

# Компаундирование автомобильных бензинов по ДПР

Занятие 4

# Испаряемость и летучесть

- Сырая нефть и нефтепродукты представляют собой смеси различных углеводородов, имеющих разные температуры кипения от  $-162^{\circ}\text{C}$  до  $+400^{\circ}\text{C}$  и выше
- Нефтепродукты, в составе которых преобладают углеводороды с низкой температурой кипения (легкие фракции), называют «летучими»
- Нефтепродукты с преобладанием тяжелых фракций называют «нелетучими».
- Легкие фракции при обычных природных условиях подвержены испарению
- **Испаряемость** - способность нефти и нефтепродуктов переходить из жидкого состояния в газообразное, оценивается по давлению насыщенных паров и фракционному составу
- С повышением температуры или понижением давления испаряемость увеличивается
- Испаряемость нефти и нефтепродуктов приводит к значительным потерям легких фракций и загрязнению окружающей среды
- **Летучесть** - физико-химическое свойство, определяющее давление насыщенных паров нефтепродукта.

# Давление насыщенных паров

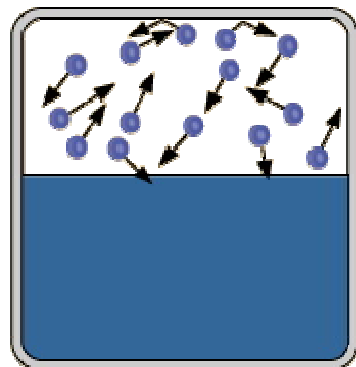
- **Давление насыщенных паров (упругость паров)** является важнейшим свойством, обуславливающим испаряемость топлива
- Давление насыщенного пара является очень важным показателем для автомобильных и авиационных топлив, влияющим на запуск и прогрев двигателя и образование паровых пробок при работе двигателя при повышенных температурах и на больших высотах
- Давление насыщенных паров топлива и фракционный состав в значительной степени влияют на условия образования воздушно-топливных смесей и их сгорание
- Предельное максимальное давление насыщенного пара бензина может устанавливаться при проведении контроля загрязнения воздушной среды
- Давление насыщенного пара используется также как показатель скорости испарения летучих нефтяных растворителей при подсчете потерь нефти и нефтепродуктов от испарения

# Статическое и динамическое испарение

Различают

- **статическое испарение**, при котором отсутствует относительное перемещение топлива и воздуха на поверхности их соприкосновения; имеет место при хранении топлива в резервуарах;
  - **динамическое испарение**, происходящее в условиях «обдува» испаряющегося топлива воздухом при относительном перемещении топлива и воздуха; происходит в двигателях внутреннего сгорания.
- При прочих равных условиях скорость динамического испарения всегда выше скорости статического испарения
  - Если газовое пространство над жидкостью не ограничено, то испарение происходит с максимальной скоростью. В этом случае имеет место свободное испарение.

# Давление насыщенных паров топлива



- В замкнутом объеме в начальный момент скорость испарения равна скорости свободного испарения, но по мере насыщения воздуха молекулами топлива увеличивается число молекул, возвращающихся обратно в жидкую фазу, и процесс испарения замедляется.
- При определенной концентрации молекул топлива в воздухе число вылетающих из жидкости и возвращающихся в нее молекул уравнивается, наступает состояние динамического равновесия.
- **Давление насыщенных паров** - это давление, которое имеют пары, находящиеся в равновесии с жидкой фазой при данной температуре.
- Чем выше давление насыщенных паров топлива, тем большее количество его испаряется, прежде чем концентрация молекул в паровой фазе достигнет состояния динамического равновесия
- Давление насыщенных паров топлива является функцией его состава и зависит от температуры и соотношения паровой и жидкой фаз

# Определение давления насыщенных паров

- Давление насыщенных паров в лабораторных условиях определяют методом Рейда
- Определение **давления паров по Рейду (ДПР), Reid vapor pressure (RVP)** – простой и наиболее широко используемый метод определения степени летучести жидких нефтепродуктов
- ДПР определяется специальным прибором - бомба Рейда
- Жидкость помещают в специальный герметичный контейнер, нагревают на водяной бане до + 37,8°C (100°F) и измеряют превышение давления над атмосферным (манометр). Соотношение объемов жидкой и паровой фаз в бомбе Рейда равно 1:4.
- Этот метод полезно использовать для сравнения летучести широкого спектра жидких нефтепродуктов.



Бомба Рейда предназначена для измерения давления насыщенных паров по ASTM D 323, ISO 3007, ГОСТ 1756 летучей сырой нефти и летучих невязких нефтепродуктов.

Данный метод испытания не применим для сжиженных нефтяных газов или топлив имеющих кислородсодержащие соединения, кроме метил-трет-бутилового эфира (MTBE).

# Истинное давление пара

- Истинное давление пара всегда больше величины, определяемой в бомбе Рейда
- Это объясняется тем, что в бомбе Рейда равновесное состояние между паровой и жидкой фазами достигается в результате испарения из образца бензина части низкокипящих фракций и присутствия водяного пара и воздуха в замкнутом объеме.
- При оценке общего давления насыщенных паров по Рейду не учитываются те наиболее низкокипящие фракции, которые испарились и заполнили паровое пространство испытательной аппаратуры
- Отношение истинного давления пара к давлению насыщенных паров по Рейду для газового бензина может колебаться от 1,03 до 1,14, в среднем, составляя 1,09, а для обычных бензинов — от 1,03 до 1,45 при средней величине 1,07
- Для пересчета давления насыщенных паров по Рейду в истинное предложено несколько эмпирических формул и номограмм, однако точность их невысока и для практических целей часто используют величину давления насыщенных паров по Рейду
- Для предварительных (ориентировочных) расчетов иногда находят средневзвешенное давление насыщенных паров по Рейду для смеси, исходя из объемных соотношении вовлеченных компонентов. Однако вычисленные таким образом значения часто оказываются заниженными.

# ДПР бензинов

- Бензин - смесь углеводородов, топливо для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием
- Одной из важных стадий цикла работы ДВС является воспламенение бензина
- При холодном запуске должно испаряться достаточное количество бензина (около 10%) чтобы образовалась воспламеняемая смесь
- При работе разогретого двигателя, или при повторном запуске горячего двигателя пары бензина не должны расширяться слишком сильно, иначе на пути в цилиндр бензин невозможно будет смешать с воздухом
- Способность бензина удовлетворять этим условиям прямо связана с ДПР
- Идеальный показатель ДПР для бензина должен быть различным в разное время года
- Для холодного запуска требуется бензин с ДПР 13 psi (0,91 атм)
- В теплое время года машины не будут заводиться, если ДПР бензина окажется выше, чем 8,5 psi (0,60 атм).



# Компаундирование топлив

- **Компаундирование топлив** - это смешивание в необходимых пропорциях компонентов топлива и присадок с последующей гомогенизацией смеси для доведения топлива до состояния, удовлетворяющего стандарту.
- Компаундирование – это:
  - производство товарных продуктов из сырья методом вовлечения в его состав добавок и компонентов в заданных объемах согласно технологической рецептуры;
  - повышение октанового числа товарных продуктов методом вовлечения в состав товарных продуктов добавок и компонентов в заданных объемах согласно требованиям.

# Компаундирование бензинов по ДПР

- **Компаундирование в соответствии с давлением паров** – один из методов стандартизации бензинов

Компоненты	ДПР, psi (атм)
изо-С <sub>4</sub>	71,0 (4,99)
н-С <sub>4</sub>	52,0 (3,66)
Риформат с ИОЧ 94	2,8 (0,20)
Риформат с ИОЧ 100	4,2 (0,29)
Легкий продукт гидрокрекинга	3,9 (0,27)
Тяжелый продукт гидрокрекинга	1,7 (0,12)
Алкилат	4,6 (0,32)
Прямогонный бензин	11,1 (0,77)
Прямогонный лигроин	1,0 (0,07)
Крекинг-бензин	4,4 (0,31)
Бензин с установки коксования	4,0 (0,28)

- Для легкокипящего углеводорода типа бутана давление паров очень высоко, так как этот углеводород очень летуч. Более высококипящая смесь углеводородов, такая как газойль, характеризуется почти нулевым давлением насыщенных паров, так как при комнатной температуре он испаряется крайне медленно.

\*ИОЧ – октановое число, определенное исследовательским методом

# Н-бутан как компонент для компаундирования

- Базовыми компонентами автомобильных бензинов могут быть: бензин прямогонный; риформат; бензин крекинга; бензин пиролиза; алкилат; бутан.
- Для повышения давления паров бензина обычно добавляют н-бутан. Почему?
- *Сравнение н-бутана и изобутана.*
  - величина ДПР н-бутана на 19 psi (1,33 атм) ниже, чем в случае изобутана, и, следовательно, имеется возможность добавить *большее количество* бутана.
  - у изобутана есть другая область применения — алкилирование, причем изобутана часто оказывается недостаточно, чтобы обеспечить потребности алкилирования, и поэтому некоторое количество н-бутана приходится перерабатывать в изобутан на *установке изомеризации бутана*.
  - рыночная цена н-бутана обычно несколько ниже, чем цена изобутана.
- Бутан получают как побочный продукт различных процессов на нефтеперерабатывающем заводе. Кроме того, его выделяют из природного газа. Эти два источника обеспечивают производство бутана в количестве, необходимом для компаундирования бензинов.
- В качестве интересного примечания можно добавить следующее: вспомните, как заполняется бензобак автомобиля. Обычно вокруг горловины бака можно наблюдать волнообразный пар. Это бутан, который испаряется из бензина. Зимой этого пара больше, чем летом. Это потому, что зимой выше необходимая величина ДПР бензина.