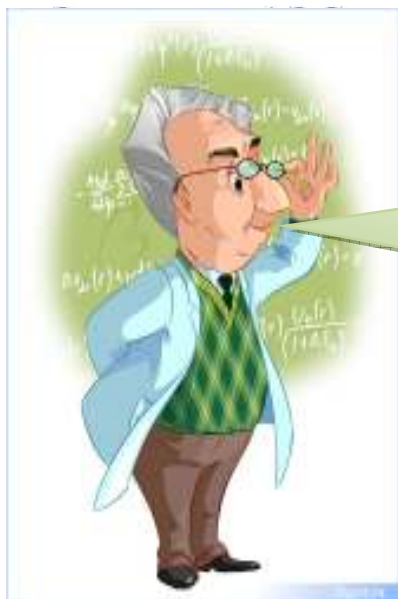




Школьникам об атомной энергетике

Выпуск 11-12
2012

С е р и я: **Хочу все знать!**



Здравствуйте, ребята! Не правда ли, что за время наших занятий вы узнали много нового, познакомились с удивительным миром ядерной физики, погрузились в историю открытий, а сейчас я приготовил для вас особый сюрприз. Наш сегодняшний урок будет не совсем обычным, мы отправимся на интереснейшую экскурсию. Экскурсию по АЭС!

Экскурсия по АЭС

Ну что ж, начнем! АЭС обычно располагается на равнинной территории, не имеющей разломов и удовлетворяющей требованиям к размещению ядерно-опасных объектов. В состав атомной электростанции входят здания и сооружения различного назначения и конструктивного выполнения, основные из которых – реакторное отделение и машинный зал.

Управление атомной станцией. Управление станцией осуществляется с помощью блочного пункта управления (БПУ) и центрального пункта управления (ЦПУ). Для экстренных случаев на АЭС предусмотрен и резервный пункт управления (РПУ). Для обеспечения безопасности предусматривается дублированное независимое дистанционное управление АЭС с БПУ и РПУ.

Центральный пункт управления – первый пункт остановки. На АЭС ЦПУ размещают, как правило, в самостоятельном здании, отдельно от главных корпусов энергоблоков. Снаружи здание выглядит скучным, но стоит зайти внутрь, и мы оказываемся словно в рубке космического корабля из фантастических фильмов! На стенах – панели с сотней кнопок, индикаторов, мониторов, схем. Непосвященному непонятно, о чем говорят бегущие цифры, стрелки и лампочки. Но специалисты читают эту информацию, как книгу. Здесь осуществляется управление энергосетями АЭС и всем процессом передачи энергии от АЭС к потребителям. С ЦПУ также управляют системами сигнализации и пожаротушения.



Центральный пункт управления АЭС

Двигаемся дальше, и следующая наша остановка – **блочный пункт управления**. На каждом реакторном блоке предусмотрен БПУ, отсюда подаются команды для управления атомной станцией (пуск и остановка реактора, контроль различных технологических процессов). БПУ каждого энергоблока АЭС располагается в отдельном помещении.

БПУ состоит из оперативной и неоперативной частей. В оперативной части находятся пульта, панели с органами контроля, дистанционного управления и регулирования. В неоперативной части расположены панели периодического контроля, электронного регулирования, логистического управления и др. За мониторами специалисты – ведущие инженеры по управлению реактором, турбиной во главе с начальником смены блока. В их обязанности входят оперативный контроль и управление всеми технологическими процессами в границах блока. Вся информация о работе и состоянии реакторного и турбинного оборудования сосредоточена именно здесь.



Блочный пункт управления

Персонал БПУ, оценивая информацию, принимает решения по обеспечению безопасного режима эксплуатации блока, экономичной и надежной работы оборудования и технологических систем. Чтобы работать здесь, нужно обладать высоким профессионализмом и соответствовать самым высоким требованиям по профессиональной пригодности. Поэтому специалистам, помимо профильного высшего образования, еще требуется проработать не менее 3 лет в одном из технологических участков, начиная с рабочих должностей, потом проучиться минимум год в учебно-тренировочном центре при АЭС на тренажере.

Еще к вопросу о радиации. Персонал БПУ работает в обычной одежде, поскольку на АЭС с ВВЭР два контура охлаждения реактора, поэтому выбросов радиации в помещения нет, и рабочие зоны не считаются грязными. На БПУ фон 6–7 мкР/ч, т.е. меньше, чем в некоторых жилых помещениях в городах.



Панели резервного пункта управления

поражены оба пункта. С РПУ производится управление дизель-генераторами и другими аварийными источниками. В зале резервного пункта управления, конечно, поменьше всяких переключателей, кнопок и мониторов, однако разобраться во всем этом также очень сложно, и неквалифицированный работник здесь работать не сможет!

Сейчас же мы и подошли к сердцу АЭС – **реакторному залу**. На атомных станциях доступ в реакторный зал ограничен – туда можно заходить только во время перезагрузки ядерного топлива или в моменты проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР), когда реактор находится в режиме останова. При перезагрузках, которые проводятся, как правило, раз в год, или полтора, реактор останавливают, расхолаживают, проводят ремонт, осуществляют перегрузку топлива, а раз в 3–4 года происходит полная выгрузка топлива и обследование корпуса реактора изнутри. Все остальное время реактор герметично закрыт.



Резервный пункт управления также располагается в отдельном помещении. С него можно аварийно остановить реакторную установку, провести аварийное расхолаживание с обеспечением ядерной и радиационной безопасности, если по каким-либо причинам этого нельзя сделать с БПУ. РПУ должен быть изолирован от БПУ, чтобы в случае аварии не были

Справка. Ядерный реактор это устройство, в котором протекает управляемая и контролируемая цепная реакция деления с выделением огромного количества тепловой энергии. Теплота в реакторе выделяется за счет цепной реакции деления ядерного топлива (урана-235) под действием тепловых нейтронов (ядра урана делятся, количество распадов нарастает в геометрической прогрессии, что в конечном итоге приводит к высвобождению огромного количества энергии). При этом образуются продукты деления, среди которых есть и твердые вещества, и газы – ксенон, криптон, йод. Продукты деления обладают очень высокой радиоактивностью, поэтому топливо (таблетки двуокиси урана) помещают в герметичные циркониевые трубки – тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы). Эти трубки объединяются в единую **тепловыделяющую сборку (ТВС)**. Одна из них показана на рисунке, из таких сборок и набирается активная зона реактора.



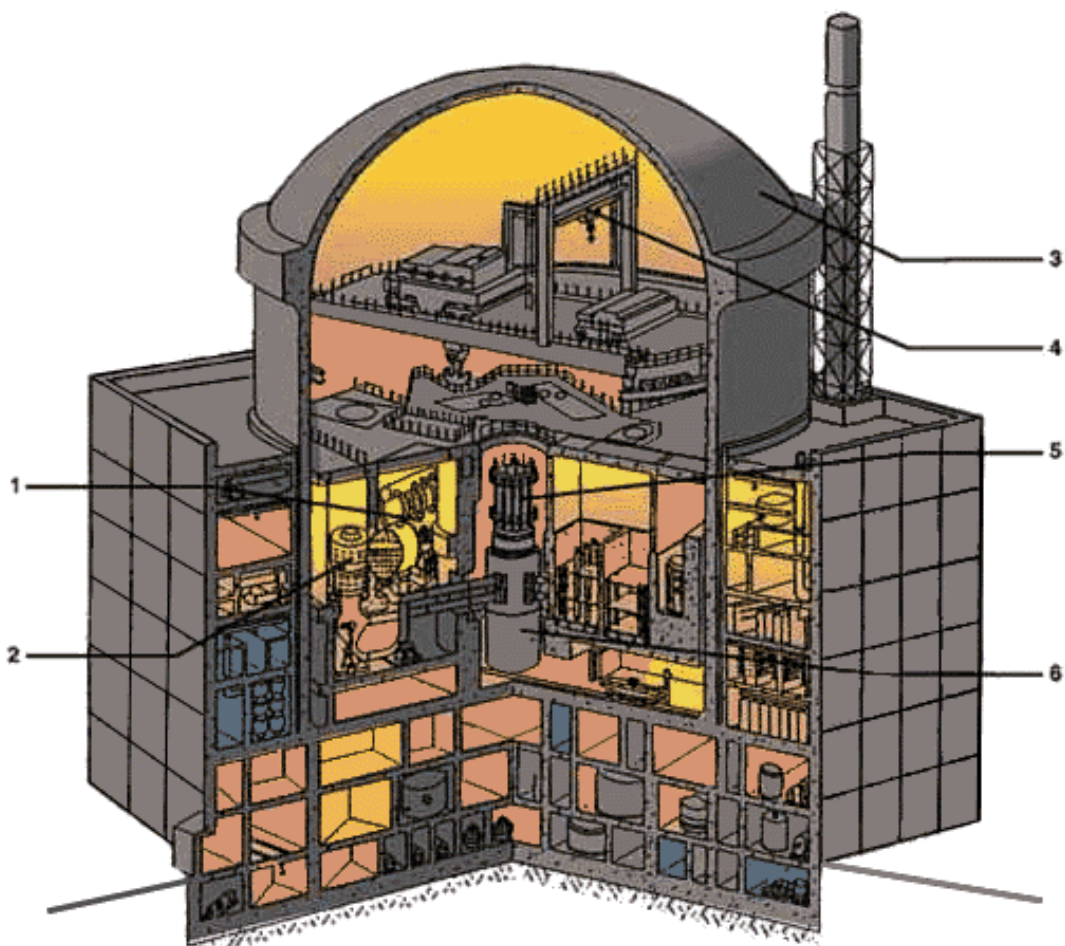
Для того, чтобы представить себе мощь и экономичность этого энергоисточника, можно привести такой пример: при делении **8 грамм низкообогащенного урана** (до 5% по урану-235 – обогащение, близкое к обогащению топлива в современных легководных реакторах), при полном расщеплении ядер урана-235 выделяется энергия, эквивалентная сжиганию примерно 40 тонн высококачественного каменного угля или 7 тонн нефти.

Для управления мощностью и остановки ядерного реактора используются регулирующие стержни, которые можно перемещать по всей высоте активной зоны. Стержни изготавливаются из веществ, поглощающих нейтроны – например, из бора или кадмия. При полном введении стержней нейтроны интенсивно поглощаются, цепная реакция деления прекращается, и происходит останов реактора. Перемещение стержней производится дистанционно с пульта управления. При небольшом перемещении стержней цепной процесс будет либо развиваться, либо затухать в зависимости от того, перемещаются стержни вверх или вниз. В реакторе изменение режима работы осуществляется еще и борным регулированием, то есть вводом в теплоноситель первого контура раствора борной кислоты определенной концентрации.

Немного истории

Пробораз ядерного реактора был построен в декабре 1942 года в США под руководством Э. Ферми. Это была так называемая «Чикагская стопка» (Chicago Pile). Такое название дали ему из-за того, что он напоминал собой большую стопку графитовых блоков, положенных один на другой. В СССР первый реактор был построен под руководством академика И. В. Курчатова. Реактор Ф-1 заработал 25 декабря 1946 г. Реактор имел форму шара диаметром около 7,5 метров и работал на малых уровнях мощности.

Исследования продолжились и 27 июня 1954 года вступила в строй Первая в мире атомная электростанция мощностью 5 МВт в г. Обнинске.



На рисунке приведен разрез реакторного отделения энергоблока, где 1 – парогенератор, 2 – главный циркуляционный насос, 3 – защитная оболочка, 4 – перегрузочная машина, 5 – управляющие стержни 6 – корпус ядерного реактора.

Такая вот сложная и интересная конструкция, правда, ребята?!

Следующий пункт остановки – **машинный зал**. Здесь находятся турбина, генератор и обеспечивающие их работу системы. Машинный зал расположен на двух уровнях: на верхнем уровне находятся генераторы и турбины, на нижнем –



Так выглядит машинный зал изнутри

конденсаторы, насосы и трубопроводы. Весь зал опутан трубами. С красной маркировкой – пар, с зеленой – вода, а с голубой – воздух. В машинном зале присутствует постоянная вибрация, и достаточно шумно, гул работающих машин заглушает голоса, и по технике безопасности требуется носить каску и беруши.

В зале жарко, температура воздуха около 40°С. Чистота почти стерильная, даже полы блестят. Работников в зале немного – системы управляются дистанционно.



Фрагменты машинного зала

Внизу огромное пространство для ремонта и обслуживания в периоды планово-предупредительных ремонтов. Турбина – это второй по сложности и важности агрегат на атомной станции после реактора. Турбина настолько большая и мощная, что пол постоянно дрожит под ногами.



Турбина



Генератор

Хотите узнать, как это работает?

Схема станции – двухконтурная. Первый, радиоактивный, контур состоит из одного реактора (на белорусской АЭС будет установлен реактор типа ВВЭР-1200) и четырех циркуляционных петель охлаждения. Второй контур, нерадиоактивный, включает в себя парогенератор, водо-питательную установку и один турбоагрегат. Теплоносителем первого контура является некипящая вода высокой чистоты, подаваемая под давлением около 16 МПа. И первый, и второй контуры реактора герметичны. Это обеспечивает безопасность работы реактора и защищает персонал и население от радиоактивного воздействия.

Основные процессы, происходящие во время работы АЭС.

✚ Главными циркуляционными насосами вода прокачивается через активную зону реактора, где она нагревается до температуры примерно 320°С за счет тепла, выделяемого при ядерной реакции.

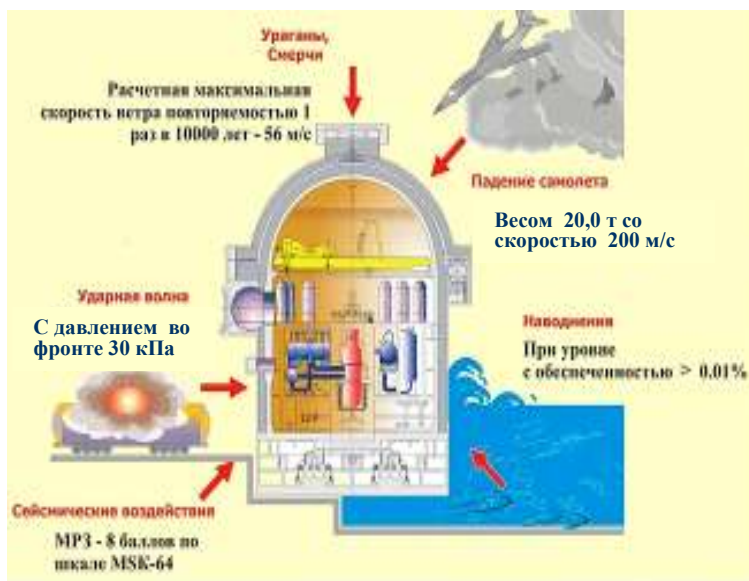
✚ Нагретый теплоноситель попадает в парогенератор и передает свое тепло воде второго контура, где и образуется пар.

- ✚ Охлажденный теплоноситель вновь поступает в реактор.
- ✚ Парогенератор выдает насыщенный пар под давлением около 7 МПа, который подается к паровой турбине.
- ✚ Турбина приводит в движение ротор электрогенератора.
- ✚ Отработанный пар конденсируется в конденсаторе и вновь подается в парогенератор конденсатным насосом. Для поддержания постоянного давления в контуре установлен паровой компенсатор объема.
- ✚ Теплота конденсации пара отводится из конденсатора циркулирующей водой, которая подается питательным насосом из водоема-охладителя.

Коэффициент полезного действия (доля преобразования тепловой энергии в электрическую) современной атомной электростанции составляет около 37%. Для отвода неиспользованного тепла на АЭС предусматриваются специальные системы охлаждения. Это могут быть градирни или водоемы-охладители, иногда это может быть воздушное охлаждение.

Ну вот, мы везде побывали, стало быть, наша увлекательная экскурсия по АЭС закончена.

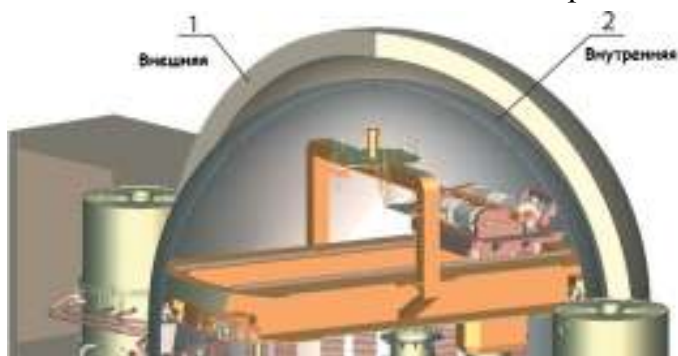
Несколько слов **о безопасности**. Безопасность атомной станции является приоритетной по отношению к другим показателям ее жизнедеятельности, неотъемлемой составной частью производства электроэнергии и эффективности работы АЭС. Безопасность и экологичность работы реактора обеспечиваются



жестким выполнением регламента (правил эксплуатации) и большим количеством контрольного оборудования. Все оно предназначено для продуманного и эффективного управления реактором.

Атомная станция сконструирована таким образом, что она может противостоять одновременному стечению таких катаклизмов, как землетрясение, цунами, падение самолетов, взрывы, наводнения и пожары,

сильные снегопады! В основу обеспечения безопасности АЭС положен принцип «защиты в глубину» – выстраивание системы физических барьеров на пути распространения радиоактивного излучения и системы мер по защите барьеров от разрушения. Всего на пути распространения радиоактивного излучения имеется 4 барьера. В случае, если произойдет разрушение одного из них, следующий защитит станцию. Последним барьером является двойная



Фрагмент двойной защитной оболочки

защитная оболочка.

Внутренняя оболочка, выполненная из перенапряженного железобетона, сохраняет герметичность при внутренних отклонениях от режима эксплуатации.

Внешняя оболочка – железобетонная – защищает энергоблок и реакторную установку от внешних воздействий, о которых я уже упоминал – это природные катаклизмы или чрезвычайные обстоятельства, например, падение самолета.

Поговорим о **человеческом факторе** в деле обеспечения безопасности АЭС.

Опыт эксплуатации атомных станций показывает, что причины возникновения аварий и инцидентов так или иначе связаны с поведением людей, а именно – с их отношением к проблемам безопасности.

Любая деятельность, связанная с производством электроэнергии на АЭС, начиная с выбора площадки и проектирования, заканчивая эксплуатацией оборудования и подготовкой персонала, должна быть пронизана психологией безопасности. Психология безопасности является ключевым элементом **культуры безопасности**. А культура безопасности, в свою очередь, является фундаментальной составляющей безопасности.

Понятие «культура безопасности» впервые сформулировано МАГАТЭ в 1986 году в процессе анализа причин чернобыльской аварии. Культура безопасности представляет собой набор правил и особенностей деятельности организации и поведения отдельных лиц, которые устанавливают высший приоритет личной ответственности и внимание к проблемам обеспечения безопасности АЭС.

Во всех видах деятельности в атомной энергетике от персонала требуются высокий профессионализм, умноженный на осознание своей роли в обеспечении безопасности, и, отсюда, ответственное отношение к своей работе. Всем работающим на АЭС необходимо запомнить это как «дважды два».

На этом – все! Урок закончен, до новых встреч, ребята!

При подготовке буклета были использованы следующие источники:

<http://macos.livejournal.com/340194.html?thread=8556258>

<http://mmet.livejournal.com/65915.html>

<http://lab-37.com/technologies/nuclear/>

<http://www.visualrian.ru/ru/site/lightbox/583/>

<http://www.ecoatominf.ru/publishs/Help1/VAES.htm>

http://muz4in.net/news/kalininskaja_aehs_iznutri_mashinnye_zaly/2011-03-19-16994

http://nnm.ru/blogs/a92/poezdka_na_volgodonskuyu_aes/

Материал подготовили: Брылева В.А., Комаровская Л.В, Зимич Е. Н.

Адреса для контактов:

ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99

Тел.: 299-47-61, 299-45-56, факс: 299-43-55, E-mail: valentina.brylioiva@yandex.by

Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by> , Web-site: <http://jipnr.basnet.by>

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь