этапе ПЭБ без ядерного топлива на борту отбуксирован с территории Балтийского завода к причалу ФГУП «Атомфлот» в Мурманске. Далее — ориентировочно летом 2019 года — он с уже загруженным ядерным топливом и экипажем на борту будет доставлен из Мурманска в морской порт Певека. По договору с «Росэнергоатомом» весь комплекс буксировочных и маневровых услуг, связанных с перегоном плавучего энергоблока по маршруту Санкт-Петербург—Мурманск—Певек, окажет ФБУ «Морская спасательная служба Росморречфлота». По расчетам специалистов, средняя скорость следования буксирного каравана по запланированному маршруту при благоприятных гидрометеоусловиях, а также при отсутствии каких-либо причин задержек каравана составит 3,5–4,5 узла.

По состоянию на сентябрь 2018 года на площадке строительства береговой инфраструктуры и гидротехнических сооружений ПАТЭС в Певеке продолжаются работы основного периода строительства, в том числе:

завершены строительно-монтажные работы по сооружению подходного участка мола-причала;

начаты работы по сооружению мола-причала;

начаты работы по строительству объектов береговой инфраструктуры.

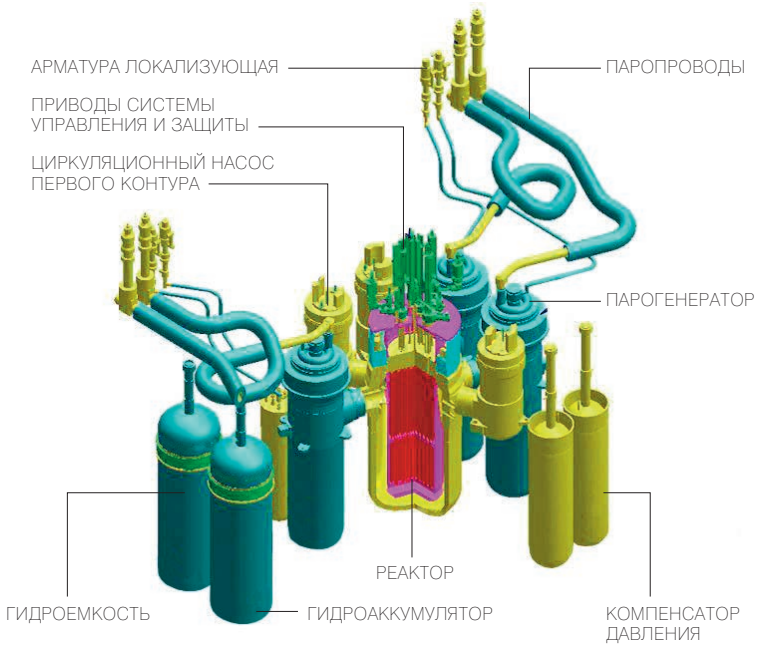
КЛТ-40С представляет собой реакторную установку с водо-водяным ядерным реактором корпусного типа.

В первом контуре принята газовая компенсация давления. Реактор и парогенераторы первого контура объединены в парогенерирующий блок силовыми патрубками. Блок размещен в кессонах бака металловодной защиты.

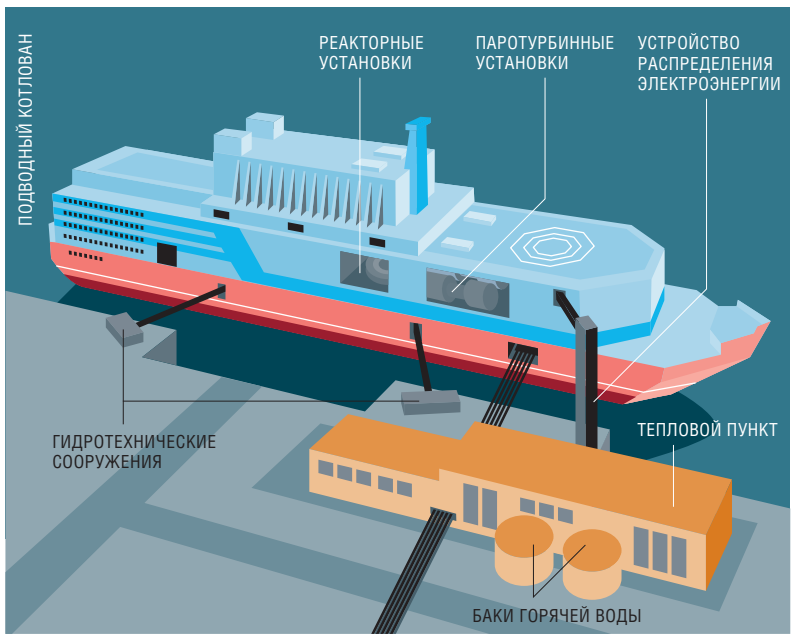
Реактор состоит из корпуса, крышки, выемного блока и активной зоны. На крышке реактора установлены пять приводов органов компенсации избыточной реактивности — компенсирующие группы и четыре исполнительных механизма аварийной защиты. Исполнительный механизм аварийной защиты состоит из реечного механизма с пружиной, сервопривода и асинхронного электродвигателя. Привод компенсирующей группы включает винтовой механизм, редуктор и шаговый электродвигатель.

Активная зона состоит из комплекта тепловыделяющих сборок, что обеспечивает возможность перегрузки отработанного топлива отдельными сборками. В состав сборок входят тепловыделяющие элементы стержневого типа.

СХЕМА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ КЛТ-40С



СОСТАВ ПЛАВУЧЕЙ АТОМНОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ КЛТ-40С



Парогенератор представляет собой прямоточный вертикальный цилиндрический трубный аппарат, трубная система которого набрана из цилиндрических спиральных змеевиков, изготовленных из коррозионно-стойкого материала.

Циркуляционный электронасос — центробежный, одноступенчатый, бессальниковый, с герметичным двухскоростным электродвигателем.

Все источники ионизирующих излучений окружены биологической защитой. В качестве основных материалов защиты использованы сталь, бетон, вода. Конструктивно биологическая защита выполнена в виде бака с водой, съемных блоков сухой защиты и периферийной защитной оболочки.

Ядерную паропроизводящую установку предполагается оснастить комплексом аппаратуры радиационного контроля и контроля радиоактивного загрязнения в контурах и помещениях, включающих радиохимическую и радиометрическую лаборатории.

К системам безопасности КЛТ-40С относятся:

система управления и защиты реактора;

система отвода остаточных тепловыделений;

система аварийного охлаждения (проливки) активной зоны;

система снижения аварийного давления в полости защитной оболочки;

система защиты первого контура от переопрессовки;

система сравнения с забортным давлением;

система ввода жидкого поглотителя в реактор и др.

Аварийный останов реактора осуществляется введением в активную зону компенсирующих стержней. При обесточивании их приводов опускание поглотителей происходит под действием гравитационных сил. Для повышения надежности воздействия на реактивность в запроектных авариях предусмотрена страховочная система ввода в реактор жидкого поглотителя, состоящая из бака с раствором азотнокислого кадмия и трубопровода (со съемным участком) к системе подпитки первого контура.

Комплекс систем управления и автоматизации технических средств построен таким образом, что управление и контроль за наиболее важными параметрами установки, влияющими на ядерную безопасность, осуществляются по трехканальной схеме, а сигналы аварийной защиты и экстренного снижения мощности реактора вырабатываются по мажоритарному принципу. Дистанционное управление установкой и контроль за ее работой осуществляются с поста управления.

Система аварийного охлаждения (проливки) активной зоны реактора включает три высоконапорных электронасоса и цистерну с запасом воды. После снижения давления в реакторе проливка продолжается резервным питательным насосом.

Для дорасхолаживания активной зоны предусмотрена возможность рециркуляции воды из барботажной цистерны насосами системы дренажа.

Система отвода остаточных тепловыделений выполнена в виде двух независимых каналов расхолаживания: водой второго контура через парогенераторы или водой третьего контура через теплообменник.

Одним из элементов систем локализации аварий является защитная оболочка. Она представляет собой прочноплотную выгородку и рассчитана на внутреннее давление, реализующееся при так называемой максимальной проектной аварии — разрыве полным сечением трубопровода первого контура. Система снижения аварийного давления в защитной оболочке включает барботажную цистерну с пресной водой, каналы для подвода паровоздушной смеси в цистерну пресной воды, предохранительные заглушки.

Сейчас в мире нет действующих аналогов строящейся ПАТЭС. Единственной плавучей атомной станцией была американская MH-1A «Стерджис», построенная для армии США в 1968 году. В 1977 году она была деактивирована.

Власти Чукотского автономного округа возлагают особые надежды на экономический эффект: ПАТЭС позволит модернизировать энергосистему округа и снизить тариф на электроэнергию в 2,5 раза — с 16 до 6 руб. за 1 кВт•ч. Это, в свою очередь, даст возможность начать разработку нескольких месторождений, в частности медно-порфирового в Баимской рудной зоне — одного из самых крупных в мире. Другие «бонусы» снижения тарифа — уменьшение нагрузки на малый и средний бизнес, повышение качества жизни населения. Кроме того, ПАТЭС должна стать частью энергомоста Чукотка—Магадан, который соединит изолированные энергосистемы регионов.

ВЛАДИМИР ТЕСЛЕНКО, кандидат химических наук

ПРОЕКТЫ ПОДВОДНЫХ АЭС

США

Концепция, разработанная учеными Массачусетского технологического института (MIT), сочетает две хорошо наработанные технологии: атомный реактор и глубоководную нефтяную платформу. В рабочем состоянии плавучие АЭС (ПАТЭС) могут быть расположены в относительно глубоких водах вдали от прибрежных районов, с которыми они будут связаны лишь подводной линией электропередачи. Морская вода защитит расположенную на заданной глубине атомную электростанцию от землетрясений и цунами, а в случае аварии может служить для охлаждения, причем в этом случае не понадобятся насосы.

По проекту инженеров MIT, плавучая АЭС состоит из главной конструкции диаметром около 45 метров, на которой разместится реактор мощностью 300 МВт. Альтернативный проект АЭС мощностью 1100 МВт предусматривает главную конструкцию диаметром 75 метров. В обоих случаях главная конструкция включает жилые помещения и вертолетные площадки для транспортировки персонала, по аналогии с морскими буровыми платформами.

Привлекательность концепции в том, что хорошо освоенные технологии объединяются с надежными цепочками поставок. Есть верфи, которые строят большие цилиндрические платформы нужного типа. Есть компании, которые строят атомные реакторы нужного размера. Однако пока идея ПАТЭС в США находится лишь на бумаге в виде инженерной идеи (concept design).

Франция

Компания DCNS разрабатывает идею подводного атомного реактора Flexblue номинальной мощностью 160 МВт. Согласно концепции, реактор будет заключен в корпус диаметром 14 метров и длиной 145 метров, его планируется расположить горизонтально или на океанском дне, или не доходя до него, на глубине 30–100 метров. Приоритетами разработки стали безопасность и компактный дизайн. Минимальная продолжительность ядерного топливного цикла должна составить пять лет. Концепция разрабатывается с прицелом на «физическое» строительство в 2030–2040 годах. Французские разработчики сочли подходящими для плавучих АЭС реакторы следующих типов: 1) кипящие, 2) под давлением, 3) с перегретой водой, 4) быстрые свинцово-висмутовые и 5) с органическим охлаждением.

Пока идея ПАТЭС во Франции находится тоже на стадии инженерной идеи (concept design).