

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.А. ДОБРОЛЮБОВА»

В.П. Смекаев

ВВЕДЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА И
РАБОТА С ТЕКСТОМ УРОКА
ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД
Английский язык

Учебное пособие

Нижний Новгород
2016

Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВПО «НГЛУ».

Направление подготовки: 45.05.01 – *Лингвистика* (профиль: Перевод и переводоведение).

Дисциплина: Учебно-переводческая практика I иностранного языка.

УДК 811.111'255.2:6(075.8)

ББК 81.432.1-93

С 501

Смекаев В.П. Введение нового материала и работа с текстом урока. Технический перевод. Английский язык: Учебное пособие. – Н. Новгород: ФГБОУ ВПО «НГЛУ», 2016. – 69 с.

Настоящее пособие предназначено для преподавателей, ведущих практические занятия по переводу со студентами III и VI курсов. Пособие является дополнением к основному учебнику «Современный технический перевод. Английский язык» (авт. В.П. Смекаев), включает поурочные материалы по введению нового материала, рекомендации по переводу и работе с основным текстом урока, а также схемы и рисунки для более глубокого понимания предмета перевода и ссылки на электронные адреса в интернете для дополнительной информации. Материал пособия охватывает уроки 8 глав учебника и базируется на современной информации по разным отраслям науки и техники.

УДК 811.111'255.2:6(075.8)

ББК 81.432.1-93

Автор В.П. Смекаев, доцент кафедры теории и практики английского языка и перевода

Рецензент А.В. Иванов, д-р филол. наук, профессор, зав. кафедрой теории и практики английского языка и перевода

© ФГБОУ ВПО «НГЛУ», 2016

© Смекаев В.П., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Рекомендации по введению нового материала и работе с основным текстом урока (на базе учебника по техническому переводу).....	5
Глава 2. РУЧНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ.....	5
Урок 1. Ручной инструмент.....	5
Урок 2. Разметочный и измерительный инструмент.....	6
Урок 3. Технические комплектующие (крепеж).....	7
Урок 4. Токарный станок.....	8
Глава 3. СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА.....	9
Урок 1. Двигатель внутреннего сгорания.....	9
Урок 2. Кузов автомобиля.....	11
Урок 3. Летательные аппараты.....	13
Урок 4. Водный транспорт. Авианесущие корабли.....	14
Урок 5. Осмотр подержанного легкового автомобиля.....	17
Глава 4. ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ.....	18
Урок 1. Производство электроэнергии.....	18
Урок 2. Постоянный ток.....	19
Урок 3. Измерительные приборы.....	20
Глава 5. РАДИО И РЛС.....	21
Урок 1. Силовая электроника.....	21
Урок 2. Как работает радио.....	23
Урок 3. Радиолокационная станция.....	25
Урок 4. Полицейский радар и антирадар.....	27
Глава 6. ХИМИЯ.....	28
Урок 1. Периодическая таблица химических элементов.....	28
Урок 2. Строение атома.....	29
Уроки 3 и 4. Химическая активность элементов. Типы химических реакций.....	30
Урок 5. Углеводороды.....	32
Глава 7. НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА.....	38
Урок 1. НПЗ.....	38
Урок 2. Нефтепродукты.....	41
Урок 3. Удаление воды и солей.....	45
Урок 4. Первичная перегонка нефти.....	47

Урок 5. Термический и каталитический крекинг.....	48
Урок 6. Улучшение качества нефтепродуктов.....	49
Глава 8. АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	51
Урок 1. Введение в атомную энергетику.....	51
Урок 2. Уран как топливо.....	57
Урок 3. Обогащение урана.....	58
Урок 4. Ядерный реактор деления.....	59
Урок 5. Реактор на медленных нейтронах.....	62
Урок 6. Вывод АЭС из эксплуатации.....	63
Глава 9. ПЕРЕВОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ПАТЕНТОВ.....	65
Урок 4. Патент.....	65

Рекомендации
по введению нового материала и работе с основным текстом урока
(на базе учебника по техническому переводу)

Неоднократно отмечалась важность такого этапа практического занятия по переводу, как введение нового материала при подготовке к последующему занятию и определении домашнего задания. В зависимости от уровня знаний обучаемых введение нового материала может выполняться на русском или иностранном языке и сопровождаться показом видеоматериалов. Цель данного объяснения – предоставить обучаемым общую информацию по области и объекту перевода последующего материала, выяснить, насколько данная область им знакома и что им известно по данному вопросу. В процессе объяснения, которое может носить интерактивный характер, происходит знакомство не только с новой областью знаний, но и с новой терминологией, как на русском, так и на иностранном языках. Целесообразно обратить внимание обучаемых на особенности использования терминологии, на сочетаемость терминов, устойчивые выражения в данной области, а также дать дополнительные пояснения по наиболее сложным местам текста, если такие имеются.

Глава 2
РУЧНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ

В первой теме подобран материал по ручному и механическому инструменту. Убедившись в уровне познаний студентов, нужно обратить внимание на то, что инструменты бывают не только ручные, станочные и механические. Они также подразделяются в зависимости от материала, с которым работает мастер, и специальности самого мастера.

Урок 1. Ручной инструмент

Ручной инструмент – инструмент, применение которого основано на использовании собственной силы. Он подразделяется на слесарный, плотничный и столярный, строительный и монтажный и т. д.

Слесарная работа – это, прежде всего, работа с металлом. К ручному слесарному инструменту относятся: тиски, молоток, зубило, отвертка, плоскогубцы, напильники, надфили, кернеры, пробойники, ножницы и ножовки по металлу, гаечные ключи и т. д.

Плотник и столяр имеют дело с деревом и для работы используют следующие инструменты: молоток, топор, ножовку, рубанок, клещи, отвертку, напильники, тиски, дрель и др.

Ряд инструментов присутствуют и там, и там. Поясним на примерах: слесарь зажимает заготовку в слесарных тисках с

параллельными губками, а на верстаке столяра установлены стуловые тиски; ножовка по металлу и ножовка как поперечная пила по дереву.

Отвёртка – ручной слесарный инструмент, предназначенный для завинчивания и отвинчивания крепёжных изделий с резьбой, на головке которых имеется шлиц (паз). Простейшая отвёртка представляет собой обычно стержень с наконечником, который при работе вставляют в шлиц (прорезь в головке винта или шурупа), другой конец стержня снабжён деревянной, пластмассовой или резиновой рукояткой.

При необходимости уточняем по клещам. В русском языке эта группа инструментов включает: плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, острогубцы, бокорезы и др. Пассатижи – комбинированный инструмент, объединяющий плоскогубцы и кусачки.

Напильник – это режущий инструмент для послойного срезания (опиливания). Напильники различаются по частоте и размеру насечки: драчевые, личные и бархатные.

Для тонких слесарных работ применяют надфили – разновидность напильника, предназначенная для точных (ювелирных) работ.

Пояснения по гаечным ключам в полном объёме приведены в тексте данного урока.

При работе с текстом следует обратить внимание на устойчивые словосочетания в разных областях профессиональной деятельности:

- напильником срезают, опиливают, выравнивают поверхность;
- зубилом рубят металл, вырубает заготовку.

Обратите внимание на термин *chisel*, который переводится как зубило (для слесаря), долото, стамеска (для столяра) или нож для льда (как столовый прибор).

Молоток имеет рукоятку. Молоток (головку) или топор насаживают на рукоятку или топорище, а не закрепляют, надевают и т. д.

Рукоятка (в отличие от ручки двери, чемодана) – часть оружия, ручного инструмента или приспособление как часть машины для держания рукой и вращения. Например: рукоятка кинжала, рукоятка молотка или рукоятка штурвала.

Урок 2. Разметочный и измерительный инструмент

Исходя из содержания текста, следует остановиться на абзаце текста с термином *gauge*. Данный термин очень многозначный: контрольно-измерительный прибор, шаблон, калибр, эталон, датчик, колей (железнодорожная), диаметр проволоки, толщина.

Выделим основные значения для текста. В начале абзаца при переводе текста целесообразно использовать собирательное значение – контрольно-измерительные устройства.

В процессе изготовления детали используются шаблоны и калибры. Шаблон – это точный образец какой-то детали, который копируется в

процессе производства. Калибр – измерительный инструмент, имеющий точный размер, диаметр.

Термин *калибр* также используется в системах оружия: охотничье ружьё 12 калибра, калибр пистолета 9 мм. Английский вариант – 40 *gun*. Это не пистолет 40-го калибра, что можно встретить в переводной литературе, а пистолет калибра 11,43 мм, т. к. в английском выражении калибр дается в дюймах.

В ходе обслуживания или ремонта применяются разные щупы. Они нужны для проверки и регулировки зазоров между деталями или элементами конструкции.

Урок 3. Технические комплектующие (крепеж)

При введении материала на данном занятии целесообразно показать студентам различные образцы крепежа, применяемые для соединения отдельных деталей в узлы и механизмы. Через *Google* можно найти детали крепежа, картинки. Студентам можно предложить возможные варианты перевода «крепежные детали»: *mounting hardware, fasteners, fittings, engineering components*.

При разъяснении возникает непонимание разницы между болтом и винтом. Винт – это болт без гайки, но с шайбой. Как правило, винт вставляется в отверстие и ввинчивается в резьбовое отверстие второй детали и таким образом соединяет две детали вместе.

Шпилька (stud) представляет собой стержень с резьбой на обоих концах; одним концом шпилька ввинчивается в нарезное отверстие одной из соединяемых деталей, а на противоположный конец с резьбой, который проходит через сквозное отверстие второй детали, навинчивается гайка.

Шпонка жестко неподвижно соединяет вал и колесо (шкив). На валу и в отверстии колеса делается паз (прорезь), затем эти пазы совмещаются, и туда устанавливается шпонка (см. рисунок, в учебнике). Вал и колесо вращаются как одно целое.

Необходимо сделать уточнение относительно оси и вала. Ось обеспечивает вращение и в отличие от вала не передает мощности. Вал передает мощность, усилия. В английском языке есть два термина для оси: *axle* and *axis*. Первый термин переводится как механическая ось или мост (автомобиля), а второй – как воображаемая, векторная, координатная ось.

Силовые передачи

Трансмиссия (силовая передача) – в машиностроении совокупность сборочных единиц и механизмов, соединяющих двигатель (мотор) с ведущими колёсами транспортного средства (автомобиля) или рабочим органом станка, а также системы, обеспечивающие работу трансмиссии. В общем случае трансмиссия предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к колёсам (рабочему органу), изменения

тяговых усилий, скоростей и направления движения. Трансмиссия входит в состав силового агрегата.

По способу передачи и трансформирования момента трансмиссии делятся на *механические, гидромеханические и электромеханические*.

Поговорим о *механических передачах*. Их можно разделить на фрикционные и гибкие (ременные). Первые основаны на силе трения и передаче зацеплением. Передачи, основанные на использовании силы трения, применяются при непосредственном контакте, например, двух плоских колес. Ременные передачи состоят из двух или более шкивов, установленных на осях или валах, и ремней.

Передача вращения зацеплением представляет собой непосредственное зацепление двух зубчатых колес или шестерен или гибкое соединение двух шестерен, находящихся на некотором расстоянии друг от друга, с помощью цепи (цепная передача).

Возможно, потребуется дать пояснения по терминам *couplings* и *clutches*.

Couplings представляет собой постоянное механическое соединение или муфту, например, двух осей, или фланцевую муфту для соединения газовых труб (можно увидеть рядом с подъездом дома, два фланца на трубах соединены болтами).

Clutches – сцепление, муфта сцепления, сцепляющий механизм, защелка. Данное устройство обеспечивает по желанию разъединение, чтобы прервать передачу мощности, или освобождает деталь для перемещения. По характеру сил сцепления муфты бывают фрикционные, кулачковые (зубчатые), электромагнитные и гидравлические.

Урок 4. Токарный станок

Токарный станок относится к металлорежущим и металлообрабатывающим машинам – иными словами, к стационарным механическим инструментам. Принцип работы станка основан на использовании вращательного движения для срезания (удаления) части металла с поверхности заготовки и производства необходимой детали по определенным размерам. Конструкция токарного станка зависит от его конкретного применения. Несмотря на некоторые конструктивные особенности, типовой станок состоит из следующих основных частей: станины, передней бабки, задней бабки и суппорта. При введении нового материала и доведения информации по устройству токарного станка можно полностью опираться на содержание данного текста.

Рекомендуется после объяснения общего устройства токарного станка обязательно проследить технологическую цепочку вращений, происходящих при его работе. Итак, токарный станок приводится в действие электрическим мотором, имеющим большую скорость вращения, измеряемую в об./мин. При обработке (обточке) детали требуется

регулировать скорость ее вращения. Для регулирования скорости вращения применяется понижающий редуктор и коробка передач. Мощность электродвигателя через редуктор и коробку передач передается на шпиндель, расположенный в передней бабке. Помните, что на конце шпинделя установлен цанговый патрон, в котором зажимается один конец заготовки (детали). Противоположный конец детали упирается в конус или пиноль задней бабки. Т. е. деталь вращается между двумя точками – патроном шпинделя и конусом задней бабки. Эти две точки называются центрами, расстояние между ними служит одной из характеристик технических возможностей станка. К вращающейся детали подводится резец и, перемещаясь с определенной поступательной скоростью (шагом) вдоль неё, равномерно срезает металл с поверхности детали, придавая ей нужную форму и диаметр. Резец установлен в резцедержателе, расположенном в верхней части суппорта. Суппорт может перемещаться вдоль оси станка, как вручную, так и за счет механического привода от редуктора. Устройство суппорта позволяет перемещать резец в поперечном направлении, т. е. подводить или отводить от поверхности детали.

Данное объяснение в виде отдельных предложений можно использовать на следующем занятии для закрепления материала (перевод с русского на слух) после завершения работы с текстом урока.

На примере токарного станка можно показать разные подходы к образованию терминов в русском и английском языках.

Револьверный токарный станок – в значение термина заложен принцип действия – револьверный (пошаговый) поворот резцедержателя. Английский термин *a turret lathe machine* в большей степени характеризует внешний вид, в частности возвышающийся суппорт в виде башни – *turret*.

Глава 3

СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

Урок 1. Двигатель внутреннего сгорания

Обсуждаем средства транспорта, применяемые для передвижения в трех средах. Возникает вопрос: что общего у самолета (летательного аппарата), автомобиля и надводного корабля? Двигатель. Вопрос: какие бывают двигатели? Получаем ответ: двигатели внутреннего сгорания. Можно уточнить, что это такое и какие представления есть у студентов по данному вопросу. Затем, очередной вопрос: существуют ли двигатели внешнего горения? Конечно, да. Это паровой двигатель, в котором горение происходит в топке, а все остальные механизмы этого двигателя находятся на определенном расстоянии от места горения топлива, т. е. вне самого двигателя (паровоз, пароход).

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это тепловой двигатель, в котором топливо сгорает непосредственно внутри двигателя и, являясь источником мощности, приводит в действие различные машины и механизмы.

ДВС бывают: поршневые, роторные, реактивные и ракетные. По виду топлива – бензиновые, дизельные и многотопливные; по принципу работы поршневые двигатели подразделяются на двухтактные и четырехтактные, а также классифицируются по количеству и расположению цилиндров.

Устройство четырехтактного бензинового ДВС разберем на примере типового автомобильного двигателя. С устройством и работой данного ДВС можно ознакомиться по адресу: <http://www.youtube.com/watch?v=Ue6cDpSOKu4>, в учебнике представлен поперечный разрез ДВС с обозначением основных частей.

ДВС состоит из блока цилиндров, кривошипно-шатунного механизма (кривошипный вал, шатуны, поршни с пальцами и поршневыми кольцами), головки блока цилиндров с газораспределительным механизмом (впускные и выпускные клапаны, распределительный вал или кулачковый вал), головки блока и масляного поддона.

Процесс сгорания топливовоздушной смеси происходит в камере сгорания, расположенной между днищем поршня в верхней мертвой точке (ВМТ) и нишей в головке блока цилиндров. Форма этой ниши может быть полусферической или клинообразной.

За два оборота коленчатого вала поршень, соединенный с ним шатуном, совершает четыре хода (вниз и вверх от ВМТ до НМТ), и происходят четыре такта: всасывание рабочей смеси, сжатие рабочей смеси с воспламенением, рабочий ход и выпуск отработанных газов.

Работа ДВС обеспечивается следующими системами.

Топливная система предназначена для хранения жидкого топлива и его подачи в двигатель. Система включает топливный бак, бензопроводы, фильтры, бензонасос, карбюратор или эжектор (устройства для приготовления топливно-воздушной (рабочей) смеси).

Система зажигания предназначена для обеспечения воспламенения рабочей смеси. Сегодня применяются три вида систем: контактная, бесконтактная (транзисторная) и электронная. Контактная система состоит из генератора переменного тока с выпрямительным устройством, аккумуляторной батареи, катушки зажигания, распределителя (трамблера), свечей зажигания, проводов высокого напряжения и выключателя.

Система смазки предназначена для смазки трущихся узлов и механизмов двигателя, отвода излишнего тепла и продуктов износа. Состоит из поддона масла (картера), масляного насоса и фильтра, масляных трубопроводов.

Система охлаждения используется для охлаждения ДВС. На автомобильной технике применяются воздушные и жидкостные системы

охлаждения. Жидкостная система включает радиатор, водяной насос (помпу), патрубки, термостат и расширительный бачок.

Конфигурация ДВС. Двигатели различаются не только по количеству цилиндров, но и по расположению цилиндров. ДВС бывают рядные (*in line*), V-образные, горизонтальные оппозитные (см. http://www.youtube.com/watch?v=8R-H_VWA_OM), оппозитные со встречным движением поршней, звездообразные и роторные. В тексте урока знакомимся с V-образным, горизонтальным оппозитным и роторным ДВС.

Роторный двигатель. Общей информации по роторному или роторно-поршневому ДВС вполне достаточно. При объяснении используйте картинку в тексте урока.

ДВС с верхним распределением. В тексте дается сравнение двух типов ДВС. Существуют двигатели ранней конструкции с нижним расположением распределительного вала в блоке, где есть толкатели, штанги, коромысла. При верхнем расположении распределительного вала (*DOHC*) часть деталей отсутствует, кроме толкателя с корректором. Поэтому такие двигатели имеют меньший вес, но могут страдать другим недостатком – «плаванием клапанов», т. е. неполным открытием и закрытием вследствие повышенной температуры из-за близости камеры сгорания. Для устранения этого недостатка применяется механизм регулировки зазора клапанов (корректор).

Урок 2. Кузов автомобиля

Обучаемые имеют представление об устройстве автомобиля, задаем ряд контрольных вопросов.

Автомобиль состоит из двигателя, кузова, трансмиссии и ходовой части. Кузов предназначен для размещения и перевозки пассажиров и груза (см. рис. 1). Имеет довольно сложную конструкцию и выполняет целый ряд задач: обеспечивает установку двигателя и размещение других узлов и механизмов автомобиля, перевозку пассажиров и груза, защиту пассажиров и груза.

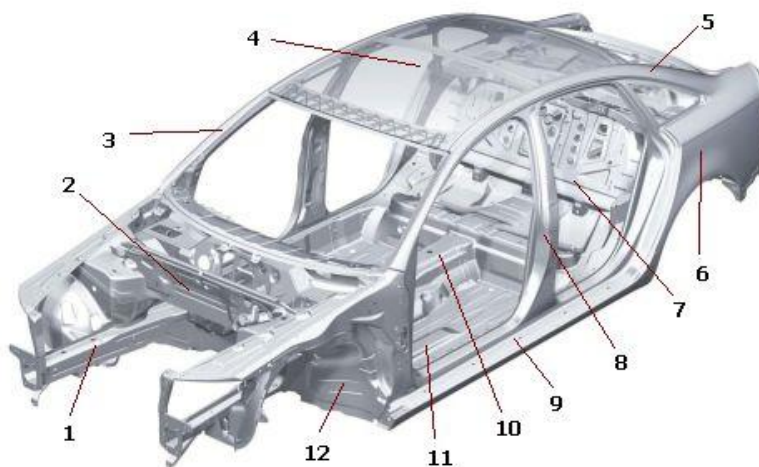


Рисунок 1. Кузов автомобиля

Основанием кузова автомобиля является рама (1). Это прочная стальная конструкция, выполненная из продольных лонжеронов, соединенных несколькими поперечными балками (2). Балки располагаются так, чтобы обеспечить установку и крепления двигателя, коробки передач и мостов. Современные авто производятся с рамным, полурамным и безрамным (несущим) кузовом. Сам кузов состоит из корпуса (каркаса), дверей, крыши, люков, оперенья (крылья, облицовка), сидений и др. оборудования. Кузов автомобиля строится из отдельных элементов, штампованных панелей и различных элементов усиления и придания жесткости. Двери устанавливаются между стойками (8), и на них опирается крыша. В передней части кузова расположена крышка капота, а сзади – крышка багажника. Между капотом и крышей и передними стойками образуется проём ветрового стекла. Внутреннее пространство кузова подразделяется на отделение двигателя, пассажирский салон и багажное отделение. Современные автомобили производятся с различными типами кузовов: седан, универсал, хетчбэк, минивэн, пикап, купе, кабриолет (родстер), лимузин, внедорожник и кроссовер.

Ветровое или лобовое стекло автомобиля? Изначально данное стекло известно как *ветровое*, т. к. защищало от встречного ветра. А *лобовое стекло* чаще используется при описании кабины самолета или вертолета. На современных автомобилях устанавливается ветровое стекло типа триплекс, т. е. трехслойное: два наружных слоя стекла соединены прозрачной пленкой. Такая конструкция стекла относится к одной из пассивных мер безопасности. Для установки и обеспечения герметичности стекла используются резиновые уплотнители и герметик.

Сиденье современного автомобиля представляет собой сложную техническую систему, призванную обеспечить комфорт и безопасность водителя и пассажиров. Конструкция сидений постоянно совершенствуется.

Основными конструктивными элементами автомобильного сидения являются рама, подушка и спинка.

Рама служит основой сидения. Она изготавливается из высокопрочной стали. Предусматривается продольное перемещение рамы сидения по специальным направляющим. На раме размещаются подушка и спинка сидения.

Подушка сидения имеет специальную форму. С подушкой шарнирно соединена спинка сидения. Подушка и спинка сидения имеют слоеную структуру. На раме размещаются пружины, которые покрывает вспененный наполнитель – пенополиуретан. Сверху сидение покрывает **обивка**. В качестве обивки используются различные материалы: ткань (обивочная, велюр и др.), искусственная кожа (винил и др.), натуральная кожа.

Дополнительную информацию можно найти на сайте <http://systemsauto.ru/engine/>.

Урок 3. Летательные аппараты

Начиная разговор про воздушные средства транспорта, целесообразно уточнить понимание термина *aircraft*. Данный термин прежде всего переводится как летательный аппарат (ЛА), т. е. средство, способное перемещаться в воздухе. Это собирательное название для всех летающих устройств. В зависимости от способа создания подъемной силы различают:

- 1) ЛА легче воздуха (шары, дирижабли, аэростаты);
- 2) ЛА тяжелее воздуха (планёр, самолет, вертолет, ракета и другие).

По ЛА легче воздуха уточняем отличия между полетом шара и дирижабля. Дирижабль имеет органы управления и может изменять направление движения.

На ЛА тяжелее воздуха подъемная сила создается за счет аэродинамической поверхности, неподвижного крыла самолета или вращающегося крыла у вертолета, движение в воздухе обеспечивается мощностью двигателей различных типов.

Существует целый ряд систем классификации летательных аппаратов:

- по целевому назначению: пассажирские, транспортные, спортивные, военные и специальные;
- по типу двигателей: поршневые с винтом, воздушно-реактивные и реактивные;
- по количеству крыльев: моноплан и биплан;
- по длине взлета и посадки: вертикального взлета, укороченного взлета и посадки;
- по взлетно-посадочному оборудованию: сухопутные, гидросамолеты, самолеты-амфибии.

Конструкция самолета представляет собой планер, состоящий из фюзеляжа, крыла и хвостового оперения, и оснащается двигателями, шасси и приборным оборудованием.

Самолеты различаются по компоновочной схеме на:

- классические;
- утка;
- летающее крыло и другие.

Самолеты оснащаются следующими типами двигателей: поршневыми, турбовинтовыми, турбореактивными, а также высотными – прямоточными, пульсирующими и ракетными. Двигатели могут устанавливаться на крыле или на фюзеляже. Компоновка может быть различной, а количество двигателей может быть один, два, три и более. Переводя описание самолета и объясняя про несколько двигателей, можно

сказать, что силовая установка самолета состоит, например, из трех турбореактивных двигателей (Ту-154). Турбовентиляторный реактивный двигатель состоит из гондолы (корпуса), в которой на едином валу установлены: вентилятор, за которым находятся элементы внутреннего контура, такие как многоступенчатый компрессор, камера сгорания с запальной свечей, турбина, смеситель и реактивное сопло. Воздух после вентилятора разделяется на два потока. Один поток направляется во внутренний контур, а второй – во внешний контур, расположенный между корпусом внутреннего контура и гондолой двигателя. Поток во внутреннем контуре сжимается в компрессоре, т.е. давление воздуха возрастает в несколько раз. Затем сжатый воздух попадает в камеру сгорания, где смешивается с распыленным топливом и воспламеняется от искры запальной свечи. В отличие от свечи зажигания в автомобиле, запальная свеча дает искру только в момент запуска реактивного двигателя, затем не работает, так как процесс горения поддерживается непрерывно. Горячие газы расширяются и под давлением преодолевают лопатки турбины, заставляя ее вращаться с большой скоростью. Турбина приводит в действие все агрегаты двигателя, поскольку они установлены на одном валу. Далее отдавшие часть энергии газы направляются к смесителю, смешиваются с холодным воздухом из внешнего контура и через реактивное сопло устремляются наружу, образуя реактивную струю и создавая тягу.

В целях увеличения силы тяги реактивные двигатели оснащаются форсажными камерами, которые устанавливаются между турбиной и соплом. Топливоздушная смесь, сгорающая в данной камере, образует дополнительно раскаленные газы, которые, устремляясь через сопло, усиливают интенсивность реактивной струи, в результате чего сильно возрастает сила тяги.

Урок 4. Водный транспорт. Авианесущие корабли

Водный транспорт – вид средств, перевозящих грузы и /или пассажиров по водным путям сообщения, как естественным (океаны, моря, реки, озера), так и искусственным (каналы, водохранилища). Основными транспортными средствами являются корабли, теплоходы (круизные лайнеры), подводные лодки, паромы, суда разного назначения и конструкции.

В начале напомним студентам об особом отношении англичан и американцев к флоту и кораблям, которое сложилось исторически.

Существует много различных классификаций водных транспортных средств. Это, прежде всего, надводные и подводные корабли, военные и гражданские, пассажирские и грузовые и т. д.

Устройство корабля предлагается рассмотреть на примере авианесущего корабля (авианосца; см. рис. 2), поскольку разговор об этом

типе кораблей позволит нам продолжить тему, связанную с воздушными средствами, и параллельно ознакомиться с конструкцией морских судов.

В качестве дополнительного материала можно привлечь содержание упражнений 3 и 4, имеющихся в данном уроке.

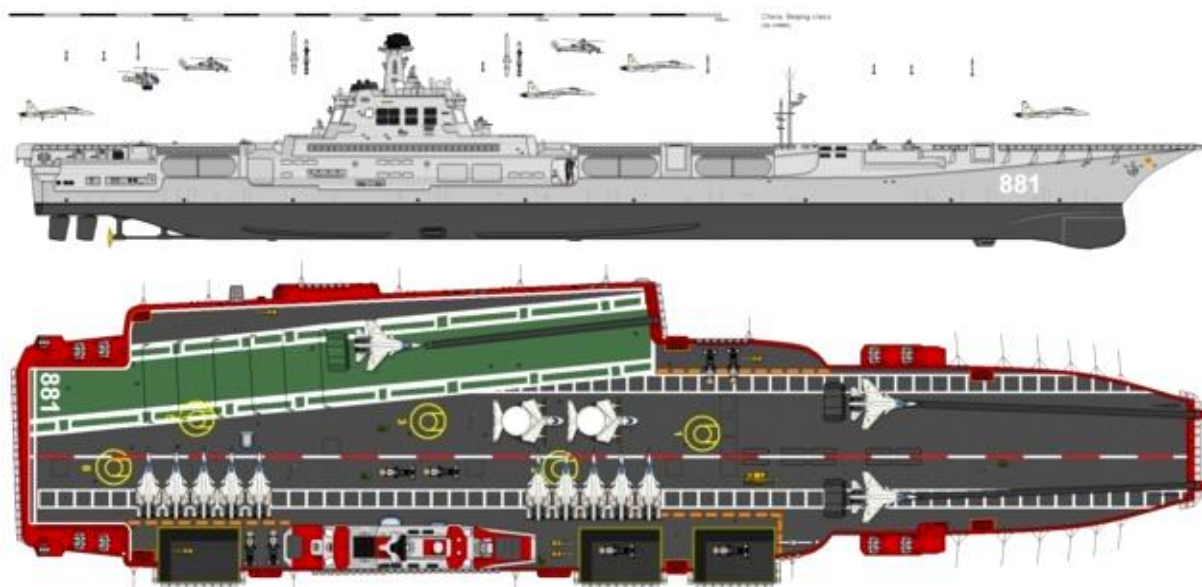


Рисунок 2. Авианосец

Авианосцы – корабли стратегического назначения, и потому подробных данных об их устройстве и наборе технических характеристик отыскать в широком доступе нельзя. Но некоторые общие сведения всё же вполне доступны.

Размеры авианосцев колеблются в следующем диапазоне:

- длина – от 182 до 342 метров;
- ширина – от 20 до 75 метров;
- осадка – до 12 метров;
- водоизмещение – от 10 000 до 100 000 тонн.

Подобный разброс габаритов связан с тем, что авианосцы делятся на четыре крупных класса в зависимости от их стратегического назначения.

Суперавианосцы, или ударные авианосцы, – самые крупные среди кораблей этого типа, являются полноценными стратегическими многоцелевыми судами.

Многоцелевые авианосцы, или средние, уступают ударным авианосцам по численности авиагруппы, запасам авиатоплива, боевой живучести и автономности или же по набору выполняемых функций.

Лёгкие авианосцы, они же авианосцы для самолётов вертикального взлёта и посадки (СВВП). Их военный потенциал существенно ограничен, но эти суда стоят на вооружении многих стран, не располагающих ресурсами для содержания более крупных авианосцев.

Универсальные десантные корабли – десантные вертолетоносцы с гладкой полетной палубой и возможностью принимать небольшую авиагруппу СВВП. К этому классу кораблей относится и недавно построенный во Франции «Мистраль».

Корпус авианосцев изготавливают из мягкой **стали** (прочная на разрыв сталь). Толщина стальных листов может достигать нескольких сантиметров. Чтобы максимально повысить «живучесть» корабля, имеются два корпуса – наружный и внутренний – и переборки между отсеками и палубами, которые делаются водонепроницаемыми.

Полетная палуба – палуба авианесущего корабля, предназначенная для предполетной подготовки летательного аппарата, его взлета и посадки. Полетная палуба оборудуется:

- катапультами;
- аэрофинишерами;
- палубными или бортовыми подъемниками летательных аппаратов;
- светотехническим и радиотехническим оборудованием для обеспечения полетов в сложных метеорологических условиях.

Аэрофинишер – стальной трос, натянутый поперек полетной палубы авианосца на высоте 20-25 см.

Аэрофинишер:

- служит для сокращения пробега самолета при посадке;
- захватывается специальным устройством (гаком), расположенным в хвосте фюзеляжа;
- работает в режиме торможения самолета.

Корабельная катапульта – механизм обеспечения старта самолетов с авианесущих кораблей за счет сообщения взлетной скорости самолету на коротком участке пути. Корабельная катапульта состоит из приводного и направляющих устройств и спускающего механизма.

Палуба – горизонтальное перекрытие в составе корпуса судна, расположенное по всей его длине. Палуба состоит:

- из палубного настила и палубного стрингера по линии примыкания палубы к борту;
- из набора бимсов, карлингсов и др.

Палубный подъемник корабельных самолетов – устройство в виде лифта, предназначенное для подъема корабельных самолетов и вертолетов из ангара на полетную палубу корабля и опускания их с полетной палубы в ангар.

Необходимая площадь полётной палубы достигается за счёт увеличения ширины верхней части корпуса, благодаря чему корабли этого класса и приобретают характерные очертания. Обслуживающие службы и помещения располагаются под полётной палубой в больших ангарах. Самолёты / вертолёты перемещают с палубы в ангары и обратно с

помощью специальных подъёмников, число которых не превышает 4 – это максимум даже для ударных авианосцев.

Под сервисными ангарами располагаются машинные отделения, а также прочие служебные помещения судна. Что касается командного мостика, радарных установок, всевозможных антенн и прочих палубных надстроек, без которых обойтись невозможно, они размещаются, как правило, по правому борту авианосца на специальном возвышении, которое обычно называют надстройкой или «островом» – *island*.

Полётные палубы

На сегодняшний день полётная палуба авианосца может быть либо плоской, либо с трамплином. Корабли с плоской палубой предназначены для размещения самолётов горизонтального взлёта. Для подъёма в воздух используются специальные катапульты. Плоскую полётную палубу имеют также авианесущие десантные корабли, рассчитанные на базирование вертолётов и самолётов вертикального взлёта.

А вот самолёты вертикального и укороченного взлёта и посадки базируются на кораблях с палубой, оснащённой трамплином. Взлётная и посадочная полосы объединены между собой. Данный тип полётной палубы характерен для авианосцев флотов Великобритании, Индии, Италии, Испании, Таиланда и России.

Максимально возможная крейсерская скорость, которую способны развивать современные авианосцы, составляет от 29 до 32 узлов, что в переводе на привычные нам единицы измерения составляет примерно 55-60 км/ч.

Подобные скорости стали возможны благодаря установке на кораблях ядерных силовых установок. Эти установки позволяют экономить водоизмещение для запасов авиационного топлива и боезапасов. Кроме того, ядерная силовая установка вырабатывает значительно больше энергии для корабельных катапульт (особенно это важно для авианосцев, оснащаемых электромагнитными катапультами).

Авианосцы представляют собой мощную ударную силу, но их эффективность значительно выше в составе ударной авианесущей группы, в состав которой входят 1 ударный авианосец, 8-10 кораблей охраны и суда обеспечения.

Урок 5. Осмотр подержанного легкового автомобиля

Материал этого урока предлагается студентам проработать самостоятельно.

Преподаватель может дать какие-либо пояснения и комментарии на следующем занятии при проверке перевода текста урока.

Глава 4

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ

Урок 1. Производство электроэнергии

Под производством энергии следует понимать преобразование энергии из «неудобной» для использования человеком формы в «удобную». К примеру, солнечный свет можно использовать, принимая солнечную энергию непосредственно от светила, а можно выработать из него электрическую энергию, которая, в свою очередь, будет преобразована в свет внутри помещения.

Электрическая энергия представлена в виде электрического тока. Ток может быть постоянным и переменным.

Постоянный ток – ток, направление и величина которого слабо меняются во времени.

Переменный ток – ток, величина и направление которого меняются во времени. В широком смысле под переменным током понимают любой ток, не являющийся постоянным. Одной из характеристик этого тока служит частота изменения направления, представленная в Гц/сек или циклах в секунду. В США частота переменного тока составляет 60 Гц/сек, а в Европе и РФ – 50 Гц/сек. Среди переменных токов основным является ток, величина которого изменяется по синусоидальному закону.

Что такое электрический ток?

Электрический ток – это упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц под действием электрического поля. Частицами могут быть: электроны, протоны, ионы и дырки.

- Заряд электронов отрицателен.
- Протоны – частицы с положительным зарядом.
- Нейтроны – с нейтральным зарядом.
- Дырки – квазичастицы, носители положительного заряда.

Сила тока – это количество заряженных частиц, протекающих через поперечное сечение проводника.

Все физические вещества, в том числе металлы, состоят из молекул, включающих атомы, которые, в свою очередь, состоят из ядер и вращающихся вокруг них электронов. Во время химических реакций электроны переходят от одних атомов к другим, поэтому атомы одного вещества испытывают недостаток в электронах, а атомы другого вещества имеют их избыток. Это означает, что вещества имеют разноименные заряды. В случае их контакта электроны будут стремиться перейти из одного вещества в другое. Именно это перемещение электронов и есть электрический ток, который будет течь до тех пор, пока заряды этих двух веществ не уравниваются. Взамен ушедшего электрона приходит другой. Откуда? От соседнего атома, к нему – от его соседа, так до крайнего, к крайнему – от отрицательного полюса источника тока (например,

батарейки). С другого конца проводника электроны уходят на положительный полюс источника тока. Когда все электроны на отрицательном полюсе закончатся, ток прекратится (батарея «села»).

Напряжение – характеристика электрического поля. Представляет собой разность потенциалов двух точек внутри электрического поля.

Для получения электрического тока возьмем проводник в виде рамки и поместим его между полюсами магнита. При вращении рамки в ней будет появляться ток. Сила тока будет зависеть от скорости вращения. На этом принципе основана работа электрических машин: генераторов и электродвигателей.

Передача электрической энергии

Передача электрической энергии на значительные расстояния от электростанции к потребителю осуществляется по следующей схеме. На электростанции полученный электрический ток имеет недостаточное напряжение, и поэтому нужно использовать повышающие трансформаторы для увеличения напряжения до сотен киловольт. Повышение напряжения обеспечивает уменьшение потерь электроэнергии при передаче. Передача осуществляется по воздушным линиям электропередач (ЛЭП). Обычно по ЛЭП передается трехфазный ток, и для этого необходимо иметь по два провода на каждую фазу, т. е. шесть проводов. Но на практике для экономии используется только четыре провода: три фазных и один нулевой. Трехфазный ток – это переменный ток с разницей (сдвигом фаз) между фазами в 120° .

Когда электрический ток достигает района потребителей, то начинается процесс поэтапного понижения напряжения с сотен тысяч вольт до напряжения в 220 вольт. Электрический ток с таким напряжением подается в наши дома.

Урок 2. Постоянный ток

Постоянный ток – ток, направление и величина которого слабо меняются во времени.

Предлагается задать студентам ряд вопросов по постоянному току. Одним из вопросов может быть: дать примеры применения постоянного тока.

Например: система электропитания автомобиля, городской транспорт (трамваи и троллейбусы) и, конечно, мобильные телефоны, компьютеры и другие устройства. Почему во многих высокоточных электронных системах применяется постоянный ток?

Это связано с тем, что в данных системах предъявляются очень высокие требования по характеристикам электропитания, а также с тем, что управлять и поддерживать строго определенные параметры питания легче и эффективнее на постоянном токе. Например, управлять скоростью

вращения и мощностью постоянного электромотора в трамвае или обеспечить работу электронной схемы ПК.

В электрических цепях, которые обеспечивают питанием постоянным током электронные схемы, применяются трансформаторы, диоды, транзисторы, конденсаторы, катушки и др. Каждое из этих устройств выполняет определенную функцию.

Трансформаторы повышают или понижают напряжение, с помощью катушек можно регулировать силу тока, а преобразователь частоты позволяет изменять частоту переменного тока. Диоды обеспечивают протекание переменного тока только в одном направлении, т. е. преобразуют его в постоянный. Транзисторы помогают регулировать выходное напряжение из блоков питания. В процессе регулирования напряжения участвуют и конденсаторы, которые забирают излишки электрического тока при резких повышениях напряжения и отдают их в цепь при его падении. Коллективная работа всех этих элементов в цепи электропитания позволяет получить ток со строго определенными параметрами.

Урок 3. Измерительные приборы

Начинаем разговор с установления разницы между *measuring tools* и *measuring instruments* (измерительные инструменты и измерительные приборы).

Измерительный инструмент используется для определения физических размеров изделия, детали или заготовки.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Часто измерительным прибором называют средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора.

Электрический ток характеризуется напряжением, силой, сопротивлением, частотой и т. д. Для измерения этих характеристик применяются соответственно вольтметры, амперметры, омметры и измерители частоты. При измерении параметров электрического тока с помощью этих приборов используются следующие единицы измерений: вольты, амперы, омы и герцы соответственно. Все эти приборы выпускаются в двух вариантах: аналоговые (т. е. циферблатные) и цифровые.

Аналоговые электроизмерительные приборы по своему назначению делятся на показывающие, показывающие и регистрирующие, показывающие и регулирующие, показывающие, регистрирующие и регулирующие.

Аналоговые электроизмерительные приборы состоят из двух основных частей: измерительной цепи и измерительного механизма с

отсчетным устройством. Измерительный механизм предназначен для преобразования электромагнитной энергии, подводимой к прибору, в механическую энергию перемещения подвижной части (стрелки).

Цифровые электроизмерительные приборы – средства измерений, в которых значение измеряемой электрической величины представляется в виде числа на отсчётном устройстве. Применяются для измерений практически всех электрических (напряжения, тока, сопротивления, ёмкости, индуктивности и др.), а также неэлектрических величин (давления, температуры, скорости и др.). Цифровые приборы могут подключаться к компьютерам для сохранения полученных измерений. Они характеризуются большей точностью измерений по сравнению с аналоговыми.

Современные электроизмерительные приборы представляют собой многофункциональные устройства, которые объединяют в одном корпусе целый ряд отдельных приборов. Следующим шагом в развитии измерительных приборов является создание более сложных устройств, которые позволяют не только замерить один параметр, а сразу проанализировать состояние, например, цепи или распределительного щита.

Глава 5

РАДИО И РЛС

Урок 1. Силовая электроника

Силовая электроника – это электрические системы, предназначенные для управления током и преобразования электрического тока (переменного или постоянного), необходимого для разных потребителей.

Множество различных потребителей требуют в общем случае возможности использовать электрическую энергию с нестандартными параметрами (регулируемым напряжением, нестандартной частотой, различным числом фаз, другим, чем в источнике, родом тока). Поэтому для наиболее эффективного использования электрической энергии, генерируемой с постоянными параметрами, необходимы преобразователи электрической энергии между источником и потребителем. Силовая электроника широко применяется в энергетике и энергосбережении, транспортном машиностроении, военной технике и других областях.

Силовая электроника начала развиваться с появлением первых силовых полупроводниковых устройств, кремниевых силовых полупроводниковых приборов. Ранее в промышленности в силовых цепях применялись ртутные выпрямители, но в ограниченных количествах.

Силовая электроника – стремительно развивающееся направление техники, целью которого является снижение масс и габаритов устройств питания электронной аппаратуры и электродвигателей. Сегодня уже

невозможно представить компьютер, видеокамеру, DVD-проигрыватель, телевизор без компактного и надежного импульсного источника питания.

К элементам силовой электроники относятся различные преобразователи напряжения, силы тока, частоты, полупроводниковые устройства: неуправляемые – диоды, управляемые – тиристоры и транзисторы, а также конденсаторы и преобразователи сопротивления. Диоды – полупроводниковые устройства, которые пропускают переменный ток только в одном направлении и позволяют преобразовать переменный ток в постоянный или однонаправленный. Тиристоры могут работать в цепи питания как электронные выключатели, отпирая или запирая цепь при наличии на них напряжения от цепи управления.

В качестве примера

В радиоэлектронной аппаратуре часто применяются электронные выключатели, в которых включение и выключение питания осуществляется одной кнопкой с самовозвратом. В отличие от механических тумблеров, данный вид выключателей способен осуществлять дистанционное управление нагрузкой. Один из таких вариантов – схема электронного выключателя с применением транзисторного ключа с триггерным управлением (цифровой КМОП микросхемы K561TM2). Малоомощная тактовая кнопка с помощью триггера включает и выключает питание, поступающее с микросхемы на транзисторный ключ (сама тактовая кнопка представляет собой малогабаритный контактор). В коллекторной цепи транзистора включена обмотка электромагнитного реле, которое своими контактами коммутирует нагрузку мощностью, соответствующей параметрам реле. Конденсатор С1 снижает **дребезг контактов**. Светодиод индицирует о протекании тока через транзисторный ключ. Достоинство схемы – практически нулевое потребление тока в выключенном состоянии.

Дребезг контактов – явление, возникающее в электрических и электронных переключателях, при котором они вместо некоторого стабильного переключения производят случайные многократные неконтролируемые замыкания и размыкания контактов (происходит в момент переключения, приблизительно в течение 40-100 мс). Другими словами, если значение непрерывного сигнала на входе кнопок и переключателей оказывается между значениями, переводящими переключатель в одно из дискретных состояний, то за счёт наличия «полосы неопределённости» входного сигнала (вызванного неидеальностью его источника, приёмника, а также наличием теплового шума) на выходе будут наблюдаться колебания, называемые дребезгом.

Из-за дребезга непосредственная подача сигналов на входы микросхем от кнопок и переключателей не всегда допустима. Дребезг вызывает сбои в работе устройств, а также может привести к порче электронных и электрических компонентов. Досрочно выводит из строя

элементы с ограниченным ресурсом по числу циклов включения / выключения.

Урок 2. Как работает радио

Понятие *радио* в русском языке имеет широкое значение, прежде всего оно ассоциируется с устройством, принимающим какую-то информацию, т. е. приемником. Далее за этим стоит все то, что так или иначе имеет отношение к радио – радиостанция, радиоприемник, радиопередатчик, радиосвязь и другое.

Радиостанция – это электронное устройство, предназначенное для передачи и приема радиоволн. Обычно бывают приемопередающими и состоят из передатчика и приемника. Работа р/с основана на приеме и передаче радиоволн, которые представляют собой электромагнитное излучение, имеющее определенную частоту, на которую в закодированной форме накладывается полезная информация.

В учебнике описан простейший пример получения электромагнитного излучения с использованием электрической цепи с питанием от батарейки. Известно, что при прохождении электрического тока через проводник вокруг него образуется магнитное поле. Если мы прерываем цепь, т. е. отключаем источник питания (батарейку), то в момент прерывания – выключения / включения – создается электромагнитное излучение, которое может передаваться на расстояние. На этом основана работа радиосредств.

Радиостанция состоит из передатчика, приемника, антенны, источника питания, микрофона и телефона (или конечного аудиоустройства – наушников или динамика). Приемник состоит из устройства настройки, детектора или демодулятора, усилителя и наушников / динамика (см. рис. 3). В передатчике имеется микрофон, устройство настройки, генератор колебаний, модулятор, усилитель. Поскольку приемник и передатчик размещаются в одном корпусе, то они используют общую антенну, устройство настройки и источник питания.

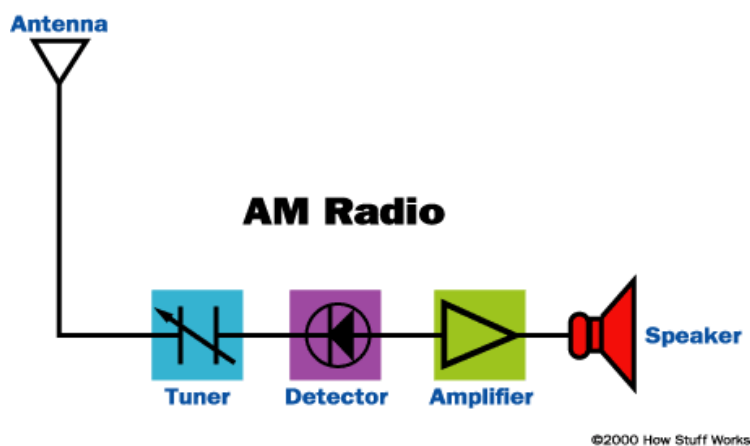


Рисунок 3. Принципиальная схема радиоприемника

Разберем, как работает каждый из этих элементов.

Антенна выполняет роль проводника и обеспечивает прием и передачу радиоволн. При приеме, проходя через антенну, радиоволны преобразуются в электромагнитные колебания, которые трансформируются в генераторе колебаний в электрический ток, затем этот принятый сигнал усиливается и поступает на демодулятор, где выделяется полезная информация из несущей волны. Эта полезная информация в виде электрического сигнала поступает в конечное аудиоустройство – телефон, наушники или динамик, где преобразуется в звуковой сигнал.

При передаче информации происходит обратный процесс. С помощью микрофона звуковая информация преобразуется в электрический сигнал, который усиливается и в модуляторе накладывается на электромагнитную несущую волну, произведенную генератором колебаний, и затем излучается в воздушное пространство через антенну.

При радиотелефонной связи колебания давления воздуха в звуковой волне превращаются с помощью микрофона в электрические колебания той же формы. Казалось бы, если эти колебания усилить и подать в антенну, то можно будет передавать на расстояние речь и музыку с помощью электромагнитных волн. Однако в действительности такой способ передачи неосуществим. Дело в том, что колебания новой частоты представляют собой сравнительно медленные колебания, а электромагнитные волны низкой (звуковой) частоты почти совсем не излучаются и не распространяются в пространстве. Для преодоления этого препятствия были разработаны **модуляция** и **детектирование**. Рассмотрим их подробнее.

Модулирование электромагнитной волны происходит в модуляторе, где колебания низкой (звуковой) частоты накладываются на высокочастотную несущую волну для последующего излучения в воздушное пространство. Модулирование может осуществляться путем изменения амплитуды колебаний (амплитудная модуляция), частоты (частотная модуляция и импульсная модуляция).

В приемнике из модулированных колебаний высокой частоты выделяются низкочастотные колебания. Такой процесс преобразования сигнала называют **детектированием**. Полученный в результате детектирования сигнал соответствует тому звуковому сигналу, который действовал на микрофон передатчика. После усиления колебания низкой частоты могут быть превращены в звук. Принятый приемником модулированный высокочастотный сигнал даже после усиления не способен непосредственно вызвать колебания мембраны телефона или рупора громкоговорителя со звуковой частотой. Он может вызвать только

высокочастотные колебания, не воспринимаемые нашим ухом. Поэтому в приемнике необходимо сначала из высокочастотных модулированных колебаний выделить сигнал звуковой частоты. *Детектирование* осуществляется устройством, содержащим элемент с односторонней проводимостью – детектор. Таким элементом может быть электронная лампа (вакуумный диод) или полупроводниковый диод.

Расстояние передачи и приема радиоволн будет зависеть от мощности передатчика и чувствительности приемника.

Устройство блютуз

Bluetooth или **блютуз** – производственная спецификация беспроводных персональных сетей (англ. *wireless personal area network, WPAN*). *Bluetooth* обеспечивает обмен информацией между такими устройствами, как персональные компьютеры (настольные, карманные, ноутбуки), мобильные телефоны, принтеры, цифровые фотоаппараты, мыши, клавиатуры, джойстики, наушники, гарнитуры на надёжной, бесплатной, повсеместно доступной радиочастоте для ближней связи. *Bluetooth* позволяет этим устройствам общаться, когда они находятся на расстоянии до 100 метров друг от друга (дальность сильно зависит от преград и помех), даже в разных помещениях.

Урок 3. Радиолокационная станция

Радиолокационная станция (РЛС), радар (от англ. *radar – radio detection and ranging* – радиообнаружение и определение расстояния (дальнометрия)) – электронная система для обнаружения воздушных, морских и наземных объектов, а также для определения их дальности, скорости, направления движения и др. параметров.

Существует целый ряд классификаций РЛС:

- 1) *по сфере применения*: военные и гражданские;
- 2) *по назначению*: обнаружения, управления и слежения, обзора обстановки, метеорологические, целеуказания и другие;
- 3) *по месту установки*: морские, береговые / наземные, бортовые и мобильные;
- 4) *по типу действия*: пассивные или первичные, активные или вторичные;
- 5) *по методу действия*: надгоризонтные и загоризонтные;
- 6) *по диапазону волн*: метровые, дециметровые сантиметровые и миллиметровые.

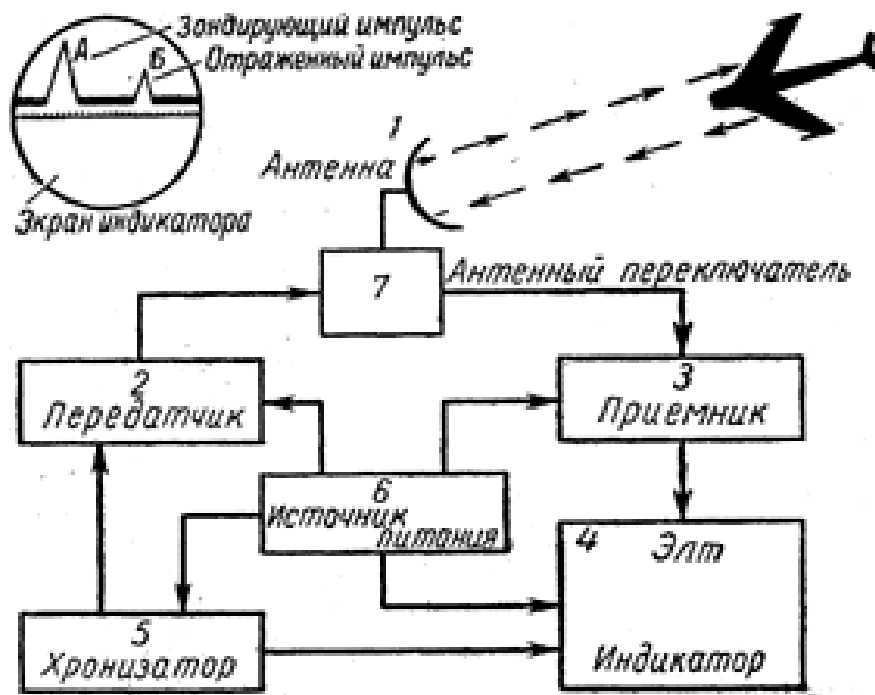


Рисунок 4. Принципиальная схема РЛС

Простейшая РЛС состоит из следующих основных элементов: антенны, передатчика, приемника, индикатора, синхронизатора, источника питания и антенного переключателя (см. рис. 4).

Принцип работы РЛС

Принцип определения дистанции до объекта с помощью РЛС основан на отражении электромагнитной волны от препятствия на пути ее распространения. Волны распространяются прямолинейно со скоростью света (300 000 км/сек). РЛС посылает в пространство серию мощных электромагнитных импульсов. Встретив на своем пути какой-либо объект, электромагнитные волны отражаются и возвращаются обратно на станцию. Приемник РЛС принимает отраженный сигнал (радиоэхо). Сила этого сигнала зависит от особенностей объекта: формы его поверхности, материала, размеров и угла попадания волн. Дистанция до объекта определяется по времени запаздывания отраженного сигнала относительно излученного станцией. Т. к. скорость распространения волн равна скорости света и остается постоянной, то время прохождения сигнала от РЛС до объекта и обратно очень мало и составляет миллионные доли секунды. Зная время и скорость, можно рассчитать расстояние до объекта, а по углу поворота направленной антенны определяется направление на объект (цель).

Необходимо пояснить разницу между объектом и целью. Цель – военный термин, означает объект, который потенциально подлежит уничтожению, поражению или подавлению.

При определении дальности до объекта элементы схемы РЛС работают следующим образом. Передатчик через направленную антенну излучает мощный кратковременный импульс электромагнитных колебаний ультравысокой частоты (400-600 Гц). В момент излучения на экране индикатора появляется отметка А начального (зондирующего) импульса. Излученный импульс достигает объекта и, отразившись от него, возвращается на станцию. В это время электронный луч на экране индикатора, сделав начальную отметку, движется горизонтально по экрану слева направо со скоростью, пропорциональной скорости движения электромагнитного импульса в пространстве. Он оставляет светящийся след на пути своего движения на экране, называемый разверткой. Синхронизатор задает ритм работы всей станции, создавая импульсы электрического напряжения, которые периодически повторяются. Эти импульсы подаются на все основные узлы станции и заставляют их работать согласованно друг с другом. Они включают передатчик, определяют время работы приемника, управляют работой индикатора, и поэтому их называют управляющими в отличие от тех, которые излучаются в пространство. После излучения импульса антенна с помощью антенного переключателя отключается от выхода передатчика и подключается на вход приемника. Когда отраженный от объекта сигнал возвращается к антенне РЛС, он принимается и усиливается в приемнике, а поступив на индикатор, создает на экране светящийся выброс (отметку Б).

По завершении пояснений о РЛС и принципах ее работы можно поинтересоваться у студентов: в чем же состоит отличие между радиостанцией и РЛС. Электромагнитный импульс РЛС не несет никакой полезной информации, а служит инструментом для ее получения.

Урок 4. Полицейский радар и антирадар

Материал урока представляет собой повторение предшествующего занятия по РЛС и предоставляет информацию об одной из возможных областей практического применения электронных радиолокационных средств.

Предложите студентам выполнить перевод материала урока самостоятельно с минимальными пояснениями со стороны преподавателя. В ходе последующего занятия после проверки и отработки текста можно обсудить вопрос о практическом применении различных электронных средств для обеспечения безопасности на автодорогах.

Глава 6 ХИМИЯ

Урок 1. Периодическая таблица химических элементов

При рассмотрении материалов данной темы необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

- а) названия, общие характеристики и свойства основных химических элементов;
- б) определения физических и химических понятий;
- в) химические превращения, химические формулы и варианты их чтения на английском языке;
- г) органическая химия (углеводороды).

Знания терминологии по этим вопросам потребуются при изучении следующих тем: «Нефтепереработка» и «Атомная энергетика».

Периодическая таблица химических элементов разработана великим русским ученым-химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым в 1869 году. В ее основе лежит закон периодичности: «Свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда их атомных ядер». Элементы, расположенные по возрастанию заряда ядра, образуют 7 периодов.

- в 1-м периоде – 2 элемента;
- во 2-м и 3-м – по 8 элементов;
- в 4-м и 5-м – по 18 элементов;
- в 6-м – 32 элемента;
- в 7-м (на период создания таблицы) – 23 элемента

В настоящее время в 7-м и 8-м периодах насчитывается 39 химических элементов, относящихся к группам актиноидов и суперактиноидов. Сюда входят элементы, имеющие тяжелые ядра и по этой причине по своим свойствам являющиеся неустойчивыми. Большинство из них получены искусственным путем в ходе ядерных реакций и в природе не обнаружены.

Общее количество известных элементов составляет 126.

В периодах свойства элементов закономерно изменяются при переходе от щелочных металлов к благородным газам.

Вертикальные столбцы объединяют группы элементов, сходных по свойствам. Внутри группы свойства элементов (их химическая активность) также изменяются закономерно. Периодичность свойств обусловлена периодическим повторением конфигурации внешних электронных оболочек атомов.

Периодическая система Д.И. Менделеева стала важнейшей вехой в развитии атомно-молекулярного учения. Благодаря ей сложилось

современное понятие о химическом элементе, были уточнены представления о простых веществах и соединениях.

Прогнозирующая роль периодической системы, показанная ещё самим Менделеевым, в XX веке проявилась в оценке химических свойств трансурановых элементов.

Разработанная в XIX в. в рамках химии, периодическая таблица явилась готовой систематизацией типов атомов для новых разделов физики, получивших развитие в начале XX в. – физики атома и физики ядра. В ходе исследований атома методами физики было установлено, что порядковый номер элемента в таблице Менделеева (атомный номер) является мерой электрического заряда атомного ядра этого элемента, номер горизонтального ряда (периода) в таблице определяет число электронных оболочек атома, а номер вертикального ряда – квантовую структуру верхней оболочки, чему элементы этого ряда и обязаны сходством химических свойств.

Появление периодической системы открыло новую, подлинно научную эру в истории химии и ряде смежных наук. Взамен разрозненных сведений об элементах и соединениях появилась стройная система, на основе которой стало возможно обобщать, делать выводы, предвидеть.

Урок 2. Строение атома

Атом (от греческого *atomos* – неделимый) – одноядерная химически неделимая частица химического элемента, носитель свойства вещества. Из атомов состоят вещества. Сам атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженного электронного облака. В целом атом электронейтрален. Размер атома полностью определяется размером его электронного облака, поскольку размер ядра ничтожно мал по сравнению с размером электронного облака. Ядро состоит из Z положительно заряженных протонов (заряд протона соответствует +1 в условных единицах) и N нейтронов, которые не несут на себе заряда (протоны и нейтроны называют нуклонами). Таким образом, заряд ядра определяется только количеством протонов и равен порядковому номеру элемента в таблице Менделеева. Положительный заряд ядра компенсируется отрицательно заряженными электронами (заряд электрона –1 в условных единицах), которые формируют электронное облако. Таким образом количество электронов равно количеству протонов. Массы протонов и нейтронов равны (соответственно 1 и 1 а. е. м.). Масса атома определяется массой его ядра, поскольку масса электрона примерно в 1850 раз меньше массы протона и нейтрона и в расчетах редко учитывается. Количество нейтронов можно узнать по разности между массой атома и количеством протонов ($N = A - Z$). Вид атомов какого-либо химического элемента с

ядром, состоящим из строго определённого числа протонов (Z) и нейтронов (N), называется *нуклидом*.

В электронной оболочке любого атома ровно столько электронов, сколько протонов в его ядре, поэтому атом в целом электронейтрален. Электроны в атоме заселяют ближайшие к ядру уровни и подуровни, потому что в этом случае их энергия меньше, чем если бы они заселяли более удаленные уровни. На каждом уровне и подуровне может помещаться только определенное количество электронов.

Подуровни, в свою очередь, состоят из одинаковых по энергии *орбиталей*. Образно говоря, если электронное облако атома сравнить с городом или улицей, где «живут» все электроны данного атома, то уровень можно сравнить с домом, подуровень – с квартирой, а орбиталь – с комнатой для электронов. Все орбитали какого-нибудь подуровня имеют одинаковую энергию. На s -подуровне всего одна «комната»-орбиталь. На p -подуровне три орбитали, на d -подуровне пять, а на f -подуровне – целых семь орбиталей. В каждой «комнате»-орбитали могут «жить» один или два электрона. Запрещение электронам находиться более чем по двое на одной орбитали называют *запретом Паули* – по имени ученого, который выяснил эту важную особенность строения атома. Каждый электрон в атоме имеет свой «адрес», который записывается набором четырех чисел, называемых «квантовыми». Здесь мы упомянем лишь о главном квантовом числе n , которое в «адресе» электрона указывает номер уровня, на котором тот существует.

Уроки 3 и 4. Химическая активность элементов

Типы химических реакций

Химическая активность элемента определяется способностью его атомов терять или приобретать электроны.

Химическая активность элементов зависит не только от числа электронов на внешних энергетических уровнях атомов, но и от размеров атомов, формы электронных облаков, электронной плотности и степени симметрии расположения этих облаков.

Элементы находятся в устойчивом состоянии, если их внешняя электронная оболочка заполнена электронами полностью. Такие элементы называются инертными (от лат. *inertia* – неподвижность, бездеятельность), то есть их нельзя вовлечь во взаимодействие с другими элементами. В противоположность им элементы, у которых на внешней электронной оболочке недостает до восьми одного-двух электронов, чрезвычайно химически активны, они охотно вступают в химические реакции, чтобы заполнить внешний электронный слой.

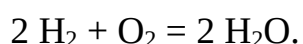
Химическая реакция – превращение одного или нескольких исходных веществ (реагентов) в отличающиеся от них по химическому составу или строению вещества (продукты реакции). В отличие от ядерных реакций, при химических реакциях ядра атомов не меняются, в частности не изменяется их общее число, изотопный состав химических элементов, при этом происходит перераспределение электронов и ядер и образуются новые химические вещества.

Химические реакции происходят при смешении или физическом контакте реагентов самопроизвольно, при нагревании, участии катализаторов (катализ), действии света (фотохимические реакции), электрического тока (электродные процессы), ионизирующих излучений (радиационно-химические реакции), механического воздействия (механохимические реакции).

По изменению степеней окисления реагентов выделяют:

- окислительно-восстановительные реакции, в которых атомы одного элемента (окислителя) *восстанавливаются*, то есть **понижают свою степень окисления**, а атомы другого элемента (восстановителя) *окисляются*, то есть **повышают свою степень окисления**. Частным случаем окислительно-восстановительных реакций являются реакции диспропорционирования, в которых окислителем и восстановителем являются атомы одного и того же элемента, находящиеся в разных степенях окисления.

Пример окислительно-восстановительной реакции – горение водорода (восстановитель) в кислороде (окислитель) с образованием воды:



По тепловому эффекту выделяют:

- химические реакции сопровождающиеся выделением или поглощением энергии. При разрыве химических связей в реагентах выделяется энергия, которая в основном идёт на образование новых химических связей. В некоторых реакциях энергии этих процессов близки, и в таком случае общий тепловой эффект реакции приближается к нулю. В остальных случаях можно выделить:

- экзотермические реакции, которые идут с **выделением тепла** (положительный тепловой эффект), например указанное выше горение водорода;

- эндотермические реакции, в ходе которых **тепло поглощается** из окружающей среды (отрицательный тепловой эффект).

Тепловой эффект реакции (энтальпию реакции, $\Delta_r H$), часто имеющий очень важное значение, можно вычислить по закону Гесса, если известны энтальпии образования реагентов и продуктов. Когда сумма энтальпий

продуктов меньше суммы энтальпий реагентов ($\Delta_r H < 0$), наблюдается **выделение тепла**, в противном случае ($\Delta_r H > 0$) – **поглощение**.

По типу превращений реагирующих частиц различают реакции:

- соединения: $2\text{Cu} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO}$;
- разложения: $2\text{HgO} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2 \uparrow$;
- замещения: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$;
- обмена (тип реакции – нейтрализация): $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Химические реакции всегда сопровождаются физическими эффектами: поглощением или выделением энергии, изменением окраски реакционной смеси и др. Именно по этим физическим эффектам часто судят о протекании химических реакций.

Химические процессы, протекающие в веществе, отличаются и от физических процессов, и от ядерных превращений. В физических процессах каждое из участвующих веществ сохраняет неизменным свой состав (хотя вещества могут образовывать смеси), но могут изменять внешнюю форму или агрегатное состояние.

В химических процессах (химических реакциях) получают новые вещества с отличными от реагентов свойствами, но никогда не образуются атомы новых элементов. В атомах же участвующих в реакции элементов обязательно происходят видоизменения электронной оболочки.

С помощью химических реакций можно получать практически любые вещества, которые в природе находятся в ограниченных количествах, например азотные удобрения, синтетические лекарственные препараты, полиэтилен и другие пластмассы.

Химия позволяет синтезировать новые, неизвестные природе вещества, необходимые для жизнедеятельности человека. Вместе с тем неумелое или безответственное химическое воздействие на окружающую среду и на протекающие природные процессы может привести к нарушению установившихся естественных химических циклов, что делает актуальной экологическую проблему (загрязнение окружающей среды) и усложняет задачу рационального использования природных ресурсов и сохранения естественной среды обитания на Земле.

Урок 5. Углеводороды

Углеводороды – самые простые органические соединения, состоящие из углерода и водорода. В зависимости от характера углеродных связей и соотношения между количеством атомов углерода и водорода они делятся на предельные (насыщенные) и непредельные (ненасыщенные) с одной или несколькими кратными связями. В зависимости от строения углеродной цепи углеводороды относятся к соединениям с открытой (незамкнутой) и с замкнутой углеродной цепью, т. е. к циклическим соединениям. Среди циклических углеводородов

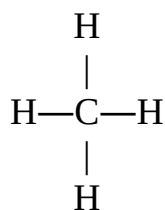
особую группу составляют ароматические углеводороды, отличающиеся рядом специфических свойств (см. рис. 5).



Рисунок 5. Типология углеводородов

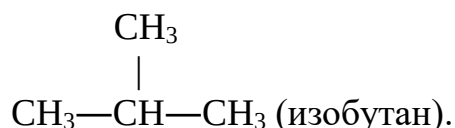
Алканы (парафины)

К предельным углеводородам – алканам (парафинам) относятся соединения с открытой цепью, в которых атомы углерода соединены друг с другом простыми (одинарными) связями, а остальные свободные их валентности насыщены атомами водорода. В обычных условиях алканы малореакционноспособны, откуда возникло их название «парафины» – от лат. *parrum affinis* – малоактивный. Члены гомологического ряда предельных углеводородов отвечают общей формуле C_nH_{2n+2} . Простейшим представителем насыщенных углеводородов является метан, структурная формула которого



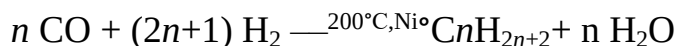
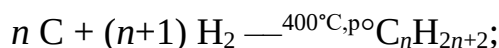
Первые три члена гомологического ряда алканов – метан, этан, пропан – не имеют изомеров. Четвертый член – бутан C_4H_{10} отличается тем, что имеет два изомера: нормальный бутан с неразветвленной углеродной цепью и изобутан с разветвленной цепью:





Вид изомерии, при которой вещества отличаются друг от друга порядком связи атомов в молекуле, называется структурной изомерией или изомерией углеродного скелета. Число изомеров возрастает с увеличением в молекуле углеводорода числа углеродных атомов. Так, у пентана их 3, у гексана – 5, у гептана – 9, у октана – 18, нонана – 35, а у декана $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ – уже 75.

Предельные углеводороды от C_1 до C_{11} выделяют фракционной перегонкой нефти, природного газа или смесей углеводородов, получаемых гидрированием угля. Реакции гидрирования угля под давлением, гидрирования окиси или двуокиси углерода в присутствии катализаторов (железо, кобальт, никель) при повышенной температуре имеет важное самостоятельное значение для получения предельных углеводородов:



Алканы получают гидрированием непредельных или циклических углеводородов в присутствии катализаторов (платины, палладия, никеля).

Физические свойства. В обычных условиях первые четыре члена гомологического ряда алканов – газы, C_5 – C_{17} – жидкости, а начиная с C_{18} – твердые вещества. Температуры плавления и кипения алканов, их плотности увеличиваются с ростом молекулярной массы (см. табл. 1). Все алканы легче воды, в ней не растворимы, однако растворимы в неполярных растворителях (например, в бензоле) и сами являются хорошими растворителями.

Таблица 1

Алканы

Название	Формула	$t^\circ_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	$t^\circ_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	d_4^{20*}
Метан	CH_4	–182,5	–161,5	0,415 (при –164 °C)
Этан	C_2H_6	–182,8	–88,6	0,561 (при –100 °C)
Пропан	C_3H_8	–187,6	–42,1	0,583 (при –44,5 °C)

* Здесь и далее в таблицах физических свойств веществ d_4^{20} – плотность. Приводится относительная плотность, т. е. отношение плотности вещества при 20 °C к плотности воды при 4 °C.

Бутан	C_4H_{10}	-138,3	-0,5	0,500 (при 0 °C)
Изобутан	$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$	-159,4	-11,7	0,563
Пентан	C_5H_{12}	-129,7	36,07	0,626
Изопентан	$(CH_3)_2CH-CH_2-CH_3$	-159,9	27,9	0,620
Неопентан	$CH_3-C(CH_3)_3$	-16,6	9,5	0,613

Химические свойства. Предельные углеводороды в обычных условиях не взаимодействуют ни с концентрированными кислотами, ни с щелочами, ни даже с таким активным реагентом, как перманганат калия. Для них свойственны реакции замещения водородных атомов и расщепления. Эти реакции вследствие прочности связей С-С и С-Н протекают или при нагревании, или на свету, или с применением катализаторов.

Применение. Первый в ряду алканов – метан – является основным компонентом природных и попутных газов и широко используется в качестве промышленного и бытового газа. Перерабатывается в промышленности в ацетилен, газовую сажу, фторо- и хлоропроизводные. Низшие члены гомологического ряда используются для получения соответствующих непредельных соединений реакцией дегидрирования. Смесь пропана и бутана используется в качестве бытового топлива. Средние члены гомологического ряда применяются как растворители и моторные топлива. Высшие алканы используются для производства высших жирных кислот, синтетических жиров, смазочных масел и т. д.

Циклоалканы (циклопарафины)

В отличие от предельных углеводородов, характеризующихся наличием открытых углеродных цепей, существуют углеводороды с замкнутыми цепями (циклами). По своим свойствам они напоминают обычные предельные углеводороды алканы (парафины), отсюда и произошло их название – циклоалканы (циклопарафины). Общая формула гомологического ряда циклоалканов C_nH_{2n} , то есть циклоалканы изомерны этиленовым углеводородам. Представителями этого ряда соединений являются циклопропан, циклобутан, циклопентан, циклогексан.

Физические свойства. Циклоалканы имеют более высокие температуры плавления, кипения и большую плотность, чем соответствующие алканы. При одинаковом составе температура кипения циклопарафина тем выше, чем больше размер цикла. Циклоалканы в воде практически не растворимы, однако растворимы в органических растворителях.

Химические свойства циклопарафинов зависят от числа атомов углерода, составляющих цикл. Низшие циклоалканы (циклопропан и циклобутан) ведут себя как ненасыщенные углеводороды, они способны вступать в реакции присоединения. Циклоалканы с большим количеством углеродных атомов в цикле ведут себя как алканы, для них характерны реакции замещения.

Применение. Наибольшее практическое значение имеют циклогексан, этилциклогексан. Циклогексан используется для получения циклогексанола, циклогексанона, адипиновой кислоты, капролактама, а также в качестве растворителя. Циклопропан используется в медицинской практике в качестве ингаляционного анестезирующего средства.

Алкены

Алкенами, или олефинами, или этиленовыми углеводородами называются углеводороды, содержащие в молекуле одну двойную связь и имеющие общую формулу C_nH_{2n} .

Изомерия

Помимо изомерии, связанной со строением углеродной цепи, в ряду олефинов наблюдается изомерия положения двойной связи. Кроме того, у олефинов имеет место пространственная (геометрическая) или цис-транс-изомерия.

Получение. Основным промышленным источником получения первых четырех членов ряда алкенов (этилена, пропилена, бутиленов и пентиленов) являются газы крекинга и пиролиза нефтепродуктов, а также газы коксования угля (этилен, пропилен). Газы крекинга и пиролиза нефтепродуктов содержат от 15 до 30 % олефинов. Так, крекинг бутана при 600 °С приводит к смеси водорода, метана, этана и олефинов – этилена, пропилена, псевдобутилена (бутена-2) с соотношением олефинов $\approx 3,5 : 5 : 1,5$ соответственно.

Все более значительные количества алкенов получают дегидрогенизацией алканов при повышенной температуре с катализатором.

Физические свойства. По физическим свойствам этиленовые углеводороды близки к алканам. При нормальных условиях углеводороды C_2-C_4 – газы, C_5-C_{17} – жидкости, высшие представители – твердые вещества. Температура их плавления и кипения, а также плотность увеличиваются с ростом молекулярной массы. Все олефины легче воды, плохо растворимы в ней, однако растворимы в органических растворителях.

Применение. Алкены широко используются в промышленности в качестве исходных веществ для получения растворителей (спирты, дихлорэтан, эфиры гликолей и пр.), полимеров (полиэтилен,

поливинилхлорид, полиизобутилен и др.), а также многих других важнейших продуктов.

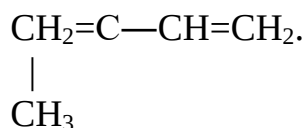
Диеновые углеводороды (алкадиены)

Диеновые углеводороды или алкадиены – это непредельные углеводороды, содержащие две двойные углерод-углеродные связи. Общая формула алкадиенов C_nH_{2n-2} . В зависимости от взаимного расположения двойных связей диены подразделяются на три типа:

1) углеводороды с кумулированными двойными связями, т. е. примыкающими к одному атому углерода: например, пропадиен или аллен $CH_2=C=CH_2$;

2) углеводороды с изолированными двойными связями, т. е. двойными связями, разделенными двумя и более простыми связями: например, пентадиен-1,4 $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$;

3) углеводороды с сопряженными двойными связями, т. е. двойными связями, разделенными одной простой связью: например, бутадиен-1,3, или дивинил $CH_2=CH-CH=CH_2$, 2-метилбутадиен-1,3, или изопрен



Наибольший интерес представляют углеводороды с сопряженными двойными связями.

Получение. Углеводороды с сопряженными двойными связями получают:

1) дегидрированием алканов, содержащихся в природном газе и газах нефтепереработки, при пропускании их над нагретым катализатором;
2) дегидрированием и дегидратацией этилового спирта при пропускании паров спирта над нагретыми катализаторами.

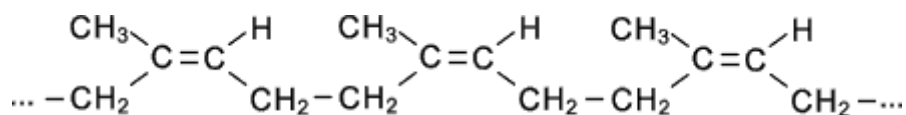
Физические свойства. Бутадиен-1,3 – легко сжижающийся газ с неприятным запахом, $t_{пл.}^{\circ} = -108,9^{\circ}C$, $t_{кип.}^{\circ} = -4,5^{\circ}C$; растворяется в эфире, бензоле, не растворяется в воде. 2-метилбутадиен-1,3 – летучая жидкость, $t_{пл.}^{\circ} = -146^{\circ}C$, $t_{кип.}^{\circ} = 34,1^{\circ}C$; растворяется в большинстве углеводородных растворителей, эфире, спирте, не растворяется в воде.

Химические свойства. Атомы углерода в молекуле бутадиена-1,3 находятся в sp^2 -гибридном состоянии, что означает расположение этих атомов в одной плоскости и наличие у каждого из них одной p -орбитали, занятой одним электроном и расположенной перпендикулярно к упомянутой плоскости.

Натуральный и синтетический каучуки

Натуральный каучук получают из млечного сока (латекса) каучуконосного дерева гевеи, растущего в тропических лесах Бразилии.

При нагревании без доступа воздуха каучук распадается с образованием диенового углеводорода – 2-метилбутадиена-1,3, или изопрена. Каучук – это стереорегулярный полимер, в котором молекулы изопрена соединены друг с другом по схеме 1,4-присоединения с *цис*-конфигурацией полимерной цепи:



Натуральный каучук обладает уникальным комплексом свойств: высокой текучестью, устойчивостью к износу, клейкостью, водо- и газонепроницаемостью. Для придания каучуку необходимых физико-механических свойств: прочности, эластичности, стойкости к действию растворителей и агрессивных химических сред – каучук подвергают вулканизации нагреванием до 130-140 °С с серой.

Атомы серы присоединяются по месту разрыва некоторых двойных связей, и линейные молекулы каучука «сшиваются» в более крупные трехмерные молекулы – получается резина, которая по прочности значительно превосходит невулканизированный каучук. Наполненные активной сажей каучуки в виде резин используют для изготовления автомобильных шин и других резиновых изделий.

В 1932 году С.В. Лебедев разработал способ синтеза синтетического каучука на основе бутадиена, получаемого из спирта. И лишь в пятидесятые годы отечественные ученые осуществили каталитическую стереополимеризацию диеновых углеводородов и получили стереорегулярный каучук, близкий по свойствам к натуральному каучуку. В настоящее время в промышленности выпускают каучук, в котором содержание звеньев изопрена, соединенных в положении 1,4, достигает 99 %, тогда как в натуральном каучуке они составляют 98 %. Кроме того, в промышленности получают синтетические каучуки на основе других мономеров – например, изобутилена, хлоропрена, и натуральный каучук утратил свое монопольное положение.

Глава 7 НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

Урок 1. НПЗ

Нефтеперерабатывающий завод – промышленное предприятие, основной функцией которого является переработка нефти в бензин, авиационный керосин, мазут, дизельное топливо, смазочные масла, смазки, битумы, нефтяной кокс, сырьё для нефтехимии. Непрерывный

производственный цикл НПЗ обычно состоит из подготовки сырья, первичной перегонки нефти и вторичной переработки нефтяных фракций: каталитического крекинга, каталитического риформинга, коксования, висбрекинга, гидрокрекинга, гидроочистки и смешения компонентов готовых нефтепродуктов.

Подготовка сырья. Сначала производится обезвоживание и обессоливание нефти на специальных установках для выделения солей и других примесей, вызывающих коррозию аппаратуры, замедляющих крекинг и снижающих качество продуктов переработки. В нефти остаётся не более 3-4 мг/л солей и около 0,1 % воды. Затем нефть поступает на первичную перегонку.

Первичная переработка – перегонка. Жидкие углеводороды нефти имеют различную температуру кипения. На этом свойстве основана перегонка. При нагреве в ректификационной колонне до 350 °С из нефти последовательно с ростом температуры выделяются различные фракции. Нефть на первых НПЗ перегоняли на следующие фракции: прямогонный бензин (он выкипает в интервале температур 28-180 °С), реактивное топливо (180-240 °С) и дизельное топливо (240-350 °С). Остатком перегонки нефти был мазут. До конца XIX века его выбрасывали как отходы производства. Для перегонки нефти обычно используют пять ректификационных колонн, в которых последовательно выделяются различные нефтепродукты. Выход бензина при первичной перегонке нефти незначителен, поэтому проводится её вторичная переработка для получения большего объема автомобильного топлива.

Вторичная переработка нефти проводится путём термического или химического каталитического расщепления продуктов первичной нефтеперегонки для получения большего количества бензиновых фракций, а также сырья для последующего получения ароматических углеводородов – бензола, толуола и других. Одна из самых распространенных технологий этого цикла – крекинг (англ. *cracking* – расщепление).

В 1891 году инженеры В.Г. Шухов и С.П. Гаврилов предложили первую в мире промышленную установку для непрерывной реализации термического крекинг-процесса: трубчатый реактор непрерывного действия, где по трубам осуществляется принудительная циркуляция мазута или другого тяжелого нефтяного сырья, а в межтрубное пространство подаются нагретые топочные газы. Выход светлых составляющих при крекинг-процессе, из которых затем можно приготовить бензин, керосин, дизельное топливо, составляет от 40-45 до 55-60 %. Крекинг-процесс позволяет производить из мазута компоненты для производства смазочных масел.

Каталитический крекинг был открыт в 30-е годы XX века. Катализатор отбирает из сырья и сорбирует на себе прежде всего те

молекулы, которые способны достаточно легко дегидрироваться (отдавать водород). Образующиеся при этом непредельные углеводороды, обладая повышенной адсорбционной способностью, вступают в связь с активными центрами катализатора. Происходит полимеризация углеводородов, появляются смолы и кокс. Высвобождающийся водород принимает активное участие в реакциях гидрокрекинга, изомеризации и др. Продукт крекинга обогащается легкими высококачественными углеводородами и в результате получается широкая бензиновая фракция и фракции дизельного топлива, относящиеся к светлым нефтепродуктам. В итоге получают углеводородные газы (20 %), бензиновая фракция (50 %), дизельная фракция (20 %), тяжелый газойль и кокс.

Гидроочистку осуществляют на гидрирующих катализаторах с использованием алюминиевых, кобальтовых и молибденовых соединений. Это один из наиболее важных процессов в нефтепереработке, задача которого – очистка бензиновых, керосиновых и дизельных фракций, а также вакуумного газойля от сернистых, азотсодержащих, смолистых соединений и кислорода. На установки гидроочистки могут подаваться дистилляты вторичного происхождения с установок крекинга или коксования, в таком случае идет также процесс гидрирования олефинов. Мощность существующих в РФ установок составляет от 600 до 3000 тыс. т в год. Водород, необходимый для реакций гидроочистки, поступает с установок каталитического риформинга либо производится на специальных установках.

Сырьё смешивается с водородсодержащим газом концентрацией 85-95 % об., поступающим с циркуляционных компрессоров, поддерживающих давление в системе. Полученная смесь нагревается в печи до 280-340 °С, в зависимости от сырья, затем поступает в реактор. Реакция идет на катализаторах, содержащих никель, кобальт или молибден под давлением до 50 атм. В таких условиях происходит разрушение сернистых и азотсодержащих соединений с образованием сероводорода и аммиака, а также насыщение олефинов. В процессе за счет термического разложения образуется незначительное (1,5-2 %) количество низкооктанового бензина, а при гидроочистке вакуумного газойля также образуется 6-8 % дизельной фракции. В очищенной дизельной фракции содержание серы может снизиться с 1,0 % до 0,005 % и ниже. Газы процесса подвергаются очистке с целью извлечения сероводорода, который поступает на производство элементарной серы или серной кислоты.

Формирование готовой продукции. Бензин, керосин, дизельное топливо и технические масла подразделяются на различные марки в зависимости от химического состава. Завершающей стадией производства НПЗ является смешение полученных компонентов для получения готовой

продукции требуемого состава. Также этот процесс называется компаундирование или блендинг.

Урок 2. Нефтепродукты

Бензины – легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (при отсутствии специальных добавок) жидкости, имеющие плотность 700-780 кг/м³. Бензины имеют высокую летучесть и температуру вспышки в пределах 20-40 градусов по Цельсию. Температура кипения бензинов находится в интервале от 30 до 200 °С. Температура застывания – ниже минус 60 градусов. При сгорании бензинов образуются вода и углекислый газ. При концентрациях паров бензина в воздухе 70-120 г/м³ образуются взрывчатые смеси. Автомобильные бензины в силу своих физико-химических характеристик должны обладать следующими свойствами.

- Однородность смеси.
- Плотность топлива при +20 °С должна составлять 690-750 кг/м³;
- Небольшая вязкость – с ее увеличением затрудняется протекание топлива через жиклеры, что ведет к обеднению смеси. Вязкость в значительной степени зависит от температуры. При изменении температуры от +40 до –40 °С расход бензина через жиклер меняется на 20-30 %.

- Испаряемость – способность переходить из жидкого состояния в газообразное. Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечивались легкий пуск двигателя (особенно зимой), его быстрый прогрев, полное сгорание топлива, а также исключалось образование паровых пробок в топливной системе.

- Давление насыщенных паров – чем выше давление паров при испарении топлива в замкнутом пространстве, тем интенсивнее процесс их конденсации. Стандартом ограничивается верхний предел давления паров: летом – до 670 ГПа, зимой – от 670 до 930 ГПа. Бензины с более высоким давлением склонны к образованию паровых пробок, при их использовании снижается наполнение цилиндров и теряется мощность двигателя, увеличиваются потери от испарения при хранении в баках автомобилей и на складах.

- Низкотемпературные свойства – способность бензина выдерживать низкие температуры.

- Сгорание бензина. Под «сгоранием» применительно к автомобильным двигателям понимают быструю реакцию взаимодействия углеводородов топлива с кислородом воздуха с выделением значительного количества тепла. Температура паров при горении достигает 1500-2400 °С.

Октановое число. Для улучшения эксплуатационных свойств бензинов производители повышают их октановое число. Это достигается путем добавления к бензинам некоторых высокооктановых компонентов. Октановое число – показатель детонационных свойств моторного топлива.

Детонацией называют такой характер горения, при котором воспламенение горючей смеси происходит в нескольких точках цилиндра или по всему объему сразу.

Октановое число показывает устойчивость бензина к спонтанному возгоранию. Чем выше октановое число, тем больше устойчивость топлива к возгоранию. Если октановое число бензина равно 95, то это означает, что он детонирует как смесь 95 % изооктана и 5 % гептана. Изооктан – предельный углеводород с 8 атомами углерода, который особенно устойчив к детонации (самовозгоранию). Он принят за стандарт и его число составляет 100. Другой непредельный углеводород, гептан с 7 атомами углерода, легко воспламеняется и отнесен ко второму стандарту и его число принято за 0. Октановое число бензина после первичной перегонки нефти обычно не превышает 70. Поэтому для повышения качества низкосортных бензинов помимо *компаундирования* (компаундирование бензинов представляет собой процесс смешения составляющих веществ для получения конечного продукта) используют антидетонаторы (до 0,3 %).

Присадки – вещества, добавляемые (обычно в количествах 0,05-0,1 %) к топливам, минеральным и синтетическим маслам для улучшения их эксплуатационных свойств. К присадкам относятся антидетонаторы, антиокислители, ингибиторы коррозии и др.

В зависимости от октанового числа ГОСТ 2084-77 предусматривает пять марок автобензинов: **А-72, А-76, АИ-92, АИ-95 и АИ-98**. Для первых двух марок цифры указывают октановые числа, определяемые по моторному методу, для последних – по исследовательскому. В связи с увеличением доли легкового транспорта в общем объеме автомобильного парка наблюдается заметная тенденция снижения потребности в низкооктановых бензинах и увеличения потребления высокооктановых. Бензины А-72, А-76 (А-80) не вырабатывается ввиду отсутствия техники, эксплуатируемой на них.

Базовым компонентом для выработки автомобильных бензинов являются обычно бензины каталитического риформинга или каталитического крекинга. Бензины каталитического риформинга характеризуются низким содержанием серы, в их составе практически отсутствуют олефины, поэтому они высоко стабильны при хранении.

При производстве высокооктановых бензинов используются алкилбензин, изооктан, изопентан и толуол. Бензины АИ-95 и АИ-98 обычно получают с добавлением кислородсодержащих компонентов: метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) или его смеси с трет-бутанолом, получившей название фэтерол.

Для определения октанового числа бензина применяются исследовательский и моторный методы.

Испытание бензина **моторным методом** проводят следующим образом: вначале запускают двигатель на испытуемом бензине и доводят его при повышении нагрузки до возникновения детонации, которая фиксируется по шкале указателя детонации; затем переводят питание двигателя на эталонную смесь, имеющую октановое число, примерно на две единицы большее, чем у бензина. Если в фиксированном режиме нагрузки детонация не появится, двигатель переводят на другую смесь (с октановым числом, меньшим на две единицы) и вновь наблюдают за возникновением детонации. При ее появлении подсчитывают октановое число как среднее арифметическое октановых чисел двух взятых эталонных смесей. С целью большей достоверности указанное испытание проводят три раза.

Исследовательский метод испытания бензина по схеме проведения не отличается от моторного, различие заключается лишь в режиме нагрузки на двигатель в момент испытания: нагрузка устанавливается несколько меньшая, чем при моторном методе. В результате детонация возникает при использовании эталонных смесей с бóльшим содержанием изооктана, поэтому октановое число, получаемое исследовательским методом, будет на несколько единиц выше. Например, октановое число бензина А-76, определенное по моторному методу, соответствует бензину АИ-80.

Керосин (англ. *kerosene* от греч. *κηρός* – воск) – горючая смесь жидких углеводородов (от C_8 до C_{15}) с температурой кипения в интервале 150-250 °С, прозрачная, бесцветная (или слегка желтоватая), слегка маслянистая на ощупь, получаемая путём прямой перегонки или ректификации нефти.

Керосин применяют как реактивное топливо, горючий компонент жидкого ракетного топлива, горючее при обжиге стеклянных и фарфоровых изделий, для бытовых нагревательных и осветительных приборов, в аппаратах для резки металлов, как растворитель (например, для нанесения пестицидов), сырьё для нефтеперерабатывающей промышленности. Керосин может использоваться как заменитель зимнего и арктического дизтоплива для дизельных двигателей, однако необходимо добавить противоизносные и цетаноповышающие присадки; цетановое число керосина около 40.

Дизельное топливо (устар. соляр, разг. солярка, соляра) – жидкий продукт, использующийся как топливо в дизельном двигателе внутреннего сгорания. Обычно под этим термином понимают топливо, получающееся из керосиново-газойлевых фракций прямой перегонки нефти.

Название «солярка» происходит из немецкого *Solaröl* (солнечное масло) – так ещё в 1857 году называли более тяжёлую фракцию, образующуюся при перегонке нефти. Фракция названа так в связи с желтоватым цветом.

Летнее дизельное топливо. Плотность: не более 860 кг/м³. Температура вспышки: 55 °С. Температура застывания: –5 °С. Получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-360 °С. Рост температуры конца выкипания приводит к усиленному закоксовыванию форсунок и дымности.

Зимнее дизельное топливо. Плотность: не более 840 кг/м³. Температура вспышки: 55 °С. Температура застывания: –35 °С. Получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-340 °С. Также зимнее дизельное топливо получается из летнего дизельного топлива путём добавления депрессорной присадки, которая снижает температуру застывания топлива, однако слабо меняет температуру предельной фильтруемости. Кустарным способом в летнее дизельное топливо добавляют до 20 % керосина ТС-1 или КО, при этом эксплуатационные свойства практически не меняются.

Арктическое дизельное топливо. Плотность: не более 830 кг/м³. Температура вспышки: 25 °С. Температура застывания: –50 °С. Получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-320 °С. Пределы кипения арктического топлива примерно соответствуют пределам выкипания керосиновых фракций, поэтому данное топливо – по сути утяжеленный керосин. Однако чистый керосин имеет низкое цетановое число (35-40) и недостаточные смазывающие свойства (сильный износ ТНВД). Для устранения данных проблем в арктическое топливо добавляют цетаноповышающие присадки и минеральное моторное масло для улучшения смазывающих свойств. Более дорогой способ получения арктического дизельного топлива – депарафинизация летнего дизельного топлива.

Альтернативой традиционному дизельному топливу является биодизель.

Биодизель – смесь метиловых эфиров жирных кислот, сходная по физическим и химическим свойствам с дизельной фракцией из нефти. Биодизель имеет цетановое число не менее 51 (по сравнению с 42-45 у обычного дизельного топлива), температуру вспышки более 150 °С, имеет хорошие смазочные характеристики. Главный недостаток – ограниченный срок хранения после изготовления – не более 3 месяцев – вследствие бактериального разложения.

Цетановое число – характеристика воспламеняемости дизельного топлива, определяющая промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения. Чем выше цетановое число, тем меньше задержка воспламенения смеси и тем более спокойно и плавно горит топливная смесь и легче запускается дизельный двигатель. Цетановое

число численно равно объёмной доле цетана ($C_{16}H_{34}$, гексадекана), цетановое число которого принимается за 100, в смеси с α -метилнафталином (цетановое число которого, в свою очередь, равно 0).

Смазочные материалы представлены смазочными маслами и консистентными смазками. Смазочные масла при обычной температуре находятся в жидком состоянии. По назначению они подразделяются на моторные, трансмиссионные, промышленные, турбинные, электроизоляционные, консервационные, компрессорные и др.

Моторные масла предназначены для уменьшения износа деталей двигателя, снижения потерь на трение. Они выполняют функции теплоотводящей среды и уплотнителя. В зависимости от типа двигателя моторные масла подразделяются на авиационные, автомобильные (карбюраторные и дизельные), автотранспортные и реактивные.

Трансмиссионные масла используются для смазки зубчатых передач (цилиндрических, конических и др.) в коробках передач, ведущих мостах, механизмах рулевого управления.

Нефтяные газы – это смесь газообразных углеводородов, растворенных в добываемой нефти. Нефтяные, или попутные, газы выделяются в процессе добычи и перегонки. Нефтяные газы состоят в основном из пропана и изомеров бутана. К нефтяным газам также относят газы крекинга нефти, состоящие из предельных и непредельных (этилена, ацетилен) углеводородов. Нефтяные газы применяют как топливо и для получения различных химических веществ. Из нефтяных газов путем химической переработки получают пропилен, бутилены, бутадиен и др., которые используют в производстве пластмасс и каучуков.

Урок 3. Удаление воды и солей

Обезвоживание и обессоливание нефти – подготовка нефти к переработке путем удаления из нее воды, минеральных солей и механических примесей. При добыче нефти неизбежный ее спутник – пластовая вода (от < 1 до 80-90 % по массе), которая, диспергируясь в нефти, образует с ней эмульсии типа «вода в нефти» (дисперсионная фаза – нефть, дисперсная – вода). Их формированию и стабилизации способствуют присутствующие в нефти природные эмульгаторы (асфальтены, нафтены, смолы) и диспергирующие механические примеси (частицы глины, песка, известняка, металлов). Пластовая вода, как правило, в значительной степени минерализована хлоридами натрия, магния и кальция (до 2500 мг/л солей даже при наличии в нефти всего 1 % воды), а также сульфатами и гидрокарбонатами и содержит механические примеси. Наличие в нефти воды и механических примесей оказывает вредное влияние на работу оборудования нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ): 1) при большом содержании воды повышается давление в аппаратуре установок перегонки нефти, снижается их производительность,

возрастает расход энергии; 2) отложение солей в трубах печей и теплообменников требует их частой очистки, уменьшает коэффициент теплопередачи, вызывает сильную коррозию (хлориды кальция и магния гидролизуются с образованием хлороводорода); кроме того, соли и механические примеси, накапливаясь в остаточных нефтепродуктах – мазуте и гудроне, ухудшают их качество.

Обезвоживание нефти проводят путем разрушения (расслоения) водно-нефтяной эмульсии с применением деэмульгаторов разложения ПАВ, которые, адсорбируясь на границе раздела фаз, способствуют разрушению капель (глобул) диспергированной в нефти воды. Однако даже при глубоком обезвоживании нефти до содержания пластовой воды 0,1-0,3 % (что технологически затруднительно) из-за ее высокой минерализации остаточное содержание хлоридов довольно велико: 100-300 мг/л (в пересчете на хлорид натрия), а при наличии в нефти кристаллических солей – еще выше. Поэтому одного только обезвоживания для подготовки к переработке нефти большинства месторождений недостаточно.

Оставшиеся в нефти соли и воду удаляют с помощью принципиально мало отличающейся от обезвоживания операции, называемой *обессоливанием*. Последнее заключается в смешении нефти со свежей пресной водой, разрушении образовавшейся эмульсии и последующем отделении от нефти промывной воды с перешедшими в нее солями и механическими примесями. Первичную подготовку нефти осуществляют на нефтепромыслах обычно термохимическим обезвоживанием в присутствии деэмульгатора при 50-80 °С и атмосферном давлении или при 120-160 °С и давлении до 1,5 МПа. После такой обработки нефть содержит, как правило, до 1800 мг/л хлоридов, до 0,5-1,0 и 0,05 % по массе воды и механических примесей. В соответствии с требованиями нефтеперерабатывающей промышленности нефть, направляемая на первичную перегонку, должна содержать не более 3 мг/л солей, 0,2 и 0,005 % по массе воды и механических примесей (в связи с тенденцией углубления переработки нефти эти показатели могут быть ужесточены). Дополнительную очистку на НПЗ нефти, поступающей с нефтепромыслов, проводят электротермохимическим методом, сочетающим термохимическое отстаивание с электрической обработкой водно-нефтяной эмульсии. Разрушение ее основано на том, что при попадании в переменное электрическое поле капли воды поляризуются и взаимодействуют между собой как крупные диполи. При достаточно близком расстоянии между каплями силы взаимодействия настолько велики, что происходит сближение капель и их соединение. Кроме того, вероятность столкновения и слияния капель значительно возрастает из-за броуновского движения и синхронной вибрации их с электрическим полем. Установки для удаления из нефти примесей этим методом

называются электрообессоливающими (ЭЛОУ) и, наряду с НПЗ, сооружаются иногда на нефтепромыслах; в последнем случае нефть кроме обезвоживания подвергается также обессоливанию.

Урок 4. Первичная перегонка нефти

Первичная переработка нефти (атмосферная дистилляция) производится с целью разделения ее на отдельные группы углеводородов, или фракции. Разделение нефти на фракции основано на различии температур кипения и испарения различных углеводородов или групп углеводородов и осуществляется путем перегонки (испарения) из смеси компонента с более низкой температурой кипения. Полученные пары после их сбора и охлаждения конденсируются, образуя так называемый дистиллят. Температура в нижней части ректификационной колонны поддерживается на уровне 350 °С, а выше она постепенно уменьшается до 100-180 °С. Жидкая часть нефти в нижней части колонны с температурой кипения выше 350 °С составляет фракцию мазута. Пары нефти поднимаются вверх по колонне и по мере понижения температуры конденсируются: в самой верхней части колонны – бензиновая фракция, ниже – керосиновая, еще ниже – фракция дизельного топлива. Благодаря специальному (тарельчатому) устройству внутренности колонны и орошению сверху частью бензиновой фракции достигается многократная конденсация и испарение углеводородов и улучшается процесс ректификации. Для подогрева колонны в нижнюю ее часть подается водяной пар.

Вторичная перегонка (вакуум-дистилляция) – один из методов разделения смесей органических веществ. Широко применяется в ситуации, когда дистилляция не может быть осуществлена при атмосферном давлении из-за высокой температуры кипения целевого вещества, что приводит к термическому разложению перегоняемого продукта. Так как в вакууме любая жидкость кипит при более низкой температуре, становится возможным разогнать жидкости, разлагающиеся при перегонке с атмосферным давлением.

В процессе вакуумной дистилляции из мазута (остатка атмосферной перегонки) отгоняются фракции, пригодные для переработки в моторные топлива, масла, парафины и церезины и другую продукцию нефтепереработки и нефтехимического синтеза. Остающийся после этого тяжелый остаток называется гудроном, который может служить сырьем для получения битумов.

В некоторых случаях применяют роторные вакуумные испарители. Их использование необходимо в случае разгонки жидкости, которая не терпит даже кратковременного перегрева. Роторные испарители существенно увеличивают скорость перегонки.

Урок 5. Термический и каталитический крекинг

Следующим этапом переработки нефти является ряд вторичных процессов, или углубленная переработка. Целью вторичных процессов является увеличение количества производимых моторных топлив, они связаны с химической модификацией молекул углеводородов, входящих в состав нефти, как правило, с их преобразованием в более удобные для окисления формы.

По своим направлениям все вторичные процессы можно разделить на три вида:

- углубляющие: каталитический крекинг, термический крекинг, висбрекинг, замедленное коксование, гидрокрекинг, производство битумов и т. д.;
- облагораживающие: риформинг, гидроочистка, изомеризация и т. д.;
- прочие: процессы по производству масел, МТБЭ, алкилирование, производство ароматических углеводородов и т. д.

Термический крекинг происходит при температуре 190–200 °С и давлении 2–5 МПа (20–50 атм.).

Наряду с расщеплением тяжелых углеводородов при термическом крекинге протекают процессы синтеза, которые обуславливают создание высокомолекулярных продуктов. При термическом крекинге образуются также отсутствующие в природной нефти химически недостаточно устойчивые непредельные углеводороды. Эти два фактора являются основными недостатками термического крекинга и причиной того, что этот процесс заменяется другими, более прогрессивными методами нефтепереработки, в частности каталитическим крекингом.

Каталитический крекинг – термокаталитическая переработка нефтяных фракций с целью получения компонента высокооктанового бензина, легкого газойля и непредельных жирных газов.

Каталитический крекинг – один из важнейших процессов, обеспечивающих глубокую переработку нефти. Внедрению каталитического крекинга в промышленность в конце 30-х гг. XX в. (США) способствовало создание эффективного катализатора на основе алюмосиликатов с большим сроком службы (1936 г.). Основное достоинство процесса – большая эксплуатационная гибкость: возможность перерабатывать различные нефтяные фракции с получением высокооктанового бензина и газа, богатого пропиленом, изобутаном и бутенами; сравнительная легкость совмещения с другими процессами, например с алкилированием, гидрокрекингом, гидроочисткой, адсорбционной очисткой, деасфальтизацией и т. д. Такой универсальностью объясняется весьма значительная доля каталитического крекинга в общем объеме переработки нефти.

Сырьё. В настоящее время сырьем каталитического крекинга служит вакуумный газойль – прямогонная фракция с пределами выкипания 350-500 °С. Конец кипения определяется в основном содержанием металлов и коксуемостью сырья, которая не должна превышать 0,3 %. Фракция подвергается предварительной гидроочистке для удаления сернистых соединений и снижения коксуемости. Также у ряда компаний имеется ряд разработанных процессов каталитического крекинга тяжелых фракций – например, мазута (с коксуемостью до 6-8 %). Также в качестве сырья используют остаток гидрокрекинга, в качестве компонентов сырья возможно использование деасфальтизаторов, петролатумов, фильтратов.

Условия процесса

Реактор. Кратность циркуляции катализатора к сырью – 10 : 1 (для установок с лифт-реактором), температура – 510-540 °С, давление – 0,5-2 атм.

Регенератор. Температура – 650-730 °С, давление – 1-3 атм.

Катализатор. На установках прошлого поколения использовался аморфный шариковый катализатор (представляет собой шарики 3-5 мм с площадью поверхности 200 м²/г).

В настоящее время используется цеолитсодержащий микросферический катализатор (размер частиц 35-150 мкм). Площадь поверхности 300-400 м²/г. Он представляет собой крекирующий цеолитный компонент, нанесенный на аморфную алюмосиликатную матрицу. Содержание цеолита не превышает 30 %. В качестве цеолитного компонента используется ультрастабильный цеолит Y, иногда с добавками цеолита ZSM-5 для увеличения выхода и октанового числа бензина. Ряд компаний при приготовлении катализатора также вводят в цеолит редкоземельные металлы. В катализаторе крекинга также содержатся добавки, уменьшающие истирание катализатора, а также промоторы дожига СО, образующегося в регенераторе при выжиге кокса до СО₂.

Урок 6. Улучшение качества нефтепродуктов

В последнее время ставится задача углубления переработки нефти и *повышения качества нефтепродуктов.*

Определяющей тенденцией *повышения качества нефтепродуктов* во всем мире является улучшение их противокоррозионных свойств. Общее мировое производство маслорастворимых ингибиторов коррозии для *повышения качества нефтепродуктов* широко практикует добавление к уже очищенным продуктам присадок. Присадки добавляются не только к маслам, но и к топливам. Кроме присадок, к некоторым продуктам добавляют ингибиторы. Кроме этого, в *области* повышения качества нефтепродуктов *предусматривается внедрить современные технологии по каталитическому риформированию бензинов, гидроочистке дизельных*

топлив и топлив для реактивных двигателей, изомеризации, алкилированию, гидродепарафинизации и деароматизации, получению кислородсодержащих высокооктановых добавок. Присадки во многом способствуют повышению качества нефтепродуктов.

Изомеризация бензиновых фракций – это процесс соединения линейных углеводородов в соединения с разветвленной цепью, которые имеют более высокое октановое число. Обычно сопровождает процессы переработки нефтяных продуктов (пиролиз, крекинг). Изомеризация приводит к получению соединения с иным расположением атомов или групп, но при этом не происходит изменение состава и молекулярной массы соединения.

Изомеризация бензиновых фракций позволяет уменьшить содержание ароматических углеводородов при сохранении высокого октанового числа.

Установка изомеризации позволяет извлекать из состава бензинов низкооктановые легкие фракции, производя изомеризат, который, в свою очередь, позволяет увеличить выход автомобильных бензинов из перерабатываемой нефти с повышенным октановым числом с одновременным уменьшением содержания ароматических углеводородов, бензола и олефинов.

Технологический процесс изомеризации предполагает использование катализатора с определенными каталитическими, физико-химическими и устойчивыми к действию каталитических ядов характеристиками.

Преимущества изомеризация бензиновых фракций. Относительная дешевизна по сравнению с другими технологиями. Смешивание изомеризата с другими компонентами товарных бензинов дает возможность понижать содержание в них вредных веществ до уровня соответствия требованиям техрегламента к классу Евро-3 и Евро-4. «Углубление техпроцесса» переработки нефтяных продуктов на НПЗ путем использования легкой прямогонной фракции, которая ранее реализовывалась как сырье для НХЗ, в товарную, более дорогую продукцию – бензин.

Каталитический риформинг бензинов является важнейшим процессом современной нефтепереработки и нефтехимии. Он служит для одновременного получения высокооктанового базового компонента автомобильных бензинов, ароматических углеводородов – сырья для нефтехимического синтеза – и водородосодержащего газа – технического водорода, используемого в гидрогенизационных процессах нефтепереработки.

Каталитический риформинг – это процесс обогащения бензиновых фракций нефти ароматическими и другими циклическими углеводородами. Он проводится в присутствии катализаторов из платины или платины и рения. При каталитическом риформинге бензинов из алканов образуются

ароматические соединения. Циклоалканы превращаются в ароматические соединения, подвергаются гидрированию, изомеризации. Ароматические углеводороды теряют при риформинге боковые заместители, и поэтому они предпочтительней для производства современного высокооктанового бензина. При проведении данного процесса чаще всего используются парафиновые фракции прямой перегонки нефти. Главной задачей каталитического риформинга является превращение низкооктановых бензиновых компонентов в более высокооктановые. Для осуществления процесса риформинга разработаны специализированные установки с неподвижным слоем. В ряде установок используется один реактор. Их минус состоит в том, что реактор приходится останавливать на несколько суток для регенерации катализатора. В тех установках, где используются несколько реакторов одновременно, процесс может протекать непрерывно. Большинство богатых водородом газов, выделяющихся в этих установках, используются при гидрокрекинге.

Продукты риформинга нефтепродуктов используются для получения топливного бензина. Каталитический риформинг является в настоящее время наиболее распространенным методом каталитического облагораживания прямогонных бензинов. Эффективность углубления переработки нефти и *повышения качества нефтепродуктов* с экономической точки зрения не бывает абсолютной. Всегда существует предел за которым дальнейшее повышение качества продукции вызывает существенное увеличение затрат производства и цены потребления. Эти закономерности в нефтеперерабатывающей промышленности еще мало изучены и обобщены.

Глава 8 АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Урок 1. Введение в атомную энергетику

Ядерная энергетика (атомная энергетика) – это отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путём преобразования ядерной энергии.

Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер урана-235 или плутония. Ядра делятся при попадании в них нейтрона, при этом получаются новые нейтроны и осколки деления. Нейтроны деления и осколки деления обладают большой кинетической энергией. В результате столкновений осколков с другими атомами эта кинетическая энергия быстро преобразуется в тепло.

Хотя в любой области энергетики первичным источником является ядерная энергия (например, энергия солнечных ядерных реакций в гидроэлектростанциях и электростанциях, работающих на органическом

топливе, энергия радиоактивного распада в геотермальных электростанциях), к ядерной энергетике относится лишь использование управляемых реакций в ядерных реакторах.

Ядерная энергия производится в атомных электрических станциях, используется на атомных ледоколах, атомных подводных лодках; осуществляют программу по созданию ядерного двигателя для космических кораблей, кроме того, предпринимались попытки создать ядерный двигатель для самолётов (атомолётов) и «атомных» танков.

Россия обладает технологией атомной энергетики полного цикла: от добычи урановых руд до выработки электроэнергии; обладает значительными разведанными запасами руд, а также запасами в оружейном виде.

В настоящее время в России на десяти действующих АЭС эксплуатируется 33 энергоблока общей чистой мощностью 23 643 МВт (25 242 МВт номинальной), из них 17 реакторов с водой под давлением – 11 ВВЭР-1000, 6 ВВЭР-440, 15 канальных кипящих реакторов – 11 РБМК-1000 и 4ЭГП-6, 1 реактор на быстрых нейтронах – БН-600.

Больше всего АЭС (63 АЭС, 104 энергоблока) эксплуатируется в США. На втором месте – Франция (58 энергоблоков), на третьем – Япония (50 блоков).

Преимущества ядерной энергетики?

1. Огромная энергоёмкость используемого топлива. 1 кг урана с обогащением до 4 %, используемого в ядерном топливе, при полном выгорании выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля (1,5 железнодорожных вагонов) или 60 тонн нефти (примерно 1 железнодорожная цистерна).

2. Возможность повторного использования топлива (после регенерации). Расщепляющийся материал (уран-235) выгорает в ядерном топливе не полностью и может быть использован снова (в отличие от золы и шлаков органического топлива). В перспективе возможен полный переход на замкнутый топливный цикл, что означает полное отсутствие отходов.

3. Ядерная энергетика не способствует созданию «парникового эффекта». Ежегодно атомные станции в Европе позволяют избежать эмиссии 700 миллионов тонн CO₂, а в Японии – 270 миллионов тонн CO₂. Действующие АЭС России ежегодно предотвращают выброс в атмосферу 210 млн тонн углекислого газа. По этому показателю наша страна находится на четвертом месте в мире.

Комплекс работ в отрасли по производству ядерного топлива образует ядерно-топливный цикл (ЯТЦ), который реализуется на технологически связанных предприятиях и в объединениях, выполняющих крупномасштабные работы по добыче и переработке сырья (прежде всего уранового), производству ядерных материалов и веществ в широком ассортименте (в том числе уникальных и особо чистых), изготовлению из

них узлов, агрегатов и систем для атомной энергетики, ядерного оружия и установок военного назначения, строительству и эксплуатации крупных атомных объектов, переработке и регенерации облученного ядерного топлива на основе безопасных технологий обезвреживания радиоактивных отходов, их локализации и захоронения.

В составе атомной отрасли России выделяются четыре основные подотрасли: ядерно-оружейная, ядерно-энергетическая, ядерно-топливного цикла и комплекс ядерной науки, включающий фундаментальные, поисковые и прикладные НИР.

Ядерно-оружейный комплекс (ЯОК) является уникальным национальным достоянием России. Военная безопасность страны в определяющей мере зависит от состояния этого комплекса

Ядерно-энергетический комплекс (ЯЭК) – это десять современных атомных станций. Долговременная роль ЯЭК в общей проблеме энергоснабжения страны обусловлена единой целью для всех ядерных держав мира – решить ресурсные и экономические задачи, связанные с неизбежным ростом в ближайшие десятилетия энергетических потребностей.

Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ) охватывает деятельность большой группы предприятий атомной промышленности.

Ядерный топливный цикл состоит из следующих этапов: добыча и обогащение урановой руды и ее переработка в ядерное топливо; производство топливных элементов; выработка энергии на атомной электростанции; хранение или переработка облученного топлива; транспортировка топлива в периоды между разными этапами; хранение и удаление радиоактивных отходов.

Будущее – за замкнутым ЯТЦ. Замкнутость цикла превращает атом в безальтернативный источник энергии.

Урановое производство. Основные этапы производства урана – это добыча руды подземным или открытым способом, обогащение (сортировка) руды и извлечение урана из руды выщелачиванием. На руднике урановую руду извлекают из горного массива буро-взрывным способом, раздробленную руду сортируют и размельчают, а затем переводят в раствор сильной кислоты (серной) или в щелочной раствор (карбоната натрия, что наиболее предпочтительно в случае карбонатных руд). Раствор, содержащий уран, отделяют от нерастворенных частиц, концентрируют и очищают сорбцией на ионообменных смолах или экстракцией органическими растворителями. Затем концентрат, обычно в форме оксида U_3O_8 , называемого желтым кеком, осаждают из раствора, сушат и укладывают в стальные емкости вместимостью около 1000 л. Для извлечения урана из пористых руд осадочного происхождения все чаще применяется метод выщелачивания на месте. По скважинам, пробуренным в рудном теле, непрерывно прогоняют щелочной или кислый раствор. Этот

раствор с перешедшим в него ураном концентрируют и очищают, а затем из него осаждением получают желтый кек.

Переработка урана в ядерное топливо. Концентрат природного урана – желтый кек – это исходный компонент ядерного топливного цикла. Для превращения природного урана в топливо, соответствующее требованиям ядерного реактора, нужны еще три этапа: преобразование в UF_6 , обогащение урана и изготовление тепловыделяющих элементов – ТВЭЛов (см. рис. 6).



Рисунок 6. Цикл ядерного топлива

Преобразование в UF_6 . Для преобразования оксида урана U_3O_8 в гексафторид урана UF_6 желтый кек обычно восстанавливают безводным аммиаком до UO_2 , из которого затем с помощью плавиковой кислоты получают UF_4 . На последнем этапе, действуя на UF_4 чистым фтором, получают UF_6 – твердый продукт, возгоняющийся при комнатной температуре и нормальном давлении, а при повышенном давлении плавящийся. Пять крупнейших производителей урана (Канада, Россия, Нигер, Казахстан и Узбекистан) вместе могут давать 65 000 т UF_6 в год.

Обогащение урана. На следующем этапе ядерного топливного цикла повышается содержание U-235 в UF_6 . Природный уран состоит из трех изотопов: U-238 (99,28 %), U-235 (0,71 %) и U-234 (0,01 %). Для реакции деления в ядерном реакторе необходимо более высокое содержание изотопа U-235. Обогащение урана осуществляется двумя основными методами разделения изотопов: газодиффузионным методом и методом газового центрифугирования. При газодиффузионном методе твердый гексафторид урана UF_6 переводят понижением давления в газообразное состояние, а затем прокачивают по пористым трубкам из

специального сплава, сквозь стенки которых газ может диффундировать. Поскольку масса атомов U-235 меньше, чем атомов U-238, они легче и быстрее диффундируют. В процессе диффузии газ обогащается изотопом U-235, а газ, прошедший по трубкам, обедняется. Обогащенный газ снова пропускают по трубкам, и процесс продолжается до тех пор, пока содержание изотопа U-235 в отборе не достигнет уровня, необходимого для работы ядерного реактора (3-5 %). (Для оружейного урана требуется обогащение до уровня свыше 90 % U-235.) В отходах обогащения остается лишь 0,2-0,3 % изотопа U-235. Газодиффузионный метод характеризуется высокой энергоемкостью. Заводы, основанные на этом методе, имеются только в США, во Франции и в КНР.

В России, Великобритании, Германии, Нидерландах и Японии применяется метод центрифугирования, при котором газ UF_6 приводится в очень быстрое вращение. Благодаря различию в массе атомов, а следовательно, и в центробежных силах, действующих на атомы, газ вблизи оси вращения потока обогащается легким изотопом U-235. Обогащенный газ собирается и экстрагируется.

Изготовление твэлов. Обогащенный UF_6 поступает на завод в 2,5-тонных стальных контейнерах. Из него гидролизом получают UO_2F_2 , который затем обрабатывают гидроксидом аммония. Выпавший в осадок диуранат аммония отфильтровывают и обжигают, получая диоксид урана UO_2 , который прессуют и спекают в виде небольших керамических таблеток. Таблетки вкладывают в трубки из циркониевого сплава (циркаля) и получают топливные стержни, т. н. тепловыделяющие элементы (твэлы), которые объединяют примерно по 200 штук в законченные топливные сборки, готовые для использования на АЭС. Отработанное ядерное топливо сильно радиоактивно и требует особых мер предосторожности при хранении и удалении в отходы. В принципе его можно переработать, отделив продукты деления от остатков урана и плутония, которые повторно могут служить ядерным топливом. Но такая переработка дорого стоит, и соответствующие коммерческие предприятия имеются лишь в некоторых странах, например во Франции и Великобритании.

Радиоактивные отходы (РАО) образуются на всех технологических этапах ядерного топливного цикла – при добыче и переработке урановой руды, при изготовлении и использовании ядерного топлива, регенерации облученного топлива, вывода из эксплуатации ядерных объектов. По данным Международного агентства по ядерной энергии (МАГАТЭ), ныне в 31 стране мира действуют 442 ядерных реактора. В настоящее время ни одна из стран не перешла к использованию технологий, позволяющих полностью решить проблему обращения с **отработанным ядерным топливом (ОЯТ)**. Сложность проблем обращения с ОЯТ вызвана, в первую очередь, высокой активностью, достигающей миллионов кюри на

тонну, значительным тепловыделением после выгрузки из реактора, наличием в составе отработавшего топлива значительного количества делящихся веществ. Серьезную опасность представляет также токсичность некоторых радионуклидов, содержащихся в составе ОЯТ. Вначале активность ОЯТ определяется в основном короткоживущими осколками деления, а после нескольких сотен лет хранения – актинидами. Через несколько сотен тысяч лет активность ОЯТ понижается до равновесного уровня естественного урана, использованного при изготовлении топлива. Переработка ОЯТ с извлечением урана и плутония существенно снижает этот срок до нескольких десятков тысяч лет. К 2006 году, по оценкам МАГАТЭ, в мире было накоплено более 200 тыс. тонн отработанного ядерного топлива. Ежегодно к ним добавляется еще 10-12 тыс. тонн.

В настоящее время стратегия складирования ОЯТ принята, в частности, Министерством энергетики США и реализуется в виде непосредственного складирования отработавших топливных элементов в металлических контейнерах в глубоких геологических формациях. Это вызывает критику специалистов в связи с опасностью распространения ядерных материалов и отсутствием гарантий безопасности долговременной (несколько тысяч лет) сохранности складированного топлива и отходов. Другие страны с развитой ядерной энергетикой (Великобритания, Россия, Франция, Япония) в том или ином виде осуществляют переработку ОЯТ, выделение урана, плутония, изготовление из переработанных материалов топливных элементов, их повторное использование в легководных реакторах, составляющих основу мировой ядерной энергетики. РАО, полученные в ядерном топливном цикле, отделяются и захораниваются по традиционным технологиям. Наиболее эффективная структура обращения с ОЯТ и РАО создана во Франции, где реализована многокомпонентная ядерная энергетика, включающая легководные энергетические реакторы, быстрые реакторы – «дожигатели», комплексы переработки ОЯТ и РАО.

После запрещения испытаний ядерного оружия в трех сферах проблема уничтожения радиоактивных отходов, образующихся в процессе использования атомной энергии в мирных целях, занимает одно из первых мест среди всех проблем радиационной экологии. По физическому состоянию радиоактивные отходы (РАО) подразделяются на твердые, жидкие и газообразные. Жидкие и твердые радиоактивные отходы подразделяются по удельной активности на три категории: *низкоактивные*, *среднеактивные* и *высокоактивные*. Для сбора радиоактивных отходов в организации должны быть специальные сборники. Места расположения сборников должны обеспечиваться защитными приспособлениями для снижения излучения за их пределами до допустимого уровня. Передача РАО из организации на переработку или захоронение должна производиться в специальных контейнерах. Переработку, долговременное

хранение и захоронение РАО, как правило, производят специализированные организации.

Хранилища радиоактивных отходов размещаются глубоко под землей (не менее 300 м), причем за ними устанавливается постоянное наблюдение, так как радионуклиды выделяют большое количество тепла. Подземные хранилища РАО должны быть долговременными, рассчитанными на сотни и тысячи лет. Для облегчения захоронения и надежности последнего жидкие высокоактивные РАО превращают в твердые инертные вещества. В настоящее время основными методами переработки жидких РАО являются цементирование и остеклование с последующим заключением в стальные контейнеры, которые хранятся под землей на глубине нескольких сотен метров (см. рис. 7). Радиоактивные отходы в большом количестве производят атомные электростанции, исследовательские реакторы и военная сфера (ядерные реакторы кораблей и подводных лодок).

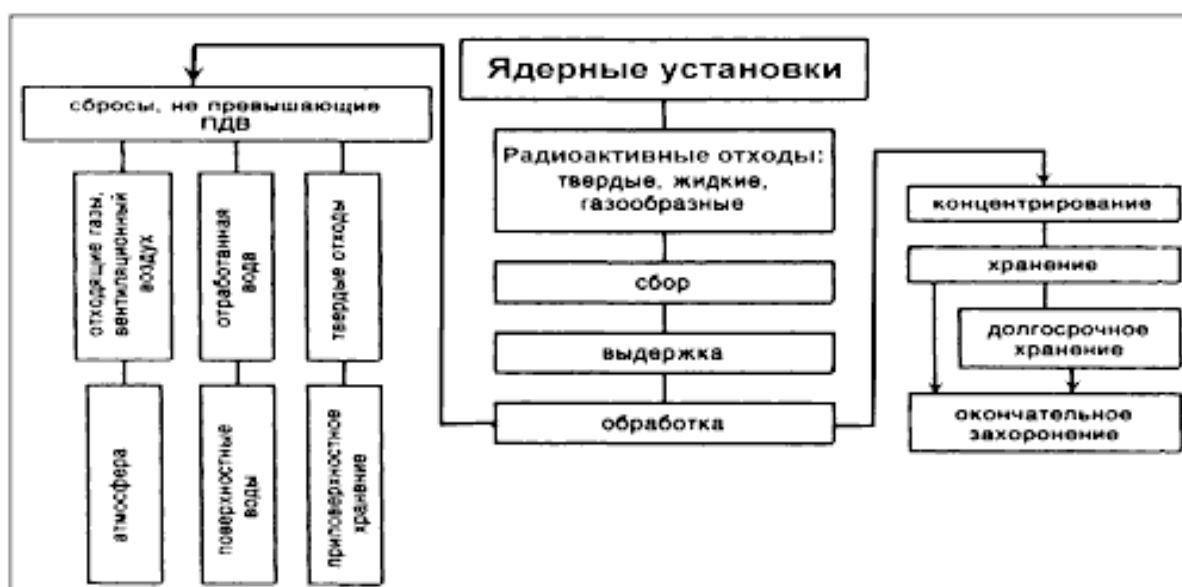


Рисунок 7. Общая схема обращения с радиоактивными отходами

Урок 2. Уран как топливо

В тексте урока предлагается описание физических и химических свойств урана, поведения урана как топлива в реакторе и появление плутония. В сжатом виде представлен процесс добычи урановой руды и ее переработка в ядерное топливо, а также география залегания урановых руд на Земле. Последняя часть текста – краткая информация по другим областям использования радиоактивных материалов. В целом текст урока носит общеинформационный характер и не представляет особой сложности для понимания и перевода.

Урок 3. Обогащение урана

Одним из этапов в производстве ядерного топлива является обогащение урана, т. е. доведение концентрации топлива до уровня, необходимого для работы ядерного реактора. Обычно этот уровень составляет более 2 %.

Во второй части текста приведены примеры подготовки уранового топлива для разных типов ядерных реакторов.

Современная ядерная энергетика с реакторами на тепловых нейтронах базируется на слабо обогащенном (2-5 %) урановом топливе. В реакторе на быстрых нейтронах используется уран с еще большим содержанием урана-235 (до 93 %). Следовательно, прежде чем изготавливать топливо, природный уран, содержащий только 0,72 % урана-235, необходимо обогатить – разделить изотопы урана-235 и урана-238. Химические реакции слишком малочувствительны к атомной массе реагирующих элементов, поэтому они не могут быть использованы для обогащения урана; необходимы физические методы разделения изотопов.

Основным промышленным методом производства обогащенного урана является газодиффузионный. Также существует центробежный метод, основанный на использовании высокоскоростных газовых центрифуг.

Известно много методов разделения изотопов. Большинство методов основано на разной массе атомов разных изотопов: 235-й немного легче 238-го из-за разницы в количестве нейтронов в ядре. Это проявляется в разной инерции атомов. Например, если заставить атомы двигаться по дуге, то тяжелые будут стремиться двигаться по большему радиусу, чем легкие. На этом принципе построены электромагнитный и аэродинамический методы. При **электромагнитном** методе ионы урана разгоняются в ускорителе элементарных частиц и закручиваются в магнитном поле. При **аэродинамическом** методе газообразное соединение урана продувается через специальное сопло-улитку. Похожий принцип в **газовом центрифугировании**: газообразное соединение урана помещается в центрифугу, где инерция заставляет тяжелые молекулы концентрироваться у стенки центрифуги. Термодиффузионный и газодиффузионный методы используют разницу в подвижности молекул: молекулы газа с легким изотопом урана более подвижны, чем тяжелые. Поэтому они легче проникают в мелкие поры специальных мембран при **газодиффузионной** технологии. При **термодиффузионном** методе менее подвижные молекулы концентрируются в более холодной нижней части разделительной колонны, вытесняя более подвижные в верхнюю горячую часть. Большинство методов разделения работают с газообразными соединениями урана, чаще всего с UF_6 .

Многие из методов пытались использовать для промышленного обогащения урана, однако в настоящее время практически все мощности по обогащению работают на основе газового центрифугирования. Наряду с

центрифугированием в прошлом широко использовался газодиффузионный метод. На заре ядерной эры использовались электромагнитный, термодиффузии, аэродинамический методы. На сегодняшний день центрифугирование демонстрирует наилучшие экономические параметры обогащения урана. Однако ведутся исследования перспективных методов разделения, например лазерного разделения изотопов.

Урок 4. Ядерный реактор деления

В данном уроке представлен материал по описанию процессов, происходящих при работе ядерного реактора и его принципиальном устройстве. Рассмотрим механизм цепной реакции деления. При делении тяжелых ядер под действием нейтронов возникают новые нейтроны. Например, при каждом делении ядра урана ${}_{92}\text{U}^{235}$ в среднем возникает 2,4 нейтрона. Часть этих нейтронов снова может вызвать деление ядер. Такой лавинообразный процесс называется **цепной реакцией**. Цепная реакция деления идет в среде, в которой происходит процесс размножения нейтронов. Такая среда называется **активной зоной**. В делящейся среде конечных размеров часть нейтронов будет уходить из активной зоны наружу. С возможностью ухода нейтронов за пределы активной зоны связаны важные понятия критической массы и критических размеров. **Критическим размером** называется размер активной зоны, при котором $k = 1$. **Критической массой** называется масса активной зоны критических размеров. Очевидно, что при массе ниже критической цепная реакция не идет, даже если $k_{\infty} > 1$. Наоборот, заметное превышение массы над критической ведет к неуправляемой реакции – взрыву.

Возникшие при делении нейтроны замедляются, диффундируют на некоторое расстояние и поглощаются либо с делением, либо без него. В зависимости от свойств среды нейтроны успевают до поглощения замедлиться до различных энергий. При наличии хорошего замедлителя основная масса нейтронов успевает замедлиться до тепловых энергий порядка 0,025 эВ. В этом случае цепная реакция называется **медленной**, или, что то же самое, **тепловой**. При отсутствии специального замедлителя нейтроны успевают замедлиться лишь до энергий 0,1-0,4 МэВ, так как все делящиеся изотопы – тяжелые и поэтому замедляют плохо. Соответствующие цепные реакции называются **быстрыми** (подчеркнем, что эпитеты «быстрый» и «медленный» характеризуют скорость нейтронов, а не скорость реакции).

При столкновении нейтрона с тяжелым ядром всегда возможен радиационный захват нейтрона (n, γ). Этот процесс будет конкурировать с делением и тем самым уменьшать коэффициент размножения. Отсюда вытекает, что второй физической величиной, влияющей на коэффициенты k , является вероятность деления при захвате нейтрона ядром делящегося изотопа.

Цепная реакция на медленных нейтронах в принципе возможна на естественном уране, потому что для реального осуществления цепной реакции надо уметь замедлять нейтроны с малыми потерями. На быстрых нейтронах цепная реакция в естественной смеси ($^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$) идти не может. Экспериментально установлено, что для чистого металлического урана коэффициент размножения достигает значения единицы при обогащении 5,56 %. Практически оказывается, что реакцию на быстрых нейтронах можно поддерживать лишь в обогащенной смеси, содержащей не меньше 15 % изотопа ^{235}U . Естественную смесь изотопов урана можно обогащать изотопом ^{235}U . Обогащение является сложным и дорогостоящим процессом из-за того, что химические свойства обоих изотопов почти одинаковы. Приходится пользоваться небольшими различиями в скоростях химических реакций, диффузии и др., возникающими вследствие различия масс изотопов. Цепную реакцию на ^{235}U практически всегда осуществляют в среде с большим содержанием ^{238}U .

Важное отличительное свойство тепловых реакций состоит в том, что в активной зоне топливо значительно сильнее разбавлено, т. е. на одно ядро топлива приходится значительно больше не участвующих в делении ядер, чем в быстрой реакции. Разбавленность топлива в тепловой реакции приводит к тому, что одна и та же энергия в тепловой реакции выделяется в значительно большем объеме вещества, чем в быстрой. Тем самым из активной зоны тепловой реакции легче отводить тепло, что позволяет осуществлять эту реакцию с большей интенсивностью, чем быструю. Для осуществления цепной реакции на медленных нейтронах в активную зону вводят специальные вещества – замедлители, которые превращают нейтроны деления в тепловые. На практике цепная реакция на медленных нейтронах осуществляется на естественном или слегка обогащенном изотопом ^{235}U уране. Присутствие большого количества изотопа ^{238}U в активной зоне усложняет процесс замедления и делает необходимым предъявление высоких требований к качеству замедлителя. Жизнь одного поколения нейтронов в активной зоне с замедлителем приближенно можно разбить на две стадии: замедление до тепловых энергий и диффузия с тепловыми скоростями до поглощения.

Для практического осуществления стационарно текущей цепной реакции надо уметь этой реакцией управлять. Это управление существенно упрощается благодаря вылету запаздывающих нейтронов при делении. Подавляющее большинство нейтронов вылетает из ядра практически мгновенно (т. е. за время, на много порядков меньшее времени жизни поколения нейтронов в активной зоне), но несколько десятых процента нейтронов являются запаздывающими и вылетают из ядер-осколков через довольно большой промежуток времени – от долей секунды до нескольких и даже десятков секунд. Качественно влияние запаздывающих нейтронов можно пояснить так. Пусть коэффициент размножения мгновенно возрос

от подкритического значения до такого надкритического, что $k < 1$ при отсутствии запаздывающих нейтронов. Тогда, очевидно, цепная реакция начнется не сразу, а лишь после вылета запаздывающих нейтронов. Тем самым процесс течения реакции будет регулируемым, если время срабатывания регулирующих устройств будет меньше.

Реактором называется устройство, в котором поддерживается управляемая цепная реакция деления. При работе реактора происходит выделение тепла за счет экзотермичности реакции деления. Основной характеристикой реактора является его мощность – количество тепловой энергии, выделяющейся в единицу времени. Мощность реактора измеряется в мегаваттах (10^6 Вт). Мощность в 1 МВт соответствует цепной реакции, в которой происходит $3 \cdot 10^{16}$ актов деления в секунду. Имеется большое количество разных видов реакторов.

Основной частью реактора является активная зона, в которой протекает реакция и тем самым выделяется энергия. В тепловых реакторах и в реакторах на промежуточных нейтронах активная зона состоит из горючего, как правило, смешанного с неделящимся изотопом (обычно ^{238}U) и из замедлителя. В активной зоне реакторов на быстрых нейтронах замедлителя нет. Объем активной зоны варьируется от десятых долей литра в некоторых реакторах на быстрых нейтронах до десятков кубометров в больших тепловых реакторах. Для уменьшения утечки нейтронов активной зоне придают сферическую или близкую к сферической форму (например, цилиндр с высотой, примерно равной диаметру, или куб). В зависимости от относительного расположения горючего и замедлителя различают гомогенные и гетерогенные реакторы. Более распространены гетерогенные реакторы. В гетерогенных реакторах активная зона состоит из замедлителя, в который помещаются кассеты, содержащие горючее. Поскольку энергия выделяется именно в этих кассетах, их называют **тепловыделяющими элементами (ТВЭлами)**. Активная зона с отражателем часто заключается в стальной кожух (см. рис. 8).

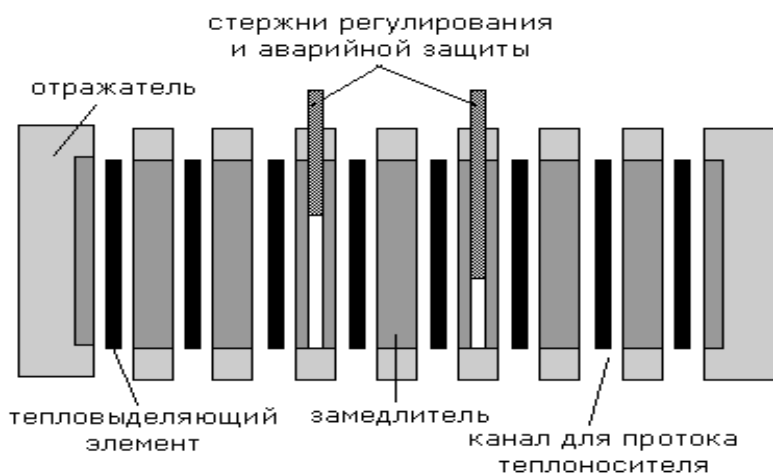


Рисунок 8. Ядро реактора

Принципиальное устройство ядерного реактора

Ядерный реактор состоит из:

- корпуса;
- радиационной защиты;
- ядерного топлива;
- управляющих стержней;
- системы подъема / опускания стержней и ТВЭЛОВ;
- первичного (внутреннего) контура с теплоносителем;
- вторичного контура;
- парогенератора (см. рис. 9).

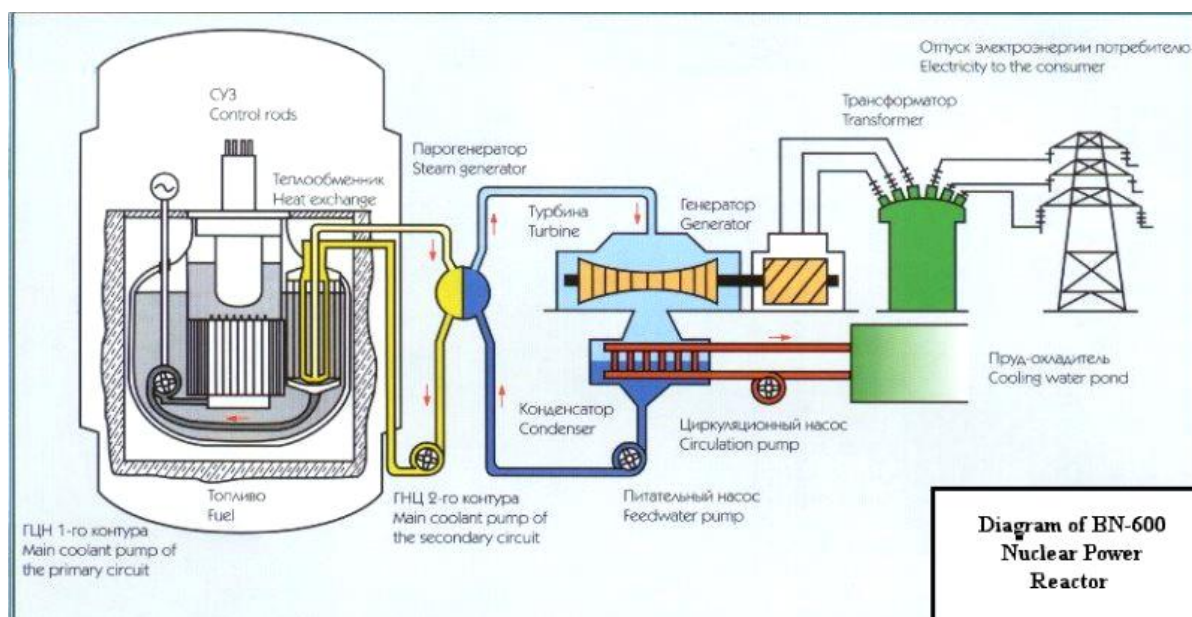


Рисунок 9. Схема ядерного реактора БН-600

Преобразование ядерной энергии в электрическую можно схематично представить так:

1. Внутренняя энергия уранового ядра.
2. Критическая энергия осколков распавшихся ядер и освобождение нейтронов.
3. Внутренняя энергия воды и пара.
4. Кинетическая энергия воды и пара.
5. Кинетическая энергия турбины и генератора.
6. Электрическая энергия.

Урок 5. Реактор на медленных нейтронах

После того как было подробно рассмотрено общее устройство ядерного реактора и принцип работы реакторов деления, материал данного урока можно рекомендовать студентам для перевода самостоятельно. На его основе можно провести контрольное занятие по ядерной энергетике,

поскольку следующий урок будет посвящен выводу из эксплуатации АЭС с последующим демонтажем оборудования.

Урок 6. Вывод АЭС из эксплуатации

Вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС после выработки проектного срока службы – естественный и необходимый этап их жизненного цикла. В соответствии с документом «ОПБ-88 / 97» (Общие положения обеспечения безопасности атомных станций) (в России), это означает проведение комплекса мероприятий, в результате которых после удаления ядерного топлива исключается использование блока в качестве энергоисточника.

К настоящему времени в мире остановлены и находятся в разных стадиях вывода из эксплуатации 138 энергоблоков АЭС, не считая экспериментальных, промышленных, исследовательских и транспортных реакторов.

Мировой опыт показывает, что это требует значительных интеллектуальных, материальных затрат и тщательного планирования. Необходимо разработать специальную нормативно-правовую базу, создать инфраструктуру для решения этой системной проблемы, требующей инновационных инженерных решений. И, наконец, необходим хорошо организованный высококвалифицированный персонал.

На десяти российских АЭС сейчас находится в эксплуатации 33 атомных реактора. Остановлена первая в мире Обнинская АЭС и по два реактора на Нововоронежской и Белоярской атомных электростанциях. Из них выгружено отработавшее ядерное топливо, при этом обеспечивается полная ядерная и радиационная безопасность. Но вывод из эксплуатации, предполагающий демонтаж оборудования, очистку территории и т. д., отложен на неопределенный срок из-за отсутствия общей концепции и финансовых ресурсов.

Реализация проекта вывода энергоблока из эксплуатации начинается после его окончательного останова. Сначала идет подготовительный этап протяженностью от трех до пяти лет: реактор переводится в ядерно-безопасное состояние (из активной зоны, а потом и с территории блока удаляется ядерное топливо), удаляются эксплуатационные радиоактивные отходы.

Реакторы демонтируются после двухлетней выдержки. Крупное оборудование вывозится в неразобранном виде и используется как барьер для удержания радионуклидов (в качестве контейнера упаковки). Техника демонтажа базируется на существующей технологии. Дозы облучения при выполнении работ по снятию с эксплуатации должны быть сведены к минимуму. Работами по снятию с эксплуатации (в идеале) руководит эксплуатационный персонал АЭС. Помещения захоронения отходов от

демонтажа сооружаются на территории станции, на определенной отметке, которая зависит от географического расположения АЭС.

Вариант «Хранение под наблюдением» означает, что реакторную установку, все системы и оборудование консервируют, изолируют от внешней среды и затем поддерживают в безопасном состоянии. При этом неактивное оборудование демонтируют для последующего использования или утилизации. Слабоактивное оборудование последовательно дезактивируют до уровня, который позволяет его неограниченное использование или утилизацию. Освобождаемые помещения, здания и сооружения можно демонтировать или повторно использовать для альтернативного бизнеса.

Вариант «Ликвидация» подразумевает достижение одной из двух возможных стадий конечного состояния реакторной промплощадки.

- «Коричневая лужайка» предполагает демонтаж оборудования и освобождение зданий и сооружений, не предназначенных для дальнейшего использования, переработку и вывоз всех радиоактивных отходов с территории и доведение ее до состояния, пригодного для нужд атомной энергетики, например для строительства хранилища радиоактивных отходов, или иной экономической деятельности, например создания технопарка.

- «Зеленая лужайка» предполагает полный демонтаж сооружений реакторной установки, зданий, а также переработку, упаковку и удаление радиоактивных отходов с полной ликвидацией всех следов деятельности по эксплуатации радиационно опасного объекта. Для неограниченного использования освободившейся территории проводят рекультивацию земель.

В идеале конечной стадией процесса вывода из эксплуатации выработавшего свой ресурс реактора должна была бы стать «зеленая лужайка», на которой было бы безопасно разбить общественный парк для гуляний или построить детский сад. В России такой сценарий вряд ли будет реализован в силу национальной специфики.

Таким образом, вопрос об обращении с РАО и ОЯТ при выводе из эксплуатации выработавших ресурс энергоблоков выходит на первое место.

Сравнивая вариант «ликвидация» для реакторов ВВЭР и РБМК, отметим, что в Литве время от начала вывода из эксплуатации по сценарию немедленного демонтажа до состояния «коричневой лужайки» оценено в 75 лет. Именно проблемы утилизации радиоактивного графита в ректорах РБМК создают дополнительные проблемы, неопределенность и делают этот процесс более длительным, чем для реакторов ВВЭР. В России в качестве базового варианта вывода из эксплуатации реактора РБМК-1000 принят вариант долговременного (после выгрузки ОЯТ) хранения.

После разъяснения положений по общему ходу работ по выводу АЭС из эксплуатации необходимо напомнить студентам общее устройство ядерного реактора, поскольку в тексте урока при демонтаже оборудования указываются все основные элементы конструкции реактора.

Глава 9

ПЕРЕВОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ПАТЕНТОВ

При переводе научно-технической литературы важное место занимает перевод технической документации. Сюда относятся:

1. Техническая документация (формуляры, паспорта, технические описания, инструкции по эксплуатации и ремонту и др.).
2. Товаросопроводительная документация (накладные, упаковочные листы (талоны), листы комплектации и др.).
3. Проектная документация (проекты, чертежи, расчеты и т. д.).
4. Рекламные материалы.

Все эти материалы, как правило, характеризуются предельной лаконичностью, краткостью, отсутствием развернутых объяснений. Часто приходится иметь дело с переводом специальной терминологии, употребляемой вне всякого контекста или в ограниченном контексте (спецификации, список запасных частей и деталей, чертежи и т. д.). При выполнении такого рода технического перевода необходимо:

- а) соблюдать принцип унификации терминологии, т. е. не допускать разнобоя терминологии;
- б) обращать особое внимание на правильное и аккуратное оформление перевода;
- в) избегать описательного перевода;
- г) использовать только стандартные, принятые в данной отрасли обозначения;
- д) выдерживать единый стиль, характерный для такого типа документов;
- е) правильно и точно использовать стандартные сокращения;
- ж) использовать типичные и устойчивые выражения и обороты, относящиеся к этим документам.

Обращает на себя внимание тот факт, что в технических инструкциях и описаниях часто встречаются три термина (*warning, caution, note*), очень близкие по значению и в то же время сильно отличаются друг от друга по степени значимости.

Урок 4. Патент

Как отмечалось ранее, технический перевод – это перевод, целью которого является обмен научно-технической информацией. Основной

формой обмена научно-технической информацией являются патенты. Перевод патентов может выполняться в виде полного письменного или аннотационного перевода. Правила полного письменного перевода, рассмотренные выше, в полной мере относятся и к переводу патентов. Однако перевод патентов имеет свои особенности, свой стиль, которые могут служить весомым добавлением к общим правилам полного письменного перевода. Знакомство с ними мы начнем со структуры патента.

Патент на изобретение – документ, выдаваемый государственным органом и удостоверяющий приоритет изобретения, авторство и исключительное право на изобретение. Действует в пределах территории того государства, ведомство которого его выдало*. В области технического перевода словом *патент* обозначают то, что подлежит переводу. Патент как официальное свидетельство не переводится и существует в единственном экземпляре, а описание изобретения копируется и рассылается в разные места. Патент состоит из:

- титульной части и заголовка;
- предварительного описания, где обозначена цель изобретения, краткая формулировка существа изобретения;
- полного описания;
- патентной формулы;
- иллюстративной части.

Титульная часть содержит данные, необходимые для регистрации, хранения и отыскания патента, номер патента, название страны, выдавшей патент, дату подачи заявки и дату выдачи патента, классификационные индексы (условные цифровые и буквенные обозначения разделов систем классификации изобретений в Международной классификации изобретений (МКИ) и национальной классификации изобретений (НКИ); указывается число пунктов патентной формулы, фамилия автора изобретения, а также фамилия владельца патента и его адрес.

Надо быть готовым к тому, что содержание этой части патента может быть разным. Но в любом случае эта часть патента содержит его координаты, необходимые для систематизации и поиска патентов в различных поисковых системах и учреждениях, выдающих патенты или предоставляющих информацию о них пользователям. Заголовок патента переводится после перевода самого патента, а перевод выполняется в соответствии с определенными требованиями. Заголовок используют для составления систематических каталогов патентов и информации о новых изобретениях. Этот перевод должен выражать в форме назывного предложения суть изобретения и, если возможно, отражать то новое, что отличает данное изобретение от уже известных. Поэтому перевод

* Патентный закон РФ от 23.09.1992 г. № 3517–1.

заголовка должен быть предельно насыщен информацией, необходимой для специалиста.

Дополнительно к тому, что уже говорилось об особенностях перевода заголовков патента, необходимо отметить стиль. Следует придерживаться следующих рекомендаций:

а) не следует употреблять слова «новый», «улучшенный», «усовершенствованный», т. к. изобретение уже совершенно новое;

б) нельзя повторять предлоги и союзы (например, «шарнир для кардана для заднеприводных автомобилей» – второй предлог «для» – лишний);

в) не следует быть многословным;

г) не рекомендуется употреблять сокращения, имена собственные.

Предварительное описание представляет собой вводный абзац, где может излагаться анализ состояния техники в данной области, предпосылки к созданию изобретения. Это описание подается вместе с заявкой и в дальнейшем заменяется полным описанием. Поэтому при полном письменном переводе патента предварительное описание может не переводиться.

Полное описание по своему содержанию практически не отличается от предварительного, но оно характеризуется четким и подробным изложением описания изобретения. Если к патенту приложены чертежи, то в полном описании расшифровываются цифры, обозначающие на чертеже различные детали устройства. Цифры в описании располагаются в возрастающей последовательности. Заканчивается полное описание патентной формулой.

Патентная формула – это самостоятельная часть патента, но в то же время она является его продолжением. С юридической точки зрения патентная формула – это главная часть патента, в которой четко сформулированы основные черты нового изобретения и его отличие от уже имеющихся в данной области. Обычно формула состоит из ряда пунктов в виде отдельных пронумерованных абзацев. Первый в патентах на английском языке начинается стереотипной фразой:

“*what I claim is* – } – формула изобретения

“*what is claimed is* – формула изобретения }

Каждый пункт, каким бы длинным он ни был, состоит из одного предложения. Это одна из особенностей стиля патента, а другие следует рассматривать на конкретном примере текста патента.

При переводе патентов необходимо помнить, что между британскими патентами и патентами США имеются существенные различия. Перевод патентов США несколько проще, т. к. британские изобретения большим количеством архаичных форм. Например:

This invention is concerned with the manufacture of ... – настоящее изобретение относится к производству;

Another object of the present invention is to provide ... – другой целью данного изобретения является

Иллюстративная часть обычно представлена в виде чертежей, которые могут отсутствовать, например, в химических патентах. Детали на чертежах нумеруются и объясняются по их номерам в описании. Детали на чертежах обозначаются цифрами. На чертежах не проставляются размеры и обычно отсутствуют поясняющие надписи.

Аннотационный перевод патентов существенно отличается от аннотационного перевода других технических материалов. Этот вид перевода используется для составления различных каталогов и картотек, необходимых для систематизации и поиска нужных патентов. Поэтому при переводе требуется краткое изложение сути изобретения, а не его характеристика или оценка. При выполнении аннотационного перевода не целесообразно строго следовать его структуре, а необходимо лишь отразить то новое, что отличает данное изобретение от других в этой области.

Итак, аннотационный перевод патентов – это вид технического перевода, заключающийся в составлении аннотации иностранного патента на русском языке, представляющей собой краткое описание изобретения в заданном объеме, не более 500 печатных знаков.

Смекаев Виктор Петрович

**ВВЕДЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА И
РАБОТА С ТЕКСТОМ УРОКА**

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОД

Английский язык

Учебное пособие

Редакторы: А.О. Кузнецова
Д.В. Носикова
А.С. Паршаков

Лицензия ПД № 18-0062 от 20.12.2000

Подписано к печати			Формат 60 x 90 1/16
Печ. л.	Тираж	экз.	Заказ
Цена договорная			

Типография ФГБОУ ВПО «НГЛУ»
603155, Н. Новгород, ул. Минина, 31 а