

**Рис. 29. Устройство тарелок ректификационной колонны**

В ректификационную колонну поступает очищенная нефть, нагретая в трубчатой печи до температуры 320—350 °С.

Ректификационная колонна имеет горизонтальные перегородки с отверстиями — тарелки (рис. 29), на которых происходит конденсация фракций нефти. На высоких тарелках скапливаются более легкокипящие фракции, на нижних — высококипящие. В таком промышленном процессе нефть разделяют на следующие фракции:

- *ректификационные газы* — смесь низкомолекулярных углеводородов, преимущественно пропана и бутана ( $t_{\text{кип}} < 40$  °С);
- *газолиновую фракцию (бензин)* — углеводороды состава от  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  до  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$  ( $t_{\text{кип}} = 40—200$  °С); при более тонком разделении этой фракции получают *газолин* (петролейный эфир,  $t_{\text{кип}} = 40—70$  °С) и *бензин* ( $t_{\text{кип}} = 70—120$  °С);
- *лигроиновую фракцию* — углеводороды состава от  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  до  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$  ( $t_{\text{кип}} = 150—250$  °С);
- *керосиновую фракцию (керосин)* — углеводороды состава от  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  до  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$  ( $t_{\text{кип}} = 180—300$  °С);
- *дизельное топливо* — углеводороды состава от  $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$  до  $\text{C}_{19}\text{H}_{36}$  ( $t_{\text{кип}} = 200—360$  °С).

Остаток перегонки нефти — *мазут* содержит углеводороды состава от  $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$  до  $\text{C}_{50}\text{H}_{102}$ . Перегонкой при пониженном давлении из мазута получают *соляровое масло* ( $\text{C}_{18}\text{H}_{38}—\text{C}_{25}\text{H}_{52}$ ), *смазочные масла* ( $\text{C}_{28}\text{H}_{58}—\text{C}_{38}\text{H}_{78}$ ), *вазелин* и *парафин* — легкоплавкие смеси твёрдых углеводородов. Твёрдый остаток перегонки мазута — *гудрон* и продукты его переработки — *битум* и *асфальт* используют для изготовления дорожных покрытий.



Наиболее ценная фракция перегонки нефти — это бензин, который применяется главным образом как топливо для автомобильных и авиационных двигателей внутреннего сгорания. Однако в процессе ректификации его выход составляет не более 18—20% от массы сырой нефти. Значительно больше получается лигроиновой и керосиновой фракций, в которых содержатся углеводороды, имеющие в среднем в два раза более длинную углеродную цепь, чем в бензине.

Возможно ли из керосина получить бензин? Для этого необходимо разорвать длинные молекулы углеводородов пополам. Способ осуществления такого химического превращения предложил в 1891 г. русский инженер В. Г. Шухов. При нагревании углеводородов керосиновой фракции до температуры 500—600 °С молекула алкана разрывается примерно пополам, образуя два углеводорода с более короткой углеродной цепочкой, например:



тексадекан      октан      октен

Один из продуктов реакции — октан — это углеводород бензиновой фракции.

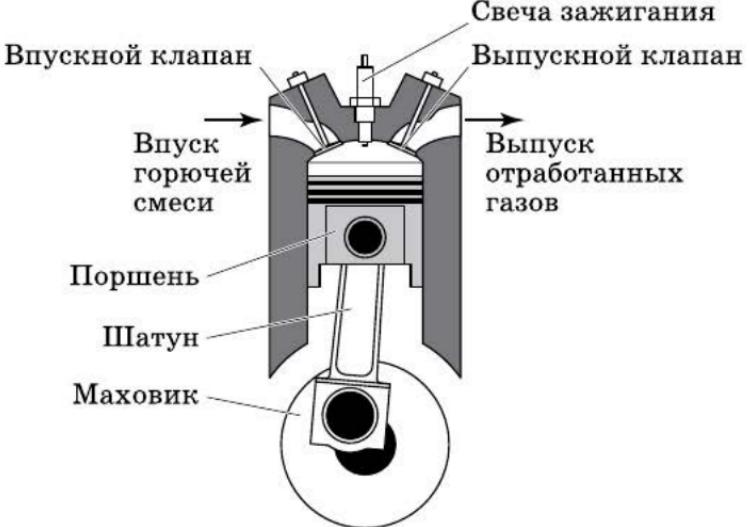
Второму продукту реакции расщепления до состояния насыщенности не хватает двух атомов водорода. Следовательно, октен относится к непредельным углеводородам.

Описанный процесс с конца XIX в. стал широко внедряться в промышленность и получил очень точное название — *кrekинг* (от англ. *crack* — расщеплять).

Кrekинг — процесс термического расщепления углеводородов.

Кrekинг, проведённый в присутствии катализаторов, называют каталитическим. Он приводит к получению бензина высокого качества.

Качество бензина определяется его *детонационной устойчивостью*, т. е. способностью выдерживать при



**Рис. 30. Схема двигателя внутреннего сгорания**

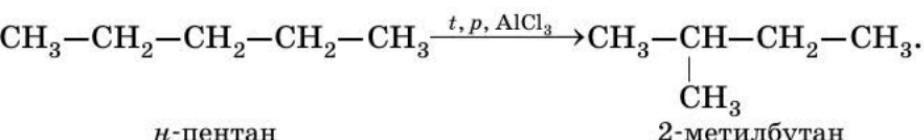
высоких температурах сильное сжатие в цилиндре двигателя без самопроизвольного возгорания.

В двигателях внутреннего сгорания воспламенение горючего происходит от запальной свечи, дающей искру в момент наибольшего сжатия поршнем смеси газов (рис. 30). Однако при сжатии смеси паров бензина и воздуха углеводороды нормального строения образуют вещества, вызывающие преждевременное воспламенение, что приводит к быстрому износу двигателя. Это явление называют *детонацией*.

Способность предельных углеводородов к детонации зависит от строения алкана. Так, углеводороды разветвлённого и циклического строения способны выдерживать более высокую степень сжатия по сравнению с линейными молекулами.

Количественным показателем качества бензина является его *октановое число*. За начало отсчёта в октановой шкале принята детонационная устойчивость гептана нормального строения (октановое число 0), а за 100 — октановое число изооктана. Октановое число бензина, например АИ-92, показывает, что данное горючее имеет такую же детонационную устойчивость, как смесь 92% изооктана и 8% *n*-гептана.

В результате катализитического крекинга получают бензин с более высоким значением октанового числа, поскольку наряду с процессами крекинга протекают также процессы изомеризации алканов, например:



Для повышения октанового числа используют также процесс *риформинга* низкосортных сортов бензина, который подвергают нагреванию в присутствии катализаторов, например платины. При этом углеводороды линейного строения не только изомеризуются, но также превращаются в циклические и ароматические, что и приводит к повышению октанового числа.

В отличие от двигателя внутреннего сгорания, в дизельных двигателях отсутствует свеча зажигания, так как смесь дизельного топлива с воздухом воспламеняется только в результате сжатия. Поэтому дизельные двигатели должны быть хорошо отрегулированы, чтобы полиароматические углеводороды, входящие в состав топлива, успевали полностью сгореть.

1. Нефть.
2. Фракционная перегонка, или ректификация.
3. Ректификационные газы, газолиновая фракция (бензин), лигроиновая фракция, керосиновая фракция, дизельное топливо, мазут.
4. Продукты перегонки нефти.
5. Крекинг и риформинг.
6. Детонационная устойчивость, октановое число.

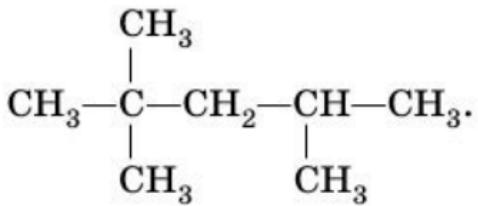
- ?
1. Назовите важнейшие месторождения нефти в Российской Федерации, используя карты из географического атласа.
  2. Как мировые цены на нефть влияют на бюджет нашей страны? Предложите свои варианты уменьшения зависимости экономики России от колебаний мировых цен на нефть.

3. Как утечки нефти при её добыче и транспортировке влияют на состояние окружающей среды? Приведите примеры последних сообщений из средств массовой информации о катастрофах, связанных с разливами нефти.

4. Каков состав нефти? Какие физические свойства компонентов нефти лежат в основе её перегонки?

5. Что такое бензины; октановое число? Как его повышают?

6. Назовите по международной номенклатуре изооктан



7. Запишите уравнения реакций крекинга эйкозана  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$  до углеводородов бензиновой фракции.

8. Как связана ваша будущая профессия (например, экономист, юрист, эколог, геолог, инженер) с добычей и переработкой углеводородного сырья?

9. Как связана повседневная жизнь человека с добычей и переработкой углеводородного сырья и мировыми ценами на нефть?

## 1. Бензол. 2. Получение бензола. 3. Химические свойства бензола: горение, реакции замещения с хлором и азотной кислотой. 4. Применение бензола.



1. Как вы думаете, при горении какого углеводорода — бензола или ацетилена — пламя будет более коптящим? Почему? Ответ подтвердите расчётами.
2. Подготовьте презентацию об областях применения бензола, используя возможности Интернета.
3. Рассчитайте количество вещества ацетилена, который потребуется для получения 400 мл бензола (плотность 0,8 г/мл).
4. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  
а) метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  хлорбензол;  
б) карбонат кальция  $\rightarrow$  оксид кальция  $\rightarrow$  карбид кальция  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  нитробензол.
5. Бензол является прекрасным растворителем органических веществ и входит в состав многих бытовых препаратов-растворителей, например в состав «Сольвента», где его содержание составляет 25%. Рассчитайте массу бензола, которая необходима для изготовления 300 г «Сольвента».

## § 8

### Нефть и способы её переработки

**Нефть** — природная смесь углеводородов, в основном алканов линейного и разветвлённого строения, содержащих в молекулах от 5 и более атомов углерода, с другими органическими соединениями, прежде всего полиарomaticкими углеводородами (т. е. углеводородами, в молекулах которых содержится несколько соединённых между собой бензольных колец).

Газообразные и твёрдые компоненты нефти растворены в её жидких составляющих, что и определяет её агрегатное состояние.

Нефть — это чёрная, а иногда тёмно-коричневая или бурая густая маслянистая (по-английски нефть так и называется *oil* — масло) жидкость со своеобразным за-



пахом. Нефть нерастворима в воде. Плотность у неё меньше, чем у воды, поэтому, попадая в воду, нефть растекается по поверхности, препятствуя растворению кислорода и других компонентов воздуха в воде. Поэтому в случае аварий перевозящих нефть судов (танкеров) разливы нефти вызывают гибель микроорганизмов и других водных обитателей, приводя к экологическим катастрофам (рис. 27).

Существуют бактерии, способные использовать компоненты нефти в качестве пищи, преобразуя её в безвредные продукты жизнедеятельности. Применение таких культур бактерий является наиболее экологически безопасным и перспективным путём борьбы с загрязнениями окружающей среды нефтью в процессе её добычи, транспортировки и переработки.

Представляя собой смесь различных веществ, нефть не имеет постоянной температуры кипения. Каждый её компонент сохраняет в смеси свои индивидуальные свойства, что и позволяет разделить смесь на составляющие. Для этого нефть очищают от механических примесей, серосодержащих органических соединений и подвергают фракционной перегонке, или ректификации.



**Фракционная перегонка, или ректификация, — это физический способ разделения смеси компонентов, основанный на различии температур их кипения.**



**Рис. 27. Последствия катастроф, связанных с разливом нефти**

Фракционную перегонку осуществляют на нефтеперегонных заводах в специальных установках — *ректификационных колоннах* (рис. 28), в которых повторяются циклы испарения и конденсации жидких веществ, содержащихся в нефти.



Рис. 28. Схема установки (ректификационной колонны) для непрерывной перегонки нефти и области применения нефтепродуктов