится в конце справочника.

---



## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АНТИДЕТОНАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

Для оценки антидетонационных свойств моторных топлив применяются различные методы.

### **Метод критической степени сжатия**

Для определения антидетонационных свойств моторных топлив Рикардо применил одноцилиндровый двигатель с переменной степенью сжатия. Испытания топлив на этом двигателе проводились при строго определенном и постоянном режиме. При испытании степень сжатия двигателя повышалась до момента возникновения детонации и замерялась (степень сжатия) посредством микрометрического приспособления. Момент появления детонации определялся на слух и по снижению мощности двигателя. Степень сжатия, соответствующая моменту возникновения детонации, являлась характеристикой антидетонационных качеств топлив и называлась „максимальной полезной степенью сжатия“ или „критической степенью сжатия“.

### **Метод топливных эквивалентов**

Метод оценки антидетонационных свойств моторных топлив по топливным эквивалентам был разработан исследователем Миджлеем, Бойдом и Эдгаром. Этими исследователями и был предложен специальный одноцилиндровый двигатель с переменной степенью сжатия. По этому методу степень детонации испытуемого топлива сравнивалась со степенью детонации эталонных топлив. В качестве эталонных, недетонирующих топлив применяли бензол или толуол, а в качестве сильно детонирующего топлива брали нормальный гептан или специальный сорт бензина (в СССР — грозненский бензин).

Определение антидетонационных свойств топлив по этому методу заключалось в том, что на двигателе (разных систем) производилось сравнение испытуемого образца с рядом эталонных топлив, представляющих собою смесь бензола (или толуола) с нормальным гептаном (грозненским бензином). При этом испытании подбирается такая смесь, которая детонирует так же, как испытуемый образец топлива. Следовательно, бензольным (толуольным) эквивалентом какого-либо топлива называется показатель детонационных свойств топлива, численно равный такому процентному (по объему) содержанию бензола (толуола) в смеси с нормальным гептаном (грозненским бензином), при котором антидетонационная стойкость этой смеси и сравниваемого с ней топлива одинаковы.

## Метод анилинового эквивалента

Одна из наиболее полных работ по изучению антидетонационных свойств индивидуальных углеводородов была проведена американскими исследователями Ловеллом, Кэмпбеллом и Бойдом. Антидетонационные свойства углеводородов эти исследователи выражали через анилиновый эквивалент. Существо шкалы анилиновых эквивалентов разобрано ниже на двух примерах. Разбирая эти примеры, необходимо заметить, что для топлив, обладающих антидетонационными свойствами выше и ниже эталонного топлива, применяются различные способы расчета анилинового эквивалента.

Для топлив, обладающих антидетонационными свойствами выше, чем эталонное топливо, анилиновый эквивалент обозначается плюсом; принцип расчета анилинового эквивалента разобран на примере с изооктаном.

Изооктан (2, 2, 4-триметилпентан) с молекулярным весом 114 имеет анилиновый эквивалент плюс 16; это значит, что 114 г изооктана, разбавленные эталонным бензином до объема 1 л, по своим антидетонационным качествам эквивалентны (равноценны) тому же бензину с содержанием анилина в количестве  $16/100 \times 93$  г на литр бензина (молекулярный вес анилина 93).

Для топлив, обладающих антидетонационными качествами ниже эталонного топлива, анилиновый эквивалент обозначается минусом; принцип расчета анилинового эквивалента разобран на примере с нормальным гептаном. Нормальный гептан (молекулярный вес 100) имеет анилиновый эквивалент минус 14. Это означает, что при добавлении анилина в количестве  $14/100 \times 93$  г к 100 г нормального гептана и разбавлении этой смеси эталонным бензином до объема 1 л получается смесь с такими же антидетонационными качествами, как чистый эталонный бензин.

## Метод октановых чисел

Метод октановых чисел принципиально ничем не отличается от метода бензольного (толуольного) эквивалента. Существо метода октановых чисел заключается в том, что для выражения антидетонационных свойств топлив берутся в качестве эталонов два химически чистых углеводорода: изооктан (2, 2, 4-триметилпентан) и нормальный гептан.

Изооктан и нормальный гептан по своим основным физическим свойствам близки друг к другу, но обладают совершенно разными антидетонационными свойствами. Изооктан обладает очень высокими антидетонационными свойствами, и его октановое число условно принято за 100. Нормальный гептан, наоборот, очень сильно детонирует, и его октановое число условно принято равным 0.

Смешивая изооктан с нормальным гептаном в различных пропорциях, можно получить шкалу, т. е. ряд топлив, с октановым числом от 0 до 100.

Принцип определения октановых чисел топлив заключается в том, что на специальном одноцилиндровом двигателе производится сравнение испытуемого образца топлива с рядом стандартных (эталонных) топлив, составленных из изооктана и нормального гептана, причем подбирается такая смесь (эталон), которая ведет себя при работе на двигателе, в отношении детонации, точно так же, как испытуемый образец топлива<sup>1</sup>.

Например, при определении на двигателе антидетонационных свойств авиационного бензина оказалось, что бензин на двигателе ведет себя (детонирует) так же, как смесь, составленная из 70% изооктана и 30%

<sup>1</sup> Для упрощения нами сознательно не объясняется принцип работы со вторичными эталонными топливами.

нормального гептана; в этом случае говорят, что бензин имеет октановое число 70. Если говорят, что бензин имеет октановое число 74, то это значит, что он обладает такими же антидетонационными свойствами, какими обладает смесь, составленная из 74% изооктана и 26% нормального гептана.

Следовательно, октановое число топлива есть показатель его детонационной стойкости, численно равный такому процентному (по объему) содержанию изооктана в смеси с нормальным гептаном, при котором детонационная стойкость этой смеси и сравниваемого с ней (испытываемого) топлива одинакова.

### **Различные методы определения октановых чисел топлив**

В настоящее время для определения октановых чисел авиационных и автомобильных топлив применяются, в основном, следующие методы:

1. Этил-газолин Корпорейшен S-30
2. CFR — исследовательский метод
3. CFR — моторный метод
4. CFR — Британский метод
5. Армейский метод № 2-94
6. I-3-США.

Характеристика двигателей, на которых производится определение октановых чисел топлив и режима их работы, приведены в табл. I на стр. 8.

Основными методами, принятыми в СССР для определения октановых чисел топлив, служат — моторный метод (CFR) и армейский метод.

---

Различные методы определения антидетонационных свойств топлив

| Константы                                      | Условия испытаний различными методами |                                                   |                                                   |                                                      |                                                    |                                                    |                                        |                                                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                | Ри-кар-до E-5                         | Армстронг-Витворт                                 | Этил-Газолин Корпорейшен S-30B                    | CFR исследовательский метод                          | CFR моторный метод                                 | CFR Британский метод                               | Армейский метод № 2-94                 | Метод L-3                                          |
| Число оборотов в минуту . . . . .              | 1900                                  | 750                                               | 600                                               | 600                                                  | 900                                                | 900                                                | 900                                    | 900                                                |
|                                                | 50                                    | 50                                                | 100                                               | 100                                                  | 100                                                | 100                                                | 165                                    | 100                                                |
| Температура рубашки цилиндра, °C . . . . .     | Вода                                  | Вода                                              | Вода                                              | Вода                                                 | Вода                                               | Вода                                               | Дистил-гликоль                         | Вода                                               |
| Охлаждающая жидкость . . . . .                 | —                                     | 50                                                | 37,8                                              | 37,8                                                 | —                                                  | —                                                  | —                                      | —                                                  |
| Температура всасываемого воздуха, °C . . . . . | —                                     | —                                                 | —                                                 | —                                                    | 150                                                | 127                                                | не контролируется                      | 127                                                |
| Температура рабочей смеси, °C . . . . .        | —                                     | 12° до ВМТ изменяется с изменением степени сжатия | 15° до ВМТ изменяется с изменением степени сжатия | 22,5° при 5:1 изменяется с изменением степени сжатия | 26° при 5:1 изменяется с изменением степени сжатия | 26° при 5:1 изменяется с изменением степени сжатия | 30° до ВМТ                             | 16° при 5:1 изменяется с изменением степени сжатия |
| Опережение зажигания                           | —                                     | максимум детонации                                | максимум детонации                                | максимум детонации                                   | максимум детонации                                 | максимум детонации                                 | максимальная температура газа цилиндра | максимум детонации                                 |
| Состав рабочей смеси                           | —                                     | —                                                 | не контролируется                                 | 55                                                   | 55—68                                              | —                                                  | 70—80                                  | —                                                  |
| Температура масла, °C                          | на слух                               | индикатор Миджеля                                 | индикатор Миджеля                                 | индикатор Миджеля                                    | индикатор Миджеля                                  | индикатор Миджеля                                  | Термоэлектрический элемент             | индикатор Миджеля                                  |
| Измерение детонации                            | 73                                    | 73                                                | 63,5                                              | 82,6                                                 | 82,6                                               | 82,6                                               | 66,0                                   | 82,6                                               |
| Диаметр цилиндра, мм                           | 82,5                                  | 89                                                | 115,5                                             | 114,0                                                | 114,0                                              | 114,0                                              | 112,6                                  | 114,0                                              |
| Ход поршня, мм . . . . .                       |                                       |                                                   |                                                   |                                                      |                                                    |                                                    |                                        |                                                    |

Таблица 2

Свойства эталонных топлив, применяющихся для определения октановых чисел

| Константы                                  | Изооктан<br>(2, 2, 4-три-<br>метилпентан)<br>$C_8H_{18}$ | n-гептан<br>$C_7H_{16}$ |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Удельный вес, при 20° С . . . . .          | 0,698                                                    | 0,684                   |
| Температура кипения в °С . . . . .         | 99,3                                                     | 98,4                    |
| Скрытая теплота испарения кал/кг . . . . . | 70                                                       | 76                      |
| Теплотворная способность кал/кг . . . . .  | 11 450                                                   | 11 370                  |
| Вязкость в сантипуазах при 20° С . . . . . | 0,680                                                    | 0,675                   |
| Коэффициент рефракции при 20° С . . . . .  | 1,3921                                                   | 1,3874                  |
| Температура замерзания, °С . . . . .       | — 116                                                    | — 90                    |
| Октановое число . . . . .                  | 100                                                      | 0                       |

### АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

В своем большинстве топлива, применяемые в авиации и в автомобильном транспорте, представляют собою сложную смесь углеводородов. Для того, чтобы знать антидетонационные свойства топлив, не проводя специальных испытаний, необходимо знать антидетонационные свойства индивидуальных углеводородов, входящих в состав этих топлив.

#### Парафиновые углеводороды

По своим антидетонационным свойствам парафины из всех классов углеводородов представляет наибольший интерес — по двум причинам:

а) Парафиновые углеводороды в большом количестве (25 — 60%) входят во все авиационные и автомобильные бензины и тем самым оказывают значительное влияние на их антидетонационные свойства.

б) Некоторые парафиновые углеводороды изостроения, как изооктан, изопентан и др., благодаря их высоким антидетонационным свойствам, применяются в качестве высокооктановых присадок авиационных топлив.

По своим антидетонационным свойствам парафиновые углеводороды входящие в состав авиационных и автомобильных бензинов, очень разнообразны. Наиболее легкие углеводороды этого ряда — метан, этан и пропан — обладают октановым числом выше 100. Все углеводороды изостроения по своим антидетонационным свойствам значительно выше, чем соответствующие углеводороды нормального строения.

В общем виде, зависимость между химическим строением и антидетонационными свойствами парафиновых углеводородов может быть сформулирована следующим образом:

1) С удлинением цепи молекул антидетонационные свойства парафиновых углеводородов снижаются.

2) При увеличении количества метильных групп, включенных в молекулу в форме боковых членов, антидетонационные свойства парафиновых углеводородов повышаются.

3) Чем ближе к центру молекулы расположены боковые цепи, тем антидетонационные свойства парафиновых углеводородов выше.

### **Нафтеновые углеводороды**

По содержанию в авиационных и автомобильных бензинах прямой гонки нафтеновые углеводороды занимают почти равное место с парафинами. По своим антидетонационным свойствам нафтеновые углеводороды, в основном, ниже изопарафиновых, но выше нормальных парафиновых углеводородов. Боковые цепи изостроения у нафтенов не дают резкого повышения октанового числа углеводородов.

Не сполна гидрированные нафтеновые углеводороды обладают значительно более высокими антидетонационными свойствами, чем соответствующие нафтеновые углеводороды, сполна гидрированные. Ни один из индивидуальных нафтеных углеводородов в качестве авиационного топлива на практике не применяется.

### **Ароматические углеводороды**

Гомологи бензола обладают высокими антидетонационными свойствами, благодаря чему некоторые из них широко применяются в качестве высокооктановых компонентов авиационных и автомобильных топлив.

В большинстве бензинов прямой гонки ароматические углеводороды содержатся в незначительном количестве, в силу чего они не оказывают большого влияния на антидетонационные свойства этих бензинов. Значительное количество ароматических углеводородов содержат некоторые бензины крекинга.

### **Непредельные углеводороды**

По своим антидетонационным свойствам непредельные углеводороды очень близки к нафтовым углеводородам. Благодаря низкой стабильности непредельные углеводороды в чистом виде не применяются в качестве моторного топлива; даже небольшое их добавление к высококачественным авиационным топливам считается нежелательным.

При длительном хранении бензина, содержащего непредельные углеводороды, под воздействием кислорода воздуха и температуры, а также каталитического действия ряда металлов образуются смолообразные соединения; при этом происходит некоторое снижение антидетонационных свойств бензина.

В авиационных и автомобильных бензинах прямой гонки непредельных углеводородов почти совершенно не содержится. В бензинах жидкофазного крекинга содержание непредельных углеводородов доходит до 40%.

**Октановые числа углеводородов**  
(По Еглоффу)

| Наименование углеводородов         | Химическая формула           | Октановое число (CFR моторный метод) |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Метан . . . . .                    | $\text{CH}_4$                | 125 <sup>1</sup>                     |
| Этан . . . . .                     | $\text{C}_2\text{H}_6$       | 125 <sup>1</sup>                     |
| Пропан . . . . .                   | $\text{C}_3\text{H}_8$       | 125 <sup>1</sup>                     |
| <i>n</i> -бутан . . . . .          | $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | 91                                   |
| Изобутан . . . . .                 | $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | 99                                   |
| <i>n</i> -пентан . . . . .         | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | 64                                   |
| Изопентан (2-метилбутан) . . . . . | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | 90                                   |
| 2, 2-диметилпропан . . . . .       | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | 83                                   |
| <i>n</i> -гексан . . . . .         | $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | 59                                   |
| 2 2-диметилбутан . . . . .         | $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | 95                                   |
| <i>n</i> -гептан . . . . .         | $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | 0                                    |
| <i>n</i> -октан . . . . .          | $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | -19                                  |
| 2, 2, 4-триметилпентан . . . . .   | $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | 100                                  |
| <i>n</i> -нонан . . . . .          | $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | -28                                  |
| Изодекан . . . . .                 | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | 93                                   |
| Изодедекан . . . . .               | $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ | 100                                  |
| 1-бутен . . . . .                  | $\text{C}_4\text{H}_8$       | 80                                   |
| 2-бутен . . . . .                  | $\text{C}_4\text{H}_8$       | 83                                   |
| Изобутен . . . . .                 | $\text{C}_4\text{H}_8$       | 87                                   |
| Диизобутен . . . . .               | $\text{C}_6\text{H}_{16}$    | 84                                   |
| Метилциклопентан . . . . .         | $\text{C}_6\text{H}_{12}$    | 82                                   |
| Циклогексан . . . . .              | $\text{C}_6\text{H}_{12}$    | 77                                   |
| Бензол . . . . .                   | $\text{C}_6\text{H}_6$       | > 100                                |
| Толуол . . . . .                   | $\text{C}_7\text{H}_8$       | > 100                                |
| Этилбензол . . . . .               | $\text{C}_8\text{H}_{10}$    | 96                                   |
| <i>o</i> -ксилол . . . . .         | $\text{C}_8\text{H}_{10}$    | > 100                                |
| <i>m</i> -ксилол . . . . .         | $\text{C}_8\text{H}_{10}$    | > 100                                |
| <i>p</i> -ксилол . . . . .         | $\text{C}_8\text{H}_{10}$    | > 100                                |

<sup>1</sup> Октановые числа определены методом смешения.

## Октановые числа нафтеновых углеводородов

(По Ловеллу, Кэмпбеллу и Бойду)

| Наименование углеводородов                        | Октановое<br>число |
|---------------------------------------------------|--------------------|
| Циклопентан . . . . .                             | 145                |
| Метилциклопентан . . . . .                        | 71                 |
| 1, 3-диметилциклопентан . . . . .                 | 51                 |
| Этилциклопентан . . . . .                         | 58                 |
| 1, 3-метилэтилциклопентан . . . . .               | 44                 |
| <i>n</i> -пропилциклопентан . . . . .             | 15                 |
| 1, 3-метил- <i>n</i> -пропилциклопентан . . . . . | 31                 |
| <i>n</i> -бутилциклопентан . . . . .              | -11                |
| 1, 3-метил- <i>n</i> -бутилциклопентан . . . . .  | -4                 |
| <i>n</i> -амилциклопентан . . . . .               | -18                |
| 1, 3-метил- <i>n</i> -амилциклопентан . . . . .   | -8                 |
| 1, 3-метилизоамилциклопентан . . . . .            | 0                  |
| Циклогексан . . . . .                             | 85                 |
| Метилциклогексан . . . . .                        | 74                 |
| 1, 2-диметилциклогексан . . . . .                 | 75                 |
| 1, 3-диметилциклогексан . . . . .                 | 68                 |
| 1, 4-диметилциклогексан . . . . .                 | 75                 |
| 1, 3, 5-триметилциклогексан . . . . .             | 61                 |
| Этилциклогексан . . . . .                         | 44                 |
| 1, 2-метилэтилциклогексан . . . . .               | 55                 |
| 1, 3-метилэтилциклогексан . . . . .               | 34                 |
| 1, 4-метилэтилциклогексан . . . . .               | 27                 |
| 1, 3-диэтилциклогексан . . . . .                  | 12                 |
| 1, 4-диэтилциклогексан . . . . .                  | 12                 |
| <i>n</i> -пропилциклогексан . . . . .             | 19                 |
| Изопропилциклогексан . . . . .                    | 55                 |
| 1, 2-метил <i>n</i> -пропилциклогексан . . . . .  | 37                 |
| 1, 3-метил- <i>n</i> -пропилциклогексан . . . . . | 22                 |
| 1, 4-метил- <i>n</i> -пропилциклогексан . . . . . | 20                 |
| 1, 4-метилизопропилциклогексан . . . . .          | 57                 |
| <i>n</i> -бутилциклогексан . . . . .              | 2                  |
| Изобутилциклогексан . . . . .                     | 35                 |
| Вторичный бутилциклогексан . . . . .              | 45                 |
| Третичный " . . . . .                             | 98                 |
| 1, 2-метил- <i>n</i> -бутилциклогексан . . . . .  | 6                  |
| 1, 3-метил- <i>n</i> -бутилциклогексан . . . . .  | -5                 |
| 1, 4-метил- <i>n</i> -бутилциклогексан . . . . .  | -5                 |
| 1, 3-метилизобутилциклогексан . . . . .           | 40                 |
| <i>n</i> -амилциклогексан . . . . .               | -7                 |
| Изоамилциклогексан . . . . .                      | 13                 |
| Третичный изоамилциклогексан . . . . .            | 70                 |
| 1, 2-метил- <i>n</i> -амилциклогексан . . . . .   | 7                  |
| Дициклогексан . . . . .                           | -7                 |
| Циклогептан . . . . .                             | 26                 |