

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
Нововоронежский политехнический колледж -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный
университет

Тема: КЛАССИФИКАЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
АЭС

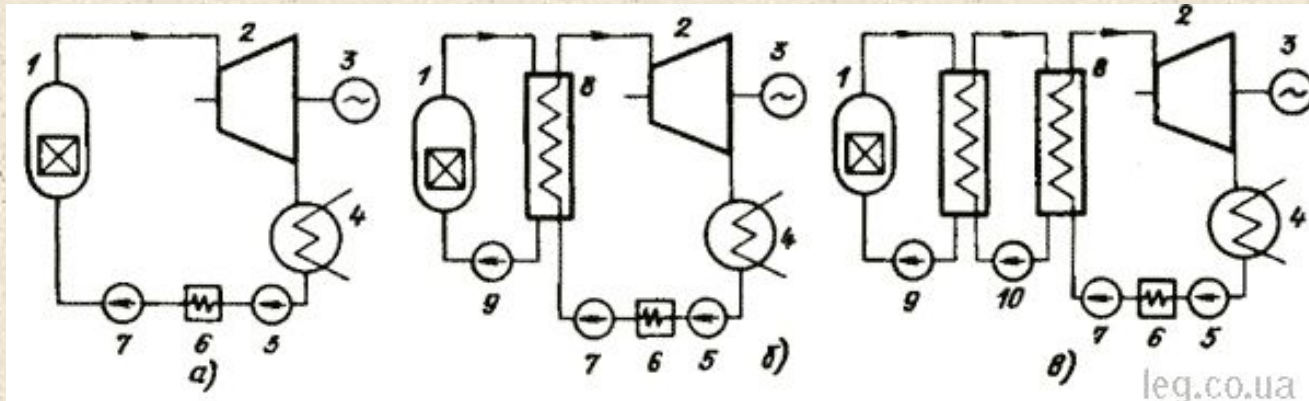
Группа П-12 (Сморчков В.М)

Атомные электрические станции (АЭС) могут быть конденсационными, теплофикационными (АТЭЦ), а также атомными станциями теплоснабжения (АСТ) и атомными станциями промышленного теплоснабжения (АСПТ). Атомные станции сооружаются по блочному принципу как в тепловой, так и в электрической части.

Ядерные реакторы АЭС классифицируются по различным признакам. По уровню энергии нейтронов реакторы разделяются на два основных класса: тепловые (на тепловых нейтронах) и быстрые (на быстрых нейтронах). По виду замедлителя нейтронов реакторы бывают водными, тяжеловодными, графитовыми, а по виду теплоносителя — водными, тяжеловодными, газовыми, жидко металлическими. Водоохлаждаемые реакторы классифицируются также по конструктивному исполнению: корпусные и каналные.

С точки зрения организации ремонта оборудования наибольшее значение для АЭС имеет классификация по числу контуров. Число контуров выбирают с учетом требований обеспечения безопасной работы блока при всех возможных аварийных ситуациях. Увеличение числа контуров связано с появлением дополнительных потерь в цикле и соответственно уменьшением КПД АЭС. В системе любой АЭС различают теплоноситель и рабочее тело. Рабочим телом, т.е. средой, совершающей работу, преобразуя тепловую энергию в механическую, является водяной пар. Назначение теплоносителя на АЭС — отводить теплоту, выделяющуюся в реакторе. Если контуры теплоносителя и рабочего тела не разделены, АЭС называют одноконтурной

Тепловая схема АЭС



а - одноконтурная; б - двухконтурная; в - трехконтурная; 1 - реактор; 2 - турбина; 3- турбогенератор; 4- конденсационная установка; 5- конденсатный насос; б - система регенеративного подогрева питательной воды; 7 - питательный насос; 8 - парогенератор; 9 - циркуляционный насос контура реактора; 10 - циркуляционный насос промежуточного контура

В одноконтурных схемах все оборудование работает в радиационно-активных условиях, что осложняет его ремонт. По одноконтурной схеме работают АЭС с реакторами типа РБМК-1000 и РБМК-1500.

Если контуры теплоносителя и рабочего тела разделены, то АЭС называют двухконтурной. Соответственно контур теплоносителя называют первым, а контур рабочего тела — вторым. В таких схемах реактор охлаждается теплоносителем, прокачиваемым через него, и парогенератор — главным циркуляционным насосом. Образованный таким образом контур теплоносителя является радиоактивным, но он включает в себя не все оборудование станции, а лишь его часть. Второй контур включает оборудование, которое работает при отсутствии радиационной активности — это упрощает ремонт оборудования. На двухконтурной станции обязателен парогенератор, который разделяет первый и второй контуры.

По двухконтурной схеме работают АЭС с реакторами типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Существуют теплоносители, интенсивно взаимодействующие с паром и водой. Это может создать опасность выброса радиоактивных веществ в обслуживаемые помещения. Таким теплоносителем является, например, жидкий натрий. Поэтому создают дополнительный (промежуточный) контур, для того чтобы даже в аварийных режимах избежать контакта радиоактивного натрия с водой или водяным паром.

Такие АЭС называют трехконтурными. По трехконтурной схеме работают АЭС с реакторами типа БН-350 и БН-600. В настоящее время на АЭС в основном установлены энергоблоки мощностью 350 — 1500 МВт с реакторами типа ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК-1000, РБМК-1500, БН-350 и БН-600.

Основные характеристики реакторов АЭС

Параметр	Тип реактора				
	Водо-водяные		Канальные водо-графитовые		На быстрых нейтронах
	ВВЭР-440	ВВЭР-1000	РБМК-1000	РБМК-1500	БН-350 БН-600
Тепловая мощность реактора, МВт	1375	3000	3200	-	1000 1430
Электрическая мощность, МВт	440	1000	1000	1500	350 600
Давление в корпусе реактора, МПа	12,5	16	-	-	-
Давление в барабанах-сепараторах или в парогенераторах, МПа			7	7	
Расход воды, циркулирующей в реакторе, м ³ /ч	39000	76000	37500	29000	-
Загрузка урана, т	42	66	180	-	--
Кампания реактора, ч	7000	7000	-	-	-
Размер активной зоны, м: диаметр высота	2,88 2,5	3,12 3,5	11,8 7,0	11,8 7	1,5 2,05 1,0 0,75
Топливные кассеты: число кассет число твэлов в кассете	349 126	151 331	-	-	--

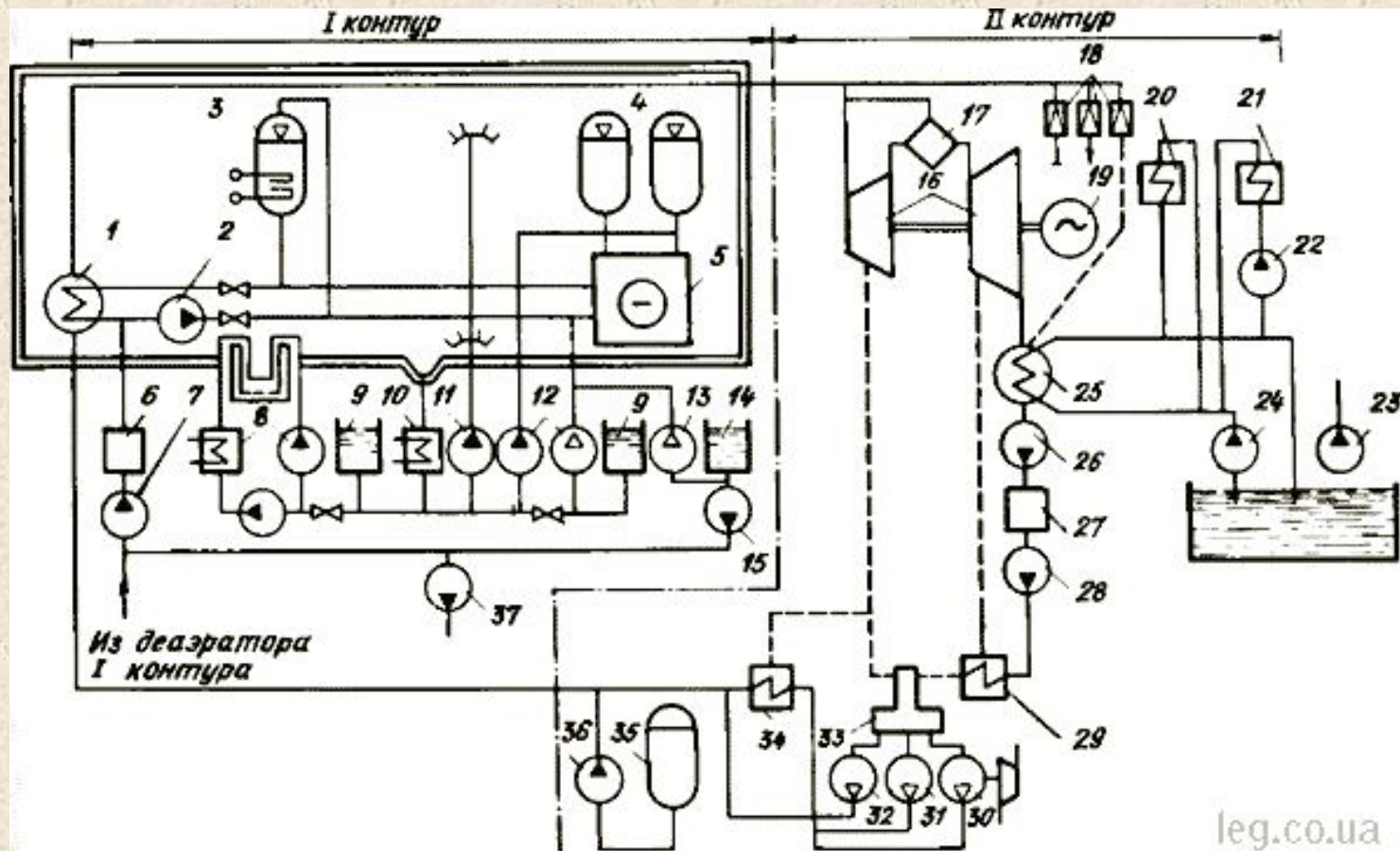
Атомные электростанции, где установлены реакторы: ВВЭР-440 — Ровенская и др.; ВВЭР-1000 — Запорожская, Балаковская, Нововоронежская, Калининская, Южно-Украинская и др.; РБМК-1000 — Ленинградская, Чернобыльская, Курская, Смоленская и др.; РБМК-1500 — Игналинская; БН-350 — Шевченковская; БН-600 — Белоярская.

Водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР) - реактор корпусного типа. Замедлитель и теплоноситель — вода под давлением. Рабочее тело на АЭС с реакторами ВВЭР — водяной пар.

Реактор большой мощности кипящий (РБМК) — это канальный реактор, замедлителем в котором служит графит, а теплоносителем - вода и пароводяная смесь.

У реакторов на быстрых нейтронах теплоносителем первого и второго контуров является натрий, тем самым исключается возможность контакта радиоактивного металла с водой. На рис. 2 приведена принципиальная технологическая схема АЭС с ВВЭР. Тепловая энергия из активной зоны реактора 5 в парогенератор 1 переносится водой, циркулирующей под давлением, созданным ГЦН 2. Реактор ВВЭР-1 000 имеет четыре главных циркуляционных контура и столько же ГЦН.

Упрощенная технологическая схема АЭС с водо-водяным энергетическим реактором



1 - парогенератор; 2 - главный циркуляционный насос (ГЦН); 3 - компенсатор объема; 4 — гидроаккумулятор системы аварийного охлаждения; 5 - реактор; 6 - установка спецводоочистки; 7 - насос нормальной подпитки и борного регулирования; 8 — теплообменник и насос охлаждения бассейна выдержки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ); 9 - баки аварийного запаса борного раствора системы САОЗ нормальной и повышенной концентрации; 10 - теплообменник расхолаживания реактора; 11 — спринклерные насосы; 12 — насосы аварийного расхолаживания низкого и высокого давления; 13, 15 - аварийный и рабочий насосы подкачки борного концентрата; 14 - бак борного концентрата; 16 - паровая турбина; 17 - сепаратор-пароперегреватель; 18 - быстродействующие редуцирующие установки (БРУ) сброса пара; 19 - генератор; 20 - маслоохладитель; 21, 22 - газоохладитель и его насос; 23 — насос технической воды; 24 - циркуляционный насос турбины; 25 — конденсатор; 26, 28 - конденсатные насосы первой и второй ступеней; 27- конденсатоочистка; 29 - подогреватель низкого давления; 30 - питательный турбонасос; 31 - пескорезервный питательный электронасос; 32 — насос расхолаживания; 33 — деаэратор; 34 - подогреватель высокого давления; 35 - бак запаса питательной воды; 36 - аварийный питательный насос; 37 - насосы слива теплоносителя I контура

Для поддержания определенного давления пара над уровнем воды в реакторном контуре установлен паровой компенсатор объема 3 с электронагревом, который обеспечивает испарение воды в компенсаторе объема.

Безопасность АЭС обеспечивают системы нормальной эксплуатации, локализирующие системы и система аварийного охлаждения активной зоны реактора (САОЗ). Локализирующая система и САОЗ должны обеспечить нераспространение радиоактивности вне герметичных помещений АЭС при всех нормальных и аварийных режимах. Аварийное охлаждение реактора обеспечивается тремя независимыми системами. Одна из таких систем состоит из баков аварийного запаса борного раствора 9, теплообменника расхолаживания 10, спринклерного насоса 11, насосов аварийного расхолаживания низкого и высокого давления 12. В случае разгерметизации реакторного контура и небольшой течи включаются насосы 12, подающие борированный раствор в контур. При максимальной проектной аварии (МПА) — разрыве главного циркуляционного контура и падении давления в реакторе в объем над активной зоной и под нее подается вода из гидроаккумулирующих емкостей 4. Это должно предотвратить закипание воды в реакторе. Одновременно борированная вода подается в спринклерные установки и в реакторный контур. В струях воды спринклерной установки пар конденсируется и предотвращается повышение давления в герметичной оболочке. Стекающая в приемки вода охлаждается в теплообменниках 10 и вторично закачивается в контур и в спринклерные установки до полного охлаждения реактора. Подпитка первого контура при нормальном режиме осуществляется насосами 7 из деаэратора первого контура. При малых расходах борсодержащая вода подается насосами 13 и 15.

На АЭС с реакторами ВВЭР-1000 к помещениям зоны свободного режима относятся: машинный зал, где установлена турбина К-1030- 60/1500 или К-1000-60/1500 и турбогенератор ТВВ-1000-4УЗ, приточный 42 вентиляционный центр, блочные щиты управления и другое оборудование, т.е. помещения, в которых персонал не занят непосредственно на работах с источниками ионизирующих излучений. В зоне свободного режима практически исключается воздействие на персонал ионизирующего излучения.

При оценке уровня радиации в помещениях АЭС основным фактором радиационного воздействия является поток ионизирующих излучений, проникающих за биологическую защиту, в основном поток γ -излучения. Во всех зонах АЭС системы вентиляции обеспечивают допустимые концентрации радиоактивных веществ во вдыхаемом воздухе.