

**М. Уинкль**

# **Производство авиационного бензина**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
М11

М11 **М. Уинкль**  
Производство авиационного бензина / М. Уинкль – М.: Книга по Требованию, 2023. – 219 с.

**ISBN 978-5-458-38224-3**

Производство авиационного бензина

**ISBN 978-5-458-38224-3**

© Издание на русском языке, оформление  
«УОУО Media», 2023  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2023

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 первоизданном 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.



## ГЛАВА I

### ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

Авиационное топливо, в современном значении его, имеет весьма недавнее происхождение.

В первые годы существования авиации, с 1903 по 1917—1918 гг., в авиадвигателе использовалось всё, что может заставить его работать. В этот период качество авиабензина обычно не отличалось от качества обычного моторного бензина для автомобилей, а во многих случаях было даже ниже.

Никаких общепринятых спецификаций на авиабензин, как таковой, не существовало.

Применение авиации в первой мировой войне возбудило интерес к авиатопливу.

После потери ряда аэропланов, вызванной, очевидно, низким качеством топлива, правительство ввело в 1918 г. спецификации на авиабензин, которые выделяли авиатопливо из прочих видов моторных топлив. С этого времени развитие специального топлива для авиамоторов шло параллельно с изменениями и улучшениями самих моторов.

Следующим важным этапом в развитии авиатоплива явилось открытие антидетонационных свойств и развитие методов их определения. Это имело место в тридцатых годах, и в течение этого времени были введены и приняты для общего распространения топлива с октановыми числами 87, 92 и, наконец, 100.

Во время вступления США во вторую мировую войну основной авиабензин имел октановое число 100 и по количеству превосходил все остальные выпускаемые сорта.

Трудно предсказать влияние, которое окажет на качество авиатоплива развитие авиации во время современной войны. Надо ожидать, что в результате увеличения мощности и рабочих качеств моторов октановые числа топлива значительно превзойдут существующую цифру 100.

С повышением качества авиатоплива радикально изменились методы его производства. Развитие процессов превращения углеводородов для получения высокооктановых компонентов превратило производство авиатоплива в «промышленность внутри промышленности».

**Авиационное топливо перед первой мировой войной.** До 1916 г. качество авиационного или моторного топлива (так как и в автомо-

бильных и в авиационных моторах применялся продукт одинакового качества) изменялось в очень широких пределах.

Качество топлива в основном определялось его удельным весом (в градусах Боме).

С 1916 г. стали признавать, что этого недостаточно. Горное бюро (США), с целью выработки спецификаций, предприняло исследование моторных бензинов, получаемых в то время, приемлемых для потребителей и промышленности.

Эти исследования основывались на испытаниях, которые давали зависимость между качеством топлив и их поведением в моторе.

По статье Dean'a [2] требования к моторному бензину того времени сводились к следующему:

1. Бензин должен содержать достаточно летучих, чтобы обеспечить лёгкий запуск мотора, но не так много, чтобы вызывать излишние потери на испарение и опасность при работе и хранении.

2. Бензин не должен содержать тяжёлых частей, которые не будут испаряться и сгорать.

3. Он не должен давать остатка в моторе.

4. Он не должен содержать корродирующих компонентов.

5. Бензин и продукты его сгорания не должны обладать неприятным запахом.

6. Бензин должен быть свободен от несгораемых продуктов, как вода и кислота.

Спецификации на моторное и авиатопливо как результат этого исследования даны ниже.

#### Спецификации на моторный бензин 1917 г. [2]

Кислотность . . . . .	нейтральная
Цвет . . . . .	бесцветный
Испаряемость, °С	
20% выкипает не ниже . . . . .	70° С
50% „ не выше . . . . .	<u>т-ры выкипания 0% 90%</u>
90% выкипает не ниже . . . . .	2
Конец кипения не выше . . . . .	не обусловлено
Вода и осадок . . . . .	37° С т-ра 90% выкипания
	отсутствуют

Эти спецификации были не очень строги и являлись только попыткой установить точки выкипания бензина в определённых широких пределах. При этом ни стабильность, ни упругость паров, ни химический состав не учитывались.

Присутствие непредельных, вызванное добавлением в бензин прямой гонки крекинг-бензина, определялось или по теплоте нагрева с серной кислотой, или иодным числом, или растворимостью в серной кислоте. Эти величины не были включены в спецификацию, так как считали, что крекинг-бензин не имеет отрицательных свойств.

**Авиатопливо во время первой мировой войны.** Спустя немного времени после вступления США в войну, было установлено, что обычное моторное топливо непригодно для авиамоторов. Особенно ясным это оказалось применительно к боевым самолётам. После ряда аварий, вызванных неудовлетворительным качеством топлива, летом 1917 г. было осуществлено несколько объединённых правительственных ис-

следований. 2 августа 1917 г. Горное бюро совместно с авиационной секцией Signal Corp приступило к изучению топлива для авиадвигателей. Было обнаружено полное отсутствие соответствующих данных. Были проведены испытания топлива в условиях полёта и сооружена высотная камера (Бюро стандартов) для изучения условий полётов на больших высотах.

Кроме того, обоими Бюро были проведены лабораторные исследования, главным образом, по фракционному составу.

Эти исследования дали интересные результаты. Для некоторых самолётов моторный бензин оказался таким же хорошим, как высококачественный пенсильванский. В самолётах другого типа от того же топлива моторы нагревались.

Наилучшим для боевых самолётов оказался экспериментальный бензин, состоящий из 70% циклогексана и 30% бензина. Такое топливо имело хорошую рабочую характеристику в моторах со степенью сжатия до 7,5:1 и в некоторых случаях вызвало повышение мощности на 10% и увеличение «потолка» самолёта на 300 м (1000 фут). Удовлетворительными оказались и другие топлива, полученные из отборных нефтей. Мы знаем сейчас, что эти бензины были ароматического или нафтенового типа и имели относительно высокие октановые числа.

При этом осуществлялось инспектирование стандартных качеств бензинов, и эти бензины вывозились за границу для использования в целях войны. Относительно разграничения спецификаций авиационного моторного бензина опубликовано мало данных, но надо полагать, что по фракционному составу применялись довоенные спецификации.

Очевидно, для боевых самолётов требовались бензины из отборных нефтей, показавшие удовлетворительные результаты во время правительственных испытаний.

Во время войны авиатоплива производились следующими методами:

1. Получение из нужного сырья бензина прямой гонки, фракционного состава, соответствующего спецификации.
2. Получение бензина прямой гонки и добавление к нему газового бензина (или добавление газового бензина к керосиновому дестиллату).
3. Смешение крекинг-бензина с бензином прямой гонки с добавлением или без добавления газового бензина.
4. Смешение бензина прямой гонки с бензолом или спиртом.
5. Чёткая ректификация лигроиновой фракции из отборных нефтей (калифорнийских или венецуэльских); получаемая 10-градусная фракция применялась как топливо.
6. Производство синтетического циклогексана и смешение его с бензолом.

Последние три метода к концу войны находились в состоянии эксперимента и не имели широкого применения.

Интересно отметить, что циклогексан (с октановым числом 83 по исслед. методу CFR и октановым числом смешения 110), бензол (с октановым числом 100, октановым числом смешения 99), спирт (октановое число около 100), газовый бензин (с октановым числом от 65 до 80) и бензины прямой гонки из нафтеновых и ароматических нефтей (с октановыми числами от 60 до 80) — были отмечены в результате экспе-

риментов, как наилучшие. Таким образом, несмотря на то, что влияние детонации и октановые числа были ещё неизвестны, потребитель-авиатоплив начал распознавать различия в поведении различных типов углеводородов в двигателе.

**Авиатопливо 1918—1929 гг.** Интерес к производству авиатоплива из такого продукта, как циклогексан, после войны понизился.

Возможно, что это объяснялось экономическим фактором производства этого компонента.

К тому же требования были недостаточно велики для широкого развития соответствующего производства.

Авиабензин был пока оставлен, интересы вновь обратились к моторному топливу и его качеству.

В 1920 г. Хилл и Дин [1] сообщили о качестве рыночных сортов бензина США и сравнили результаты обследования 1917 и 1919 гг., проведённых Горным бюро. Было представлено несколько интересных фактов.

Между 1917 и 1919 гг. количество используемого крекинг-бензина почти удвоилось. Значительно увеличилось применение газового бензина, вызванное расширением пределов летучести моторного бензина.

В этот период многие штаты установили спецификации на моторный бензин. Все они отличались друг от друга и все были неудовлетворительны с той или другой точки зрения. Ниже приводим правительственную спецификацию на фракционный состав:

Спецификация на моторный бензин (флотская спецификация)

Начало кипения, °C не выше	60
20° °C	105
45° °C	135
90° °C	180
Конец кипения, °C не выше	220
Отгон (°) не менее	95,0

Было проведено обследование качества торговых сортов бензинов страны с целью установления общих спецификаций.

В результате всех испытаний, проведённых на испытываемых образцах, было найдено много вариантов. Качество менялось в зависимости от компаний, выпускающих бензин, происхождения образцов и сезона.

Нефтеперегонные компании, особенно крупные, начали включать в свои спецификации цвет, запах, неопределённость (° растворимых в  $H_2SO_4$ ), докторскую пробу, удельный вес и пределы кипения.

Фракционный состав включал точки: начало кипения, 20%, 50%, 90%, конец кипения и среднюю точку кипения.

Включение испытания на неопределённые показатели, что производственники понимали, что ненасыщенные (или крекинг) продукты вызывают смолообразование при хранении и применении, и что необходим контроль количества добавляемого крекинг бензина.

В 1922 г. были опубликованы правительственные спецификации на два сорта авиабензина и один тип моторного бензина. Данные представлены табл. 1. Эти спецификации были составлены правитель-

ственным комитетом по спецификациям и консультировались членами различных инженерных обществ. Нормы были приняты 23 января 1922 г., исправлены 1 марта 1922 г. и проверены 31 октября 1922 г.

Таблица 7

Правительственные спецификации США на бензин, 1922 г. [3,4]

Физико-химические свойства	Авиабензин		Моторный бензин
	для военной авиации	для гражданской авиации	
Цвет по Сейболту не менее . . . . .	25	25	16
Коррозия в медной чашке . . . . .	Отсутствие		Отсутствие
Коррозия на медную пластинку . . . . .			
Разгонка, °С			55
Начало кипения, °С не выше . . . . .	—	—	—
5% в пределах . . . . .	50—65	50—75	105
20% не выше . . . . .	95	105	140
50% не выше . . . . .	125	155	200
90% " " . . . . .	165	190	225
96% " " . . . . .	96,0	96,0	95,0
Отгон (%) не менее . . . . .	2,0	2,0	
Потери (%) не более . . . . .		Отсутствие	
Кислотность остатка . . . . .		Отрицательная	
Докторская проба . . . . .		3,0	
Смолы в медной чашке мг/100 см <sup>3</sup> . . . . .	3,0	2,0	
Непредельных (%) не выше <sup>1</sup> . . . . .	1,0	Отсутствие	
Вода и осадок . . . . .			

<sup>1</sup> Процент растворимых в 95% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

В этой серии спецификаций контролируемые качества являлись цвет, коррозия и содержание меркаптановой серы, летучесть, стабильность и механические примеси.

Наличие определения смол в медной чашке и испытания на непредельные указывает, что потребители топлива обращали большое внимание на смолообразование.

Пределы выкипания авиабензинов как для боевых, так и для гражданских самолётов были уже, чем для моторных бензинов.

Летучесть бензинов для боевых самолётов была больше, чем для самолётов гражданской авиации.

Спецификации, выпущенные в 1924 г., были идентичны выпущенным в 1922 г., за исключением того, что спецификация на процент непредельных как для авиа-, так и для моторных бензинов была исключена и добавлен предел содержания сернистых соединений.

Последнее ограничивало суммарное количество серы в каждом из трёх видов топлива до 0,1%.

К 1927 г. в этих спецификациях не произошло никаких изменений.

Правительственные спецификации США <sup>1</sup> на бензин — 1927 г.

Физико-химические свойства	Авиабензин		Моторный бензин
	для военной авиации	для гражданской авиации	
Цвет по Сейболту не ниже . . . . .	25	25	
Коррозия в медн. чашке . . . . .	Отсутствие		
Коррозия на медную пластинку . . . . .			Отсутствие
Разгонка, °С			
Начало кипения не выше . . . . .			55
5% " " . . . . .	50—65	50—75	
20% " " . . . . .	—	—	105
50% " " . . . . .	95	105	140
90% " " . . . . .	125	155	200
96% " " . . . . .	165	190	225
Отгон (%) не менее . . . . .	96,0	96,0	95,0
Потери (%) не более . . . . .	2,0	2,0	
Кислотность остатка . . . . .	Отсутствие		
Докторская проба . . . . .	Отрицательная		
Смоли в медной чашке мг/100 см <sup>3</sup> . . . . .	3,0	3,0	
Сера (%) не более . . . . .	0,10	0,10	0,10
Воды и механических примесей . . . . .	О т с у т с т в и е		

<sup>1</sup> Дополнительно к настоящим спецификациям образцы авиатоплива перед приемкой должны быть, по требованию, подвергнуты испытанию.

Табл. 2 показывает данные 1924—1927 гг.

Оговоренное правило, что образцы топлив подвергаются испытанию, ярко показывает, что лабораторной проверкой нельзя было точно установить качество топлива при его использовании. Таким образом, покупатель мог определить испытанием на моторе все неудовлетворительные качества топлива, не учтенные лабораторными методами.

До 1930 г. основные спецификации на топливо не изменились. В 1929 г. они остались в основном те же, что и в 1927 г.

**Производство авиатоплива с 1918 по 1929 гг.** В период с 1918 г. по 1922 г. производство авиатоплива было относительно несложно. Существовало несколько простых методов.

1. Получение из сырой нефти бензиновой фракции соответствующего фракционного состава.

2. Перегонка или стабилизация газового бензина для исправления фракционного состава.

3. Перегонка крекинг-бензина для исправления фракционного состава и смешение его с бензином прямой гонки или бензином из естественного газа.

4. Добавление бензола в соответствующим образом отректифицированный бензин прямой гонки.

В течение этого времени производство крекинг-бензина увеличилось весьма значительно и большинство авиа- и моторных бензинов

содержало крекинг-продукты. Фирмы, обладающие газолиновыми заводами, широко использовали газовый бензин.

Так как требования предъявлялись в основном к фракционному составу, почти любая углеводородная смесь, удовлетворяющая этим требованиям, считалась пригодной как авиатопливо. Несомненно бензины из нефтей ароматического и нафтенового основания, калифорнийской, южнотексасской или венецуэльской — являлись перво-сортным топливом (так же, как бензольные смеси), так как моторы работали на них ровно.

Особенно это относилось к моторам с водяным охлаждением.

В течение этого периода изучение стабильности показало, что смеси крекинг-бензина содержат смолы или полимеры и что образование этих продуктов продолжается при хранении. Эта склонность была вначале замечена заводскими работниками и предложенные ими спецификации включали испытания на неопределенность и запах ещё до того, как эти испытания были введены потребителями моторных и авиатоплив.

В 1922 г. правительственные спецификации ограничили применение крекинг-бензина в авиатопливе, введя предельное количество смол в медной чашке 3 мг на 100 см<sup>3</sup> бензина и процент неопределенных от 1 до 2. Это почти исключало крекинг-бензин как компонент для авиатоплива, так как почти все неопределенные в крекинг-бензинах растворимы в концентрированной серной кислоте. Таким образом производство авиабензина ограничилось ректификацией бензинов прямой гонки или смешением бензинов прямой гонки с хорошо очищенными крекинг-бензинами. Такое положение существовало до 1929 г. Хотя испытание на неопределенные было исключено из правительственных спецификаций в 1924 г., ограничение содержания смол тремя процентами осталось и почти исключало применение крекинг-бензинов.

Содержание серы было ограничено 0,10% и это вызвало применение методов очистки, могущих снизить содержание серы как в моторных, так и в авиабензинах. За исключением этих дополнительных процессов, производство авиатоплива оставалось в основном тем же, что и десять лет назад.

Кроме того, хотя большинство крупных потребителей следовало правительственным спецификациям, они не были общепринятыми, и многие продажные сорта авиабензинов 1928 и 1929 гг. не удовлетворяли этим условиям. Это меняло качество авиатоплива в широких пределах.

**Количество и качество авиатоплива, производимого до 1929 г.** С 1903 г., первого года авиации, до 1918 г. производства авиатоплива, как такового, не было.

Хотя с точки зрения потребителей бензины из определённых сырых нефтей были более желательны, производство моторных и авиабензинов было одинаково как по процедуре, так и по продуктам. Имеется немного сведений о количестве топлива, потребляемого в этот период авиацией. Из табл. 3 очевидно, что общая продукция бензина, начиная с 1918 г., примерно удваивалась за каждые 5 лет. Так как число автомобилей, автобусов и грузовиков увеличивалось примерно в такой

Производство авиабензинов и бензинов других сортов за 1930—1942 гг.<sup>1</sup>  
(в тыс. галл.)

Годы	Авиационный			Общее производство бензина
	Торговый	Правительственный	Всего	
1930	28 531	—	—	18 273 276
1931	30 815	—	—	18 321 114
1932	33 981	20 078	54 059	18 123 420
1933	35 188	21 836	57 024	16 490 166
1934	34 167	23 647	57 814	16 866 822
1935	44 365	29 319	73 684	17 511 144
1936	47 509	31 758	79 267	19 229 364
1937	52 043	36 209	88 252	19 501 618
1938	55 511	44 937	100 448	19 600 000
1939	72 331	—	132 500	23 000 000*
1940	96 935	—	225 456	24 335 190*
1941	—	—	613 200+	25 000 000*

Примечания: 1. + обозначено установленное производство 100-октанового бензина. 2. \* обозначены установленные цифры.

<sup>1</sup> Из книги «Нефтяные факты и цифры», 6-е и 7-е изд. 1939 и 1941 гг. API Ethyl Gasoline Corp [19].

ровать производство высокооктановых топлив на процессах конверсии и последние получили, таким образом, возможность широкого развития

Методы производства авиатоплива начали радикально изменяться к 1930 г. вследствие признания потребителями и производителями значения детонации в двигателе, вызываемой плохим качеством топлива.

Исследовательская работа в области детонации и поведения топлива в самолёте привела к следующим выводам:

1. Применяемый в течение 20 лет ТЭС являлся хорошей присадкой для нормальных авиабензинов.

2. В связи с антидетонационными качествами топлива важное значение имеет структура углеводорода. Было найдено, что парафины с прямой цепью, входящие в состав бензинов, имеют низкие октановые числа, а изопарафины — высокие. Были также установлены хорошие октановые числа олефинов, низкомолекулярных циклопарафинов и ароматики.

3. Детонирующие топлива снижали коэффициент полезного действия мотора и во многих случаях оказывали разрушающее действие на мотор.

С установлением спецификаций на 87-октановое топливо для военно-воздушного флота и равнения на эти требования многих пот-

ребителей, внимание нефтепереработчиков было направлено на новые и эффективные методы производства такого топлива. До этого времени наиболее важной характеристикой был фракционный состав, а среднее октановое число было примерно 50.

Исходя из других ограничений, предусмотренных правительственными спецификациями в отношении точки замерзания, стабильности к смолообразованию, упругости паров, неопределённости и максимального содержания ТЭС, производство авиатоплив ограничивалось следующими методами.

1. Производство бензина прямой гонки требуемых характеристик и присадка к нему ТЭС до требуемого октанового числа.

2. Добавка ограниченных количеств бензола (менее 20%) к бензину прямой гонки.

3. Ректификация отборных бензинов прямой гонки и газовых бензинов и добавление ограниченных количеств углеводородов с высокой упругостью паров, имеющих высокие октановые числа.

4. Производство чистых углеводородов или углеводородных смесей, имеющих высокие октановые числа, и добавление их к основному бензину, с ТЭС или без ТЭС, для достижения нужного октанового числа смешанного топлива.

В 1935—1936 гг. первых трёх методов производства авиатоплива было достаточно для общих целей. Между тем, многими нефтяными организациями проводилась интенсивная исследовательская работа по изучению четвертого метода.

В результате этих исследований появились такие новые методы производства изооктана, как полимеризация и алкилирование и вспомогательные процессы дегидрогенизации, гидрогенизации и изомеризации.

В другом направлении, но с теми же целями, развивались процессы получения больших количеств базовых высокооктановых компонентов методами конверсии, для производства авиационных моторных бензинов. Это был каталитический крекинг, гидроформинг или ароматизация, полиформинг и изомеризация бензинов. Эти процессы дают базовый компонент бензинов с октановым числом от 75 до 85; такой продукт обычно требует некоторой дополнительной обработки, после чего используется или как авиатопливо, или как его базовый компонент.

Эти процессы оказались совершенно необходимыми с появлением 100-октанового топлива. Бензин, получаемый таким путём, намного дороже, чем получаемый старыми методами, но это с избытком окупается его качествами в лёгких условиях, его эффективностью и экономичностью.

В настоящее время нефтяная промышленность использует упомянутые методы почти исключительно для производства высших сортов авиатоплива.

**Количество и качество авиатоплива в 1930—1942 гг.** В связи с принятием антидетонационных характеристик авиатоплив в 1930 г., армия специфицировала 87-октановый авиабензин как первосортное топливо. В то же время средний торговый бензин имел октановое число около 70.

Около 1935 г. «боевой» сорт, требуемый армией, был 100-октановый; в то же время торговый сорт получил октановое число 87. «Средне-взвешенное» октановое число всего авиатоплива, использованного армией в 1935 г., было 91, а использованных торговыми фирмами — около 83. В табл. 9 сравниваются требования к октановым числам армейских и торговых сортов бензина.

Таблица 9

Сравнение средних требований к октановому числу для военной и торговой авиации [16]  
(среднее октановое число, подсчитанное по  
объемным количествам)

Годы	Армейский	Торговый
1932	82	73
1933	87	79
1934	90	80
1935	91	83*
1936	93	85*
1937	95	87*
1938	98*	89*

Примечание. Звездочкой обозначены установленные цифры.

До последнего времени торговые требования к октановому числу были ниже, чем армейские. К 1938 г. армия применяла топливо с октановым числом 98, а торговые потребители — с октановым числом 89.

Таблица 10

Потребление авиатоплива с различными октановыми числами военно-воздушными силами США [17]  
(тыс. галл.)

Годы	Сорта					Суммарное потребление всех сортов
	65	87	92	92*	100	
1932	1 500	9 200	—	—	—	10 700
1933	1 000	5 300	7 000	—	—	12 300
1934	600	—	13 300	—	—	13 900
1935	550	—	16 300	—	270	17 125
1936	650	—	15 350	170	2 580	18 750
1937	700	—	14 450	485	6 230	21 815
1938	1 200	—	9 000	700	15 000	25 900
1938—1939	—	—	—	—	20 000—25 000	
1939—1940	966	—	2 039	588	27 349	30 942

Примечание. Звездочкой обозначены числа без ТЭС.