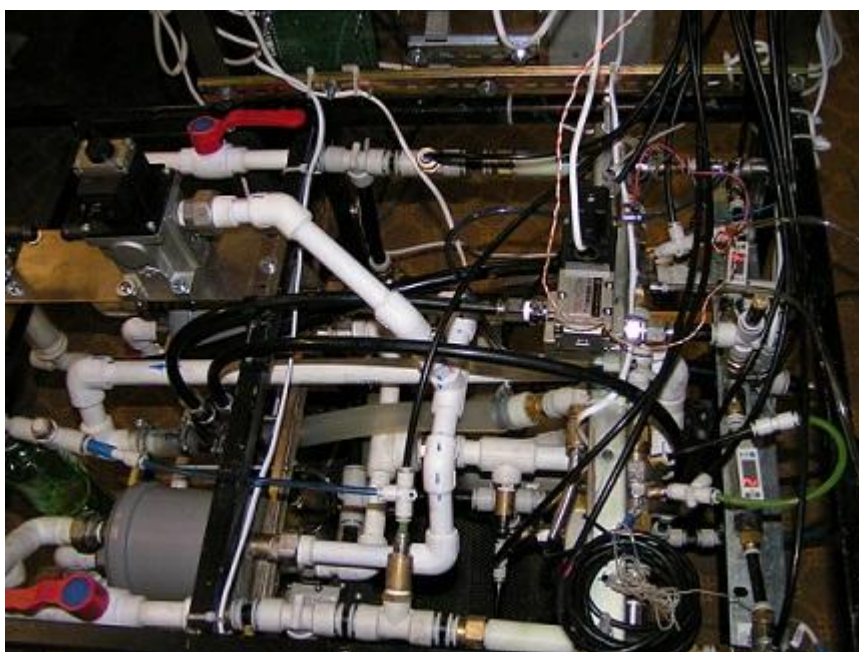


Испытательный стенд «Бета-К» на  
Приморской учебно-научной базе  
СПбГМТУ.

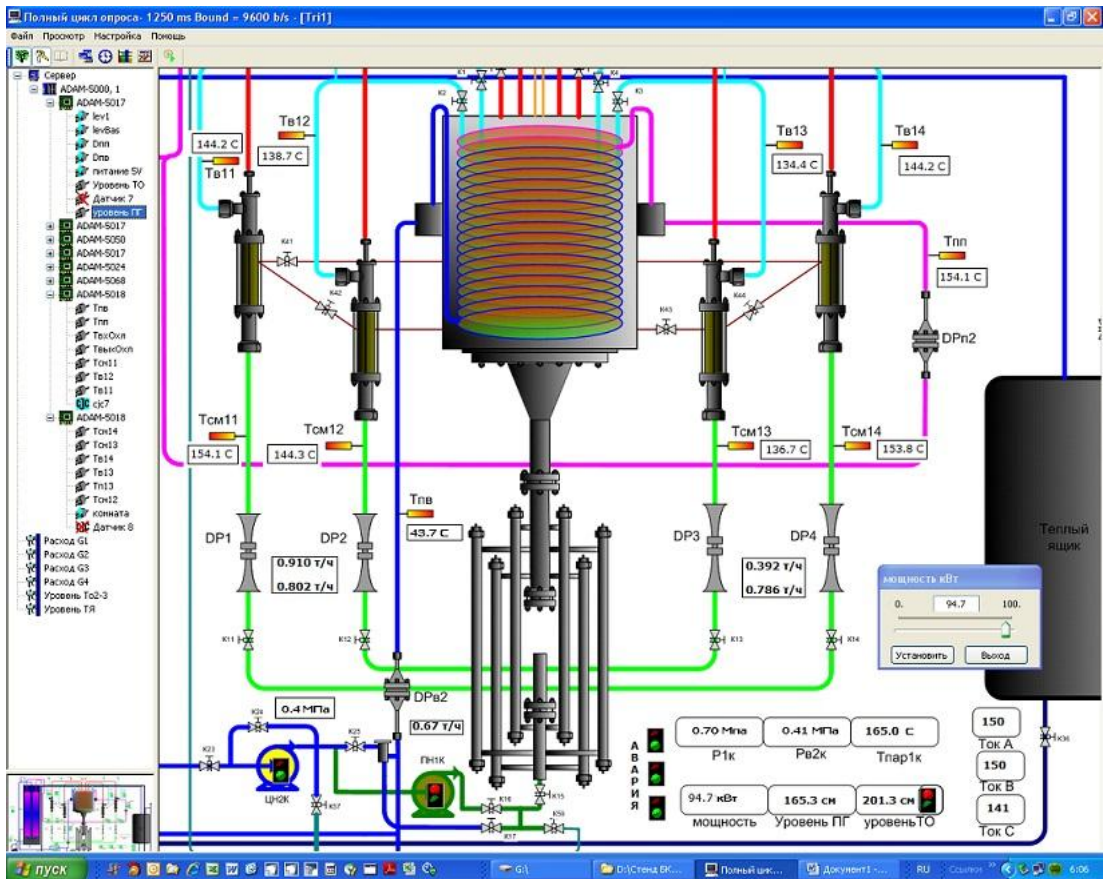
1 – паропроизводящий агрегат  
(парогенератор с компенсатором  
объема), 2 – ПВСА, 3 – собирающий  
коллектор, 4 – раздающий коллектор, 5 –  
элементы нагревателя, 6 – цапф-подвесы.



Испытательный стенд «Бета-К» на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ. Паропроизводящий агрегат.



Стенды для проведения функциональных, доводочных, сдаточных и ресурсных испытаний энергетических установок на топливных элементах с твердополимерным электролитом на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ. Элементы стенда «КРЦ-3».



Автоматизированная система сбора, обработки и отображения информации. Активная мнемосхема стенда на экране компьютера для управления стендом в процессе проведения эксперимента.

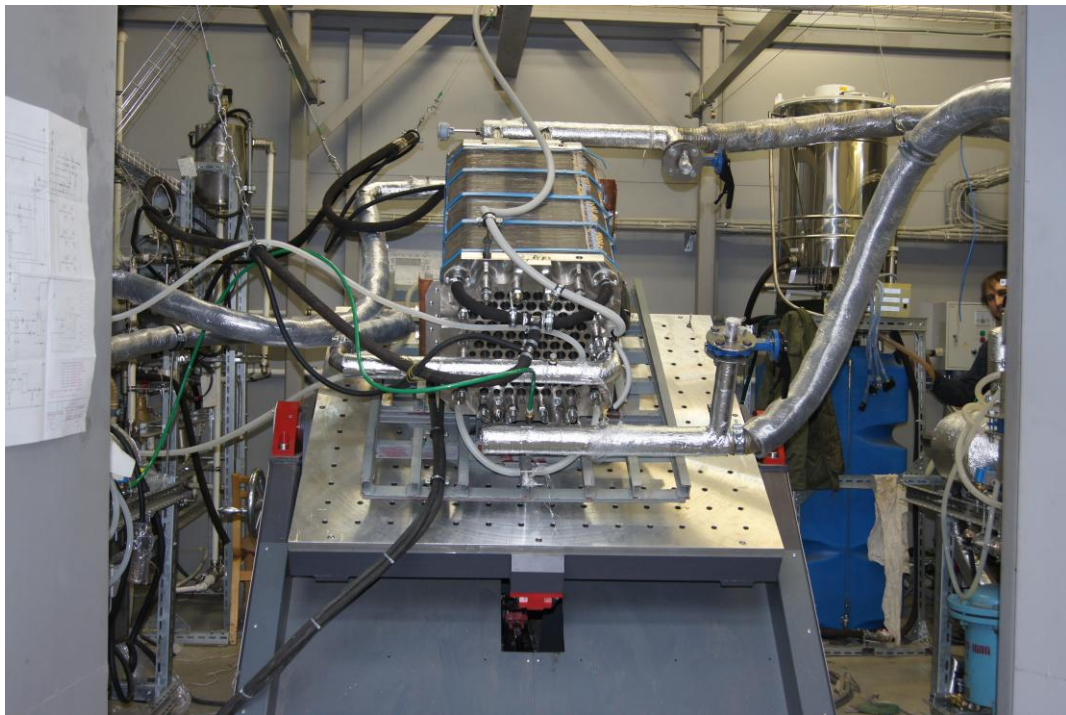


Сопло газо-газового инжектора изготовленное на 3D-принтере.





Стендовая база для испытаний батарей топливных элементов внутри комплекса «Феррит» на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ. Электрическое нагрузочное устройство ЭНУ-100.



Стендовая база для испытаний батарей топливных элементов внутри комплекса «Феррит» на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ. Испытательный стенд «БТЭ-50» для испытаний батареи топливных элементов большой мощности.



Стендовая база для испытаний батарей топливных элементов внутри комплекса «Феррит» на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ. Пульт системы контроля атмосферы в помещении стенда.

## **Справочная информация по основным научным направлениям кафедры Энергетики**

### **Ядерные моноблочные паропроизводящие агрегаты типа «Бета»**

Несколько крупных аварий, имевших место на АЭС в конце прошлого века, подорвали доверие мировой общественности к ядерной энергетике. Это привело к тому, что к 2003 году почти во всех странах снизилась выработка энергии на АЭС.

Однако ужесточающиеся требования снижения антропогенного воздействия на окружающую среду и приближающееся истощение запасов нефти на Земле вновь поставили на повестку дня вопрос о дальнейшем развитии ядерной энергетике. Причем спрос на ядерные энергетические установки наблюдается во всех секторах рынка. Нужны и мощные стационарные АЭС для быстро развивающегося рынка Азии, и АЭС небольшой мощности (стационарные и плавучие) для медленно развивающихся и не требующих больших мощностей рынков электроэнергии.

Перед ядерной энергетикой стоят две проблемы: достижение высоких экономических показателей и повышение надежности реакторов.

Человечеством уже накоплен богатый и разнородный опыт в области проектирования, строительства и эксплуатации различных ядерных реакторов: стационарных и корабельных, с тепловой мощностью более 1 ГВт и небольшой мощности. К сожалению, есть и опыт тяжелых аварий. Все это позволило сформулировать ряд требований к проектируемым АЭС, наиболее принципиальными из которых являются модульность и широкое использование пассивных систем безопасности. И если в области пассивных систем безопасности есть определенный прогресс, то проблема модульности окончательно не решена.

Впервые моноблочные (интегральные, модульные) паропроизводящие агрегаты (ППА) появились в составе судовых ядерных энергетических установок. Размещение в одном прочном корпусе активной зоны реактора и элементов парогенератора позволяет отказаться от

трубопроводов в первом контуре. За счет этого упрощается система циркуляции теплоносителя первого контура, существенно повышается радиационная безопасность установки, становится допустимым кипение теплоносителя в активной зоне и применение более совершенной парогазовой системы компенсации объема.

Сейчас в ряде стран разрабатываются проекты новых атомных электростанций повышенной безопасности, в которых предполагается использование моноблочных ППА и пассивных систем безопасности. Но в состав ППА входит электрический циркуляционный насос первого контура (ЦНПК). Это довольно сложное и дорогое сооружение, причем статор ЦНПК должен охлаждаться системой охлаждения активного оборудования. Существует несколько вариантов размещения ЦНПК: на крышке, по бокам и внутри моноблока. В любом случае, наличие ЦНПК не позволяет создать простой по геометрии прочный корпус.

Моноблочные ППА допускают высокий уровень естественной циркуляции по первому контуру, что делает их менее чувствительными к потере электропитания циркуляционных насосов первого контура. В принципе возможно создание моноблочного ППА с естественной циркуляцией теплоносителя во всем рабочем диапазоне мощностей, однако это требует существенного увеличения высоты ППА. Это, в свою очередь, вызовет некоторое ухудшение массогабаритных характеристик, рост строительной стоимости ППА и всей установки в целом.

Вместе с тем, в семидесятых годах прошлого века сотрудниками Ленинградского кораблестроительного института (ныне - СПбГМТУ) применительно к подводным лодкам ВМФ СССР разрабатывались ядерные моноблочные ППА, которые получили название «Бета».

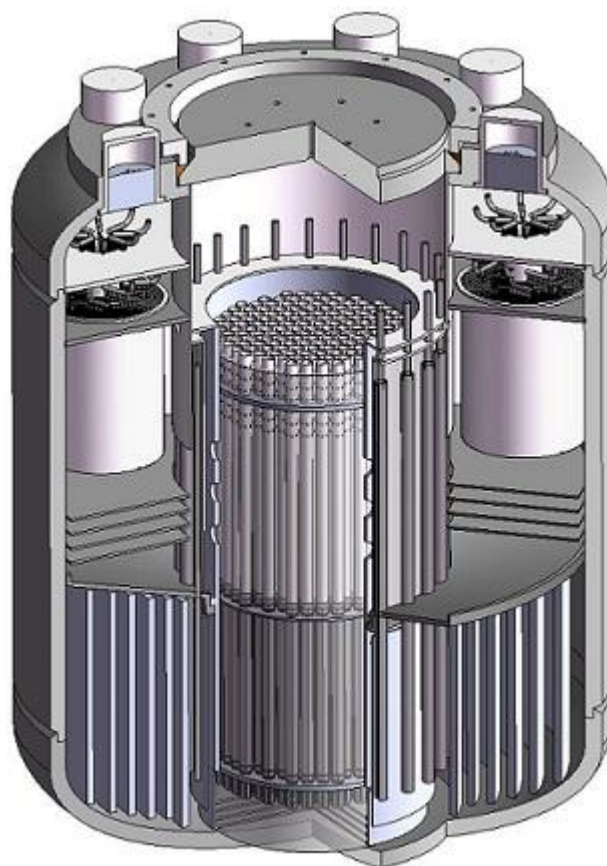
В основе моноблочных ППА типа «Бета» лежит идея использования пароводяных струйных аппаратов (ПВСА) в качестве средств циркуляции теплоносителя первого контура. Для таких ППА был создан принципиально новый ПВСА с высокими коэффициентом инжекции и срывным напором.

ПВСА не имеют ни движущихся, ни трущихся частей. Они обладают высокой надежностью и не требуют ремонта и обслуживания. ПВСА естественным образом располагаются внутри прочного корпуса моноблока. Таким образом, моноблочный ППА типа «Бета» в наиболее законченной форме воплощают в себе идею конструктивной безопасности.

По ряду важнейших характеристик (надежность, масса, габариты и другие) моноблочные ядерные ППА с ПВСА превосходят известные проекты. Кроме того, ППА с ПВСА не требуют затрат электроэнергии на циркуляцию теплоносителя в первом контуре.

ПВСА позволяют также создать систему расхолаживания, которая использует энергию остаточного тепловыделения для обеспечения циркуляции теплоносителя в системе расхолаживания.

В настоящее время коллектив кафедры Энергетики является носителем основных идей рассматриваемого класса ППА и систем расхолаживания с ПВСА.



Конструкторская проработка ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата типа «Бета» мощностью 150 МВт.

### **Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов с твердополимерным электролитом**

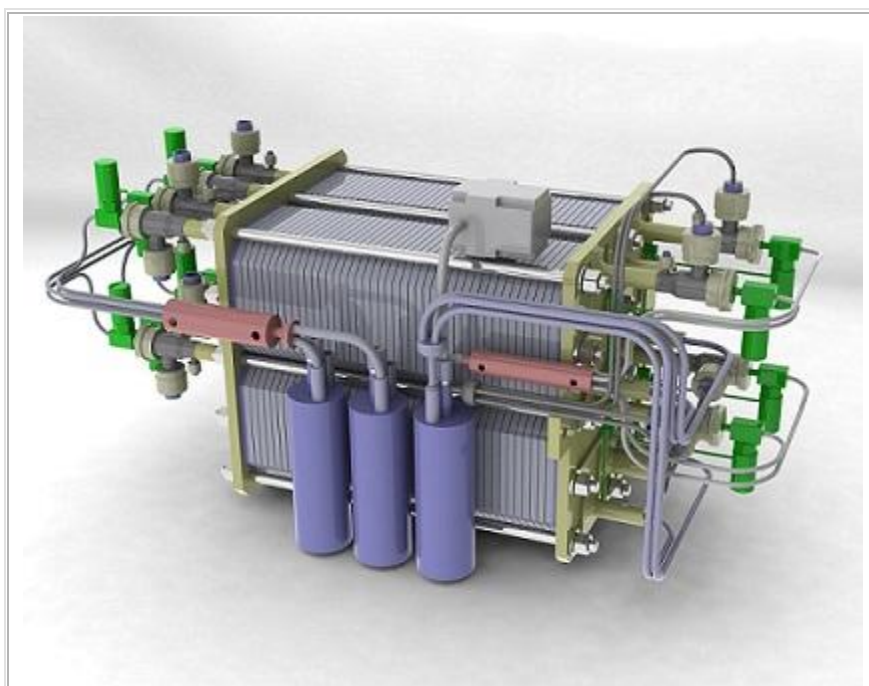
Приближающееся истощение запасов нефти заставило специалистов готовиться к переходу на другие виды первичной энергии и энергоносители. Применяемые на транспорте производные нефти (бензин, дизельное топливо, мазут) являются одновременно и источником первичной энергии, и энергоносителем. В дальнейшем эти функции придется разделить, причем единственным приемлемым энергоносителем для транспорта на сегодняшний день является водород (в свою очередь, водород должен вырабатываться из воды с использованием первичной энергии, например, на АЭС).

В развитие водородной энергетики вкладываются огромные средства. В частности, разрабатываются системы хранения водорода, электрохимические генераторы, в которых химическая энергия водорода с высокой эффективностью превращается непосредственно в электроэнергию.

Крупнейшие автомобильные концерны уже начали выпускать автомобили на водороде. Электрохимические энергетические установки (ЭХЭУ) широко применяются на подводных лодках. Аналогичный процесс начался и в гражданском судостроении. В 2008 году в Гамбурге на реке Альстер (Германия) началась эксплуатация прогулочного судна (водоизмещение 73 тонны, пассажировместимость 100 человек, скорость 14 км/час), созданного в рамках программы ZEMShips (Zero Emission Ships).

Коллектив кафедры Энергетики работает над созданием судовых энергоустановок, базирующихся на использовании высокоманевренных низкотемпературных ЭХГ с твердополимерными топливными элементами. Такие электрохимические энергоустановки пригодны к применению на судах всех классов. При этом высокая (не менее 70%) эффективность

преобразования энергии топлива будет обеспечиваться за счет оснащения ЭХГ устройством рекуперации тепла и влаги, а также за счет утилизации тепловой энергии. Эта пионерская работа, после ее внедрения в производство, предполагает возможность создания нового класса судовой энергетики с присущими только ему высокими энергетическими и экологическими показателями.



Конструкторская проработка электрохимического генератора для подводного аппарата.