

**Лекция № 3. Бензины. Основные
требования к физико-
химическим свойствам
бензинов. Автомобильные
бензины. Авиационные
бензины. Антидетонационные
присадки.**



Бензины

- **Бензины являются основным топливом для поршневых двигателей внутреннего сгорания с искровым или принудительным зажиганием рабочей смеси.**
 - В зависимости от назначения их разделяют на автомобильные и авиационные.
 - Несмотря на различия в условиях применения автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их физико-химические и эксплуатационные свойства.
-



Современные автомобильные и авиационные бензины должны удовлетворять ряду требований, обеспечивающих экономичную и надежную работу двигателя, и требованиям эксплуатации:


- иметь хорошую **испаряемость**, позволяющую получить однородную топливо воздушную смесь оптимального состава при любых температурах;
- иметь **групповой углеводородный состав**, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;
- **не изменять своего состава и свойств** при длительном хранении и не оказывать вредного влияния на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия и **др.**
- **экологические свойства бензинов**





Свойства


- **Детонационная стойкость** . Этот показатель характеризует способность автомобильных и авиационных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии.
 - Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их 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 смеси.
 - Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание 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 так называемому детонационному сгоранию.
 - **Детонация** вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа.
 - На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя. (степень сжатия, диаметр цилиндра, форма камеры сгорания, число оборотов коленчатого вала, угол опережения зажигания и др.).
-
- 

-
- Показателем детонационной стойкости автомобильных и авиационных бензинов является **октановое число**, показывающее содержание изооктана (в % объемных) в смеси с н-гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытываемому в стандартных условиях.
 - В лабораторных условиях октановое число автомобильных и авиационных бензинов и их компонентов определяют на одноцилиндровых моторных **установках УИТ-85 или УИТ-65**.
 - Склонность исследуемого топлива к детонации оценивается сравнением его с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Октановое число на установках определяется двумя методами: **моторным (по ГОСТ 511-82) и исследовательским (по ГОСТ 8226-82)**.
-
- 

-
- Октановое число бензина, найденное по исследовательскому методу, как правило, выше октанового числа, определенного моторным методом. Разницу между двумя методами называют **«чувствительностью»**.
 - Для авиационных бензинов нормируется октановое число, определенное только моторным методом, для автомобильных бензинов, за исключением А-76, определяются и нормируются октановые числа, определенные двумя методами.
 - Важным показателем детонационной стойкости авиационных бензинов является **сортность** на богатой смеси, которую определяют при испытании на стандартной одноцилиндровой моторной установке ИТ9-1 (ГОСТ 3338—68).
-
- 

-
- Сортность топлива численно равна сортности такого эталонного топлива, которое при испытании на одноцилиндровом двигателе в стандартных условиях на режиме начальной детонации имеет одинаковое с испытуемым топливом значение среднего индикаторного давления.
 - Чем выше сортность топлива, тем выше его детонационная стойкость на богатой смеси в условиях работы авиационного двигателя.
 - При маркировке авиационных бензинов в числителе дроби указывается октановое число по моторному методу, а в знаменателе — сортность на богатой смеси.
-
- 

Детонационная стойкость (ДС) автомобильных и авиационных бензинов определяется их углеводородным составом.


- наименьшей детонационной стойкостью обладают алканы нормального строения, наивысшей - ароматические углеводороды. ДС цикланов выше, чем у алканов, но ниже, чем у аренов с тем же числом атомов углерода в молекуле.
- **ДС у алканов** нормального строения резко снижается с увеличением их молекулярной массы.
- **ДС изопарафинов** значительно выше, чем у алканов нормального строения. увеличение степени разветвленности молекулы, компактное и симметричное расположение метильных групп и приближение их к центру молекулы способствует повышению ДС изопарафинов.

- **Олефиновые углеводороды** обладают более высокой ДС по сравнению с алканами с тем же числом атомов углерода. Влияние строения алкенов на их ДС подчиняется тем же закономерностям, что и у алканов. Повышению ДС алкена способствует расположение двойной связи в его молекуле ближе к центру. Среди диолефинов более высокие ДС имеют углеводороды с сопряженным расположением двойных связей.
- Наличие и удлинение боковых цепей нормального строения у **цикланов** приводит к снижению их ДС. Разветвление боковых цепей и увеличение их числа повышают ДС нафтенов.
- **ДС аренов**, в отличие от других классов углеводородов, не понижается, а наоборот, несколько повышается с увеличением числа углеродных атомов. Их ДС улучшается при уменьшении степени разветвленности и симметричности ее расположения, а также наличии двойных связей в алкильных группах.

-
- Лучшими компонентами высокооктановых авиа- и автобензинов являются изопарафины и до определенного предела - ароматические углеводороды (чрезмерно высокое содержание аренов приводит к ухудшению других показателей качества бензинов, таких, как токсичность, нагарообразование и др.).
 - **Антидетонационные свойства** бензинов, получаемых различными технологическими процессами, определяются входящими в их **состав углеводородами**.
 - Самую низкую детонационную стойкость имеют бензины прямой перегонки, состоящие, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения, причем она снижается с повышением температуры конца кипения.
 - Октановые числа, определяемые по моторному методу, прямогонных фракций, **выкипающих до 180 °С**, обычно составляют 40—50 ед.
-



-
- Детонационная стойкость фракций с температурой начала кипения **85 °С** несколько выше — 65—70 ед. Исключение составляют прямогонные бензины, получаемые из нефтей нафтенового основания (сахалинские, азербайджанские и др.), их октановые числа достигают 71-73 ед. Однако ресурсы этих нефтей весьма ограничены.
 - **Бензины термических процессов (крекинга, коксования)** содержат до 60 % олефиновых углеводородов и по детонационной стойкости превосходят прямогонные бензины: ОЧИ = 68-75, ОЧМ = 62-69.
 - Бензины каталитического крекинга помимо олефиновых углеводородов содержат ароматические и изопарафиновые углеводороды. Их детонационная стойкость выше, чем бензинов, получаемых термическими процессами.
-

-
- Наиболее эффективным и дешевым, но экологически не выгодным способом повышения ДС товарных бензинов является введение антидетонационных **присадок - антидетонаторов**.
 - Антидетонационными свойствами обладают соединения свинца, олова, таллия, висмута, селена, теллура, марганца, железа, кобальта, никеля, меди, хрома и ряда других металлов. Как антидетонаторы были изучены алкилы металлов, карбонилы, внутрикомплексные соли, соединения «сэндвичевого» строения.
 - Долгое время в качестве антидетанаторов с высокой эффективностью использовался **тетраэтилсвинец**. Однако весьма существенный его недостаток это — токсичность. **Метилтретбутиловый эфир** в настоящее время считается самым перспективным антидетонатором.
-
- 

ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

Этот показатель во многом определяет мощностные и экономические показатели работы двигателя. Он особенно важен для авиационных бензинов, так как оказывает влияние на удельный расход топлива и на дальность полета самолета. Чем выше теплота сгорания, тем меньше удельный расход топлива и больше дальность полета самолета при одном и том же объеме топливных баков.

- Для авиационных бензинов регламентируется низшая теплота сгорания.
 - Теплота сгорания зависит от углеводородного состава бензинов, а для различных углеводородов она, в свою очередь, определяется соотношением углерод : водород. Чем выше это соотношение, тем ниже теплота сгорания.
-



-
- Наибольшей теплотой сгорания обладают парафиновые углеводороды и соответственно бензины прямой перегонки и алкилбензин, наименьшей — ароматические углеводороды и содержащие их бензины каталитического риформинга.
 - Теплота сгорания экспериментально определяется калориметрически.
 - **ХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ.**
 - Этот показатель характеризует способность бензина сохранять свои свойства и состав при длительном хранении, перекачках, транспортировании или при нагревании впускной системы двигателя.
 - Химические изменения в бензине, происходящие в условиях транспортирования или хранения, связаны с окислением входящих в его состав углеводородов.
-



-
- Следовательно, химическая стабильность бензинов определяется скоростью реакций окисления, которая зависит от условий процесса и строения окисляемых углеводородов.
 - При окислении бензинов происходит накопление в них смолистых веществ, образующихся в результате окислительной полимеризации и конденсации продуктов окисления.
 - На начальных стадиях окисления содержание в бензине смолистых веществ невелико, и они полностью растворимы в нем. По мере углубления процесса окисления количество смолистых веществ увеличивается, и снижается их растворимость в бензине.
 - Накопление в бензинах продуктов окисления резко ухудшает их эксплуатационные свойства. Смолистые вещества могут выпадать из топлива, образуя отложения в резервуарах, трубопроводах и др.
-



-
- Окисление нестабильных бензинов при нагревании во впускной системе двигателя приводит к образованию отложений на ее элементах, а также увеличивает склонность к нагарообразованию на клапанах, в камере сгорания и на свечах зажигания.
 - Окисление топлив представляет собой сложный, многостадийный свободнорадикальный процесс, происходящий в присутствии кислорода воздуха.
 - Скорость реакции окисления углеводородов резко возрастает с повышением температуры. Контакт с металлом оказывает каталитическое воздействие на процесс окисления.
 - Низкую химическую стабильность имеют олефиновые углеводороды, особенно диолефины с сопряженными двойными связями. Высокой реакционной способностью обладают также ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи. Наиболее устойчивы к окислению парафиновые углеводороды нормального строения и ароматические углеводороды.
-

-
- Причем реакционноспособные олефиновые или алкенаароматические углеводороды могут инициировать процесс окисления химически стабильных углеводородов.
 - Химическую стабильность товарных бензинов и их компонентов оценивают стандартными методами путем ускоренного окисления при температуре 100 °С и давлении кислорода по ГОСТ 4039-88.
 - По (ГОСТ 22054—76) определяется показатель «сумма продуктов окисления». Этот метод используется в основном для исследовательских целей и при квалификационных испытаниях.
 - Химическая стабильность бензинов в определенной степени может быть охарактеризована йодным числом, которое является показателем наличия в бензине непредельных углеводородов. Йодное число нормируется для авиационных бензинов, так как вовлечение в их состав нестабильных бензинов недопустимо.
-


СКЛОННОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ ОТЛОЖЕНИЙ И НАГАРООБРАЗОВАНИЮ.


- Применение автомобильных бензинов, особенно этилированных, сопровождается образованием отложений во впускной системе двигателя, в топливном баке, на впускных клапанах и поршневых кольцах, а также нагара в камере сгорания.
 - Наиболее интенсивное образование отложений происходит на деталях карбюратора: на дроссельной заслонке и вблизи нее, в воздушном жиклере и жиклере холостого хода.
 - Образование отложений на указанных деталях приводит к нарушению регулировки карбюратора, уменьшению мощности и ухудшению экономичности работы двигателя, увеличению токсичности отработавших газов.
 - Образование отложений в топливной системе частично зависит от содержания в бензинах смолистых веществ, нестабильных углеводородов, неуглеводородных примесей, от фракционного и группового состава, которые определяют «моющие свойства» бензина.
-



-
- Наиболее эффективным способом борьбы с образованием отложений во впускной системе двигателя является применение специальных моющих или многофункциональных присадок. Такие присадки широко применяют за рубежом.
 - **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.**
 - Автомобильные и авиационные бензины должны быть химически нейтральными и не вызывать коррозию металлов и емкостей, а продукты их сгорания - коррозию деталей двигателя.
 - Коррозионная активность бензинов и продуктов их сгорания зависит от содержания общей и меркаптановой серы, кислотности содержания водорастворимых кислот и щелочей, присутствия воды.
-



-
- Эти показатели нормируются в нормативно-технической документации на бензины. Бензин должен выдерживать испытание на медной пластинке.
 - При квалификационных испытаниях автомобильных и авиационных бензинов определяется также их коррозионная активность в условиях конденсации воды **по ГОСТ 18597-73.**
 - Эффективным средством защиты от коррозии топливной аппаратуры является добавление в бензины специальных антикоррозионных или многофункциональных присадок.
 - Независимо от компонентного состава бензины, не содержащие спиртов и эфиров, имеют высокие низкотемпературные свойства введение в состав бензинов спиртов и эфиров снижает их температуру помутнения.
- 

-
- В нормативно-технической документации на авиационные бензины нормируется температура начала кристаллизации.
 - Топливо не должно образовывать кристаллов льда, которые забивают топливный фильтр при полетах в условиях низких температур, поэтому температура начала кристаллизации авиабензинов должна быть ниже -60°C .
 - **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**
 - Среди продуктов сгорания неэтилированных бензинов наибольшую опасность представляют оксид и диоксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды и твердые частицы.
 - Токсичность неэтилированных бензинов и продуктов их сгорания в основном определяется содержанием в них ароматических углеводородов, особенно бензола, олефиновых углеводородов и серы.
-
- 

-
- Ароматические углеводороды более токсичны по сравнению с парафиновыми углеводородами.
 - Если парафины в соответствии с ГОСТ 12.1.005—88 относятся к 4-му классу опасности, то бензол относится ко 2-му классу, а толуол — к 3-му.
 - При их сгорании образуются полициклические ароматические углеводороды (бензпирены), обладающие канцерогенными свойствами.
 - Чем выше содержание ароматических углеводородов в бензине, тем выше температура его сгорания и содержание оксидов азота в отработавших газах.
 - Несгоревшие углеводороды, содержащиеся в отработавших газах, в воздушной среде под воздействием различных факторов (повышенная влажность, солнечный свет и пр.) способствуют образованию стойких аэрозолей, получивших название «смог».
-



-
- Наибольшей фотохимической активностью обладают продукты сгорания олефиновых и ароматических углеводородов.
 - Высокое содержание серы в бензине увеличивает выбросы оксидов серы, которые губительно действуют на здоровье человека, животный и растительный мир, конструкционные материалы. При использовании бензинов с кислородсодержащими добавками содержание токсичных продуктов в отработавших газах несколько снижается.
 - Одним из путей снижения токсичных выбросов автотранспорта
 - является введение моющих присадок в автобензины. Путем поддержания в чистоте топливной системы моющие присадки способствуют снижению содержания оксидов углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах. На ряде нефтеперерабатывающих предприятий осуществляется организация производства автомобильных бензинов с моющими присадками и с улучшенными экологическими свойствами.
-



Характеристика автомобильных бензинов

- На казахстанском рынке бензинов в основном предусматривает четыре марки автобензинов: АИ-80, АИ-92, АИ-95 и АИ-98.
 - Для первых двух марок цифры указывают октановые числа, определяемые исследовательскому методу.
 - В связи с увеличением доли легкового транспорта в общем объеме автомобильного парка наблюдается заметная тенденция снижения потребности в низкооктановых бензинах и увеличения потребления высокооктановых.
 - Наибольшая потребность существует в бензине АИ-92, который вырабатывается по ТУ 38.001.165—97.
-



Показатели	А-80	А-92	А-96	АИ-98
Плотность, кг/м ³ , при температуре: 20 °С, не более	755	770	770	Не нормируется. Определение обязательно.
15 °С	Не нормируется			-
Детонационная стойкость, октановое число, не менее:				
исследовательский метод	80	92	96	98
моторный метод	76	83	85	88
Массовое содержание свинца, г/дм ³ , не более:				
бензин этилированный	0,15	0,15	0,15	-
бензин неэтилированный	0,013	0,013	0,013	0,013
Фракционный состав:				
температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	35	35	35	-
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	70	75	75	75
50 %	120	120	120	120
90 %	190	190	190	190
температура конца кипения, °С, не выше	215	215	215	215
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0


Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт. ст.), не более	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	3,0	3,0	3,0	3,0
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	5,0	5,0	5,0	5,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин. не менее	600	600	600	600
Массовая доля серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,1
Цвет	Бесцветный или бледно-желтый			-
Докторская проба	Отрицательная			-
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,001	0,001	0,001	-
Содержание бензола, % (об.), не более	-	-	-	5,0
Массовая доля МТБЭ, %, не более	-	-	-	12

Примечание. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживает, содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие.

АВИАЦИОННЫЕ БЕНЗИНЫ

- Авиационные бензины предназначены для применения в поршневых авиационных двигателях. В отличие от автомобильных двигателей, в авиационных используется в большинстве случаев принудительный впрыск топлива во впускную систему, что определяет некоторые особенности авиационных бензинов по сравнению с автомобильными.
 - Более высокие требования к качеству авиационных бензинов определяются также жесткими условиями их применения. ГОСТ 1012-72 предусматривает две марки авиационных бензинов: **Б-91/115** и **Б-95/130**.
 - Марка авиабензина означает его октановое число по моторному методу, указываемое в числителе, и сортность на богатой смеси — в знаменателе дроби.
-



-
- Бензин Б-91/115 предназначен для эксплуатации двигателей АШ-62ир, АИ-26В, М-14Б, М-14П и М-14В-26, а Б-95/130 - двигателей АШ-82Т и АШ-82В.
 - В течение 1988-1992 гг. проведен большой комплекс исследований и испытаний, в результате чего разработан единый бензин **Б-92** без нормирования показателя «сортность на богатой смеси», вырабатываемый по ТУ 38,401- 58-47—92.
 - Как показали испытания, бензин Б-92 может применяться взамен бензина Б-91/115 в двигателях всех типов. Использование авиабензина Б-92 без нормирования показателя сортности позволяет наряду с обеспечением нормальной работы двигателей на всех режимах значительно расширить ресурсы авиабензинов и снизить содержание в них токсичного тетраэтилсвинца.
-
- 

Показатели	Б-95/130 ГОСТ 1012-72	Б-91/115 ГОСТ 1012-72	Б-92 ТУ 38.401-58-47-92	Б-70 ТУ 38.101913-82
Содержание тетраэтилсвинца, г/1 кг бензина, не более	3,1	2,5	2,0	-
Детонационная стойкость:				
октановое число по моторному методу, не менее	95	91	91,5	70
сортность на богатой смеси, не менее	130	115	-	-
Удельная теплота сгорания низшая, Дж/кг (ккал/кг), не менее	42947·10 ³ (10250)	42947·10 ³ (10250)	42737·10 ³ (10200)	-
Фракционный состав:				
температура начала перегонки, °С, не ниже	40	40	40	40
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	82	82	82	88
50 %	105	105	105	105
90 %	145	145	145	145
97,5 %	180	180	180	180
остаток, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
Давление насыщенных паров, Па	33325-45422	29326-47988	29326-47988	47988
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	0,3	0,3	1,0	1,0
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-60	-60	-60	-60

Йодное число, г йода/100 г бензина, не более	6,0	2,0	2,0	2,0
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	35	35	Не нормируется. Определение обязательно	12-20
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ бензина, не более	4,0	3,0	3,0	2,0
Массовая доля серы, %, не болве	0,03	0,03	0,05	0,05
Цвет	Желтый	Зеленый	Зеленый	Бесцветный
Массовая доля параоксидифениламина, %	0,002-0,005	0,002-0,005	-	-
Период стабильности, ч, не менев	12	12	8	-

Примечания. 1. Для бвнзинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживает; содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; прозрачность — прозрачный; плотность при 20 °С, кг/м³ — не нормируется, определение обязательно.

2. Для авиационного бензина марки Б-91/115, получаемого на основе компонента каталитического крекинга, устанавливаются:

- а) йодное число — 10 г йода/100 г бензина.
- б) содержание фактических смол не более 4 мг/100 см³ бензина.

3. Для авиационных бензинов марок Б-95/130 и Б-91/115, выработанных из бакинских нефтей, допускается содержание параоксидифениламина 0,004–0,010 %, а на базе бензинов каталитического крекинга не менее 0,004 %.

4. С 1 мая по 1 октября нижний предел давления насыщенных паров авиационных бензинов не служит браковочным признаком, за исключением отгружаемых на длительное хранение.

5. Для авиационных бензинов, сдаваемых после длительного хранения (более 2 лет), допускаются отклонения при определении фракционного состава по ГОСТ 2177–82 для температуры перегонки 10 и 50 % на 2 °С и 90 % на 1 °С. Этилированные авиационные бензины после длительного хранения допускается сдавать с периодом стабильности не менее 2 ч.

6. Норма по показателю пункта 3 для бензинов с добавлением базового компонента крекинга должна быть не менее $43157 \cdot 10^3$ (10300) Дж/кг (ккал/кг).

7. По согласованию с потребителями допускается изготавливать авиационные бензины по показателю «период стабильности» с нормой не менее 8 ч.