



ЛЕДОКОЛЫ РОССИИ

АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ

"ЛЕНИН"

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

(Продолжение. Начало в 1, 2 - 2014)

Применение на ледоколе в качестве парогенератора атомного реактора определило основные принципы, положенные в основу проекта ЭУ в целом, состав механической установки и характеристики оборудования. Новизна проектируемой ЭУ, а также особенности её эксплуатации на ледоколе заставили подчинить основные решения обеспечению необходимой прочности, надёжности и долговечности. Для обеспечения этих требований особое внимание было уделено вопросам резервирования оборудования. На ледоколе было установлено три автономных атомных реактора, два из них обеспечивали работу главных турбин с нагрузкой около 80 %. Установка трёх реакторов со значительным запасом по паропроизводительности при трёх гребных винтах и четырёх главных турбогенераторах позволила отказаться от каких-либо резервных средств движения ледокола.

Для обеспечения бесперебойной подачи конденсата, охлаждающей воды и масла соответствующие насосы имеют стопроцентный резерв. Парогенераторы получают питание от параллельно работающих питательных насосов, так что в случае аварийной остановки одного из них остальные автоматически увеличивают производительность до необходимого уровня.

Питание энергетической установки электроэнергией осуществляется от двух автономных турбогенераторных электростанций. Для получения электроэнергии в период разводки и расхолаживания реакторов предусмотрен резервный дизель-генератор и в качестве аварийного источника электроэнергии для важнейших потребителей два аварийных дизель-генератора с автоматическим запуском.

Для обеспечения бытовых нужд судна паром при бездействующей атомной парогенераторной установке предусмотрена вспомогательная установка из двух водотрубных котлов на жидком топливе.

Атомная парогенераторная установка обусловила необходимость применения ряда специальных механизмов и устройств. Для обеспечения высокой маневренности энергетической установки ледокола, с учётом повышенной инерционности парогенераторной установки, создана специальная система автоматического травления избытков пара на главные конденсаторы. Для предохранения последних от повреждения в составе системы травления предусмотрены дроссельно-увлажнительные устройства, осуществляющие снижение давления и температуры стравливаемого пара. Охлаждённый в специальных пароохладителях пар непосредственно к общесудовым потребителям не подаётся, а поступает в специальные генераторы бытового пара-испарителя третьего контура.

Такая схема полностью устраняет возможность попадания в бани, души, прачечные, систему отопления и кондиционирования воздуха греющего пара, загрязнённого радиоактивными продуктами, в случае аварийного нарушения герметичности парогенераторов и попадания в цикл "пар - конденсат" теплоносителя первого контура.

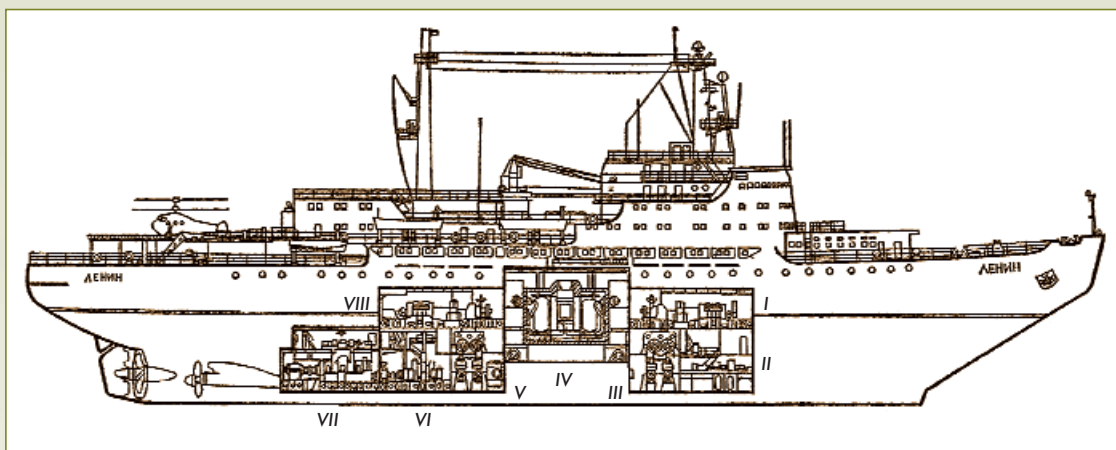
Характерные для атомной парогенераторной установки значительные остаточные тепловыделения после выведения установки из действия потребовали создания специальной системы расхолаживания. Конденсатор-охладитель этой системы используется также для сброса воды и пара при разводке парогенераторной установки и травления избытков пара на стоянке при бездействующих главных конденсаторах.

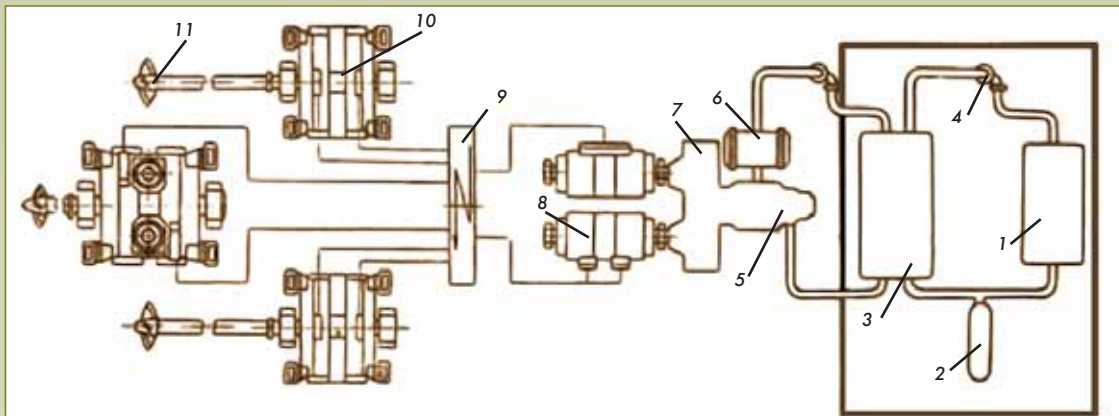
Механическая установка размещена в нос и в корму от отсека парогенераторной установки. Расположение механического оборудования носовой группы, включающее помещение главных турбогенераторов, отделение вспомогательных механизмов и носовую электростанцию выполнено двухъярусным, что позволило сократить длину машинных отделений и основных магистралей, а также улучшило условия работы основных насосов благодаря увеличению подпора на всасывающих патрубках.



Макет атомной парогенераторной установки АЛ "Ленин"

Схема расположения энергетических помещений АЛ "Ленин":
I - турбогенераторное отделение;
II - носовая электростанция;
III - носовое отделение вспомогательных механизмов;
IV - атомная парогенераторная установка;
V - кормовое отделение вспомогательных механизмов;
VI - отделение бортовых электродвигателей;
VII - отделение среднего электродвигателя;
VIII - кормовое турбогенераторное отделение





Главные турбогенераторы расположены по два в двух турбогенераторных отделениях на нижней палубе. Под турбогенераторами на платформе размещены их конденсаторы, а в трюме - вспомогательные механизмы и испарительные установки.

Вспомогательные электрогенераторы установлены в двух автономных электростанциях. Носовая электростанция расположена в трюме под главными турбогенераторами; кормовая электростанция - на платформе под валопроводами. В носовой электростанции размещено три вспомогательных турбогенератора, а в кормовой - два турбогенератора и один резервный дизель-генератор. Гребные электродвигатели размещены в двух смежных помещениях. Отделение бортовых электродвигателей расположено под кормовыми главными турбогенераторами.

Главные питательные турбонасосы установлены в трюме под парогенераторной установкой по три насоса в двух бортовых помещениях. Работа механической установки ледокола с часто и резко меняющейся нагрузкой исключала возможность применения развитой регенеративной тепловой схемы с отбором пара от главных турбин.

В результате была принята простая схема с подогревом питательной воды отработавшим паром вспомогательных механизмов (циркуляционных, конденсатных и питательных насосов). Прочие вспомогательные механизмы выполнены с электрическим приводом. Использование отработавшего пара вспомогательных механизмов предполагалось также в испарительных установках. Конденсатно-питательная система предусматривает деаэрацию питательной воды в термомеханических деаэраторах, одновременно являющихся смесительными подогревателями питательной воды. Для снижения температуры конденсата перед питательными трубопроводами за деаэраторами установлены обратные охладители. Дополнительный подогрев питательной воды после обратных охладителей деаэраторов осуществляется в поверхностных подогревателях.

Обеспечение максимальной надёжности как основное требование, положенное в основу при проектировании механической установки, обусловило применение таких схем включения оборудования, при которых гарантировалась бы непрерывная подача электроэнергии к вспомогательным механизмам и устройствам парогенераторной установки, к резервным масляным насосам главных и вспомогательных турбогенераторов и гребных электродвигателей при любых условиях эксплуатации энергетической установки. При этом основным условием надёжности признавалось наличие на всех режимах работы двух независимых источников энергии. Например, на режиме полного хода

при работе трёх атомных реакторов и четырёх главных турбогенераторов это условие обеспечивалось путём создания двух автономных групп: 1) один реактор - один главный турбогенератор - электростанция; 2) два реактора - три главных турбогенератора - электростанция.

Для обеспечения требуемой автономности парогенераторы реакторов разных автономных групп включаются на независимые паровые магистрали, питательные насосы и вспомогательные трубопроводы получают пар от обслуживаемого ими реактора. Поскольку такой принцип включения существенно усложнил эксплуатацию и приводил к неравномерной нагрузке реактора, в дальнейшем был осуществлён переход на работу парогенераторов на кольцевую паровую магистраль с питанием парогенераторов также из кольцевой питательной магистрали.

Проведённые испытания показали, что парогенераторная установка имеет значительную тепловую инерцию, позволяющую в сочетании с другими мероприятиями избежать сколько-нибудь значительного парения давления пара в кольцевой магистрали при кратковременном выключении одного из реакторов. Управление энергетической установкой централизовано и осуществляется из специального поста энергетики и живучести, либо из отделений гребных электродвигателей и с ходового мостика ледокола. Каждый реактор управляется одним оператором с отдельного поста, оборудованного необходимыми приборами контроля, сигнализации и управления. Для предотвращения возможности повышения нагрузки главных турбогенераторов выше уровня, обеспечиваемого нагрузкой парогенераторной установки, в системе управления предусмотрено специальное устройство ограничения мощности на гребных валах. С любого из постов управления мощность гребных электродвигателей может изменяться в пределах, ограниченных установкой ограничителя мощности в посту энергетики и живучести.

При необходимости выйти на более высокий уровень мощности первоначально поднимается нагрузка реакторов и избытки пара тратятся через систему автоматического травления на главные конденсаторы. Затем ограничитель мощности переводится в положение, соответствующее новому верхнему пределу нагрузки. При

Первая главная энергетическая установка ледокола "Ленин". На ледоколе установлены три реактора 1 со стабилизаторами давления 2 в первом контуре. Замедлителем и теплоносителем служит обычная вода под давлением около 200 атм. Вода реактора подается в парогенераторы 3 при температуре около 325 °С циркуляционными насосами 4. В парогенераторах получается пар второго контура давлением 29 атм и температурой 310 °С, который приводит в действие четыре паровых турбогенератора 5. Отработавший пар проходит через конденсаторы 6. Реакторы, парогенераторы и насосы активной зоны окружены защитой из слоя воды и стальных плит толщиной 300...420 мм. 7 - редукторы. 8 - электрогенераторы. 9 - система распределения электроэнергии. 10 - гребные электродвигатели. 11 - винты

Контрольный пульт реакторов АЛ "Ленин"



необходимости снижения нагрузки на длительный период вначале в новое положение переводится ограничитель мощности, а затем уже снижается нагрузка реактора. Такая система не ухудшает маневренности механической установки, так как в период частого маневрирования поддерживается избыточная производительность парогенераторов и при сбросе нагрузки избытки пара стравливаются.

Испытания энергетической установки ледокола проводились в три основных этапа: швартовные испытания у причала Адмиралтейского завода; испытания на специально оборудованной базе и сдаточные испытания в Балтийском море. Запуску парогенераторной установки предшествовала тщательная проверка и наладка всех её обслуживающих механизмов, систем и устройств. Подача пара и электроэнергии в этот период осуществлялась с берега.

После ввода в действия атомных реакторов испытания продолжались с подачей пара и электроэнергии от парогенераторной установки и судовой электростанции. Береговая подстанция использовалась как резервный источник питания.

Испытания на специально оборудованной базе проводились с целью наладки и проверки системы электродвижения ледокола при работе винтов по швартовной характеристике. Для восприятия развиваемого ледоколом упора база была оборудована специальным упорно-причальным устройством, способного удерживать ледокол при работе на передний и задний ход на мощности около 50 % от полной. Всесторонние испытания энергетической установки у стенки завода, а затем на базе позволили успешно в течение одной недели провести все ходовые режимы и сдать ледокол в опытную эксплуатацию.

Водо-водяные атомные реакторы, установленные на ледоколе, показали себя весьма надёжными и удобными в эксплуатации. Основное оборудование механической установки также работало безотказно. Опыт наладки, испытаний и эксплуатация ЭУ атомного ледокола "Ленин" в навигацию 1960 года выявил работоспособность установки и показал, что основные технические решения, заложенные при проектировании и постройке, являются правильными.

К исполнению своих прямых обязанностей - проводке караванов транспортных судов в морях Советской Арктики атомоход "Ленин" приступил в декабре 1959 г. Впервые о проблемах атомной энергетики я стал писать с 1984 года. Тогда атомоходу "Ленин" исполнилось 25 лет. В декабре по случаю этой знаменательной даты Мурманским морским пароходством Минморфлота, которое эксплуатировало судно на правах судовладельца проводилась научно-техническая конференция, где я был аккредитован в качестве спецкора от журнала ЦК ВЛКСМ "Техника - Молодё-

жи". В конференции принимали участие видные советские учёные; руководство Министерства морского флота, известные морские специалисты, корабли, военные. Особых проблем я не испытывал, так как уже тогда имел Диплом на морское звание капитан дальнего плавания и, как говорится, оказался среди моряков своим парнем.

Об участниках этой конференции можно говорить много и с огромным уважением, взять хотя бы президента Академии Наук СССР Анатолия Петровича Александрова, которого я тогда увидел первый раз и так близко. Его доклад был выслушан с величайшим вниманием; Николай Сидорович Хлопкин и др. Одним словом, со многими авторитетами отечественного атомного судостроения довелось мне побеседовать в те, теперь уже далёкие дни. Имена Б.Г. Пологих, И.И. Африканкантова, А.М. Шаматова, Е.Н. Черномордика, Б.Е. Клопотова, К.В. Складенко, А.А. Судавного, И.С. Дробкина, Р.Ю. Фреймана, А.Н. Василевского, А.П. Калинина, и других замечательных специалистов останутся в истории отечественного судостроения.

Надо сказать, что, сойдя со стапелей Адмиралтейского завода, атомоход сразу же попал в надёжные руки опытных ледовых капитанов. Это Герои Соцтруда П.А. Пономарёв, Б.А. Соколов - известные всей стране. Прекрасно и плодотворно работали на судне инженеры-механики К.К. Долгопалов, А.К. Следзюк, кандидат технических наук; И.К. Мочешников, В.А. Мизгирев; старшие инженеры-механики атомной паропроизводящей установки (АППУ) Н.Р. Гурке, В.В. Каратеев А.И. Селянко. Конечно, я привёл далеко не полный список людей вложивших свои знания, талант и опыт в дело становления атомного флота России. Благодаря усилиям этих замечательных людей атомный флот смог безаварийно работать продолжительное время. На атомных ледоколах не было ни одного радиационного инцидента, который создал бы серьёзную угрозу экипажам атомоходов и окружающей среде.

На атомоходе "Ленин" выполнен огромный комплекс научно-исследовательских работ. С АППУ первого поколения судно успешно эксплуатировалось 6 первых арктических навигаций продолжительностью 140 - 160 суток каждая. Так же была подтверждена проектная автономность плавания в 210 суток на одной зарядке ядерного топлива. Затем была сделана модернизация ледокола, и в 1970 году он вышел в Арктику с АППУ второго поколения. После основательной обкатки новые реакторы стали устанавливать на более мощных ледоколах поздней постройки - "Арктика", "Сибирь" и др. Свою надёжность эти АППУ доказали в экстремальных условиях плавания в Восточном секторе Арктики в 1983 г.

После проводки судов



П.А. Пономарёв



Б.А. Соколов

Выводы однозначны: АППУ надёжна и безопасна в работе; обеспечивает стабильность энергетических процессов на всех диапазонах мощности обеспечивая высокую маневренность ледокола; все системы ядерной энергетической установки (ЯЭУ) обеспечивают безопасный режим работы; биологическая защита абсолютно надёжна; принятые в эксплуатацию водно-химические режимы обеспечивают надёжную работу АППУ. Что же это за водно-химические режимы?

Как нам уже известно, на атомных ледоколах установлены водо-водяные реакторы. Вода первого контура нагревается в активной зоне атомного реактора, там вырабатывается пар с высокой степенью перегрева и давлением более 200 атмосфер. Столь высокие параметры пара требуют высокой степени очистки питательной котельной воды. Даже незначительное содержание солей в воде вызовет возникновение накипи, что неизбежно выведет контур из строя.

Пар из первого контура нагревает воду во втором, там образуется пар для использования в судовых потребителей - турбогенераторов - турбогенераторов судовой энергетической установки, вспомогательных механизмов и т.д. Его параметры более низкие - температура перегрева 310 °С и давление 28 атмосфер.

Чтобы надёжно заработало атомное сердце ледокола, чтобы связать воедино различные вспомогательные механизмы на атомоходе организована служба КИПиА, то есть контрольно-измерительные приборы и автоматика. Когда АЛ "Ленин" только вступал в эксплуатацию наши морские вузы не готовили специалистов такого профиля. Морякам всё приходилось начинать с нуля. Вторая беда - все приборы и оборудование были спроектированы для береговых атомных электростанций и как они себя поведут в море, при качке и ударах корпуса о лёд - никто не знал.

На "Ленине" служба КИПА была организована ещё в период его постройки в 1958 году. В её состав были включены 17 специалистов высокой квалификации, но все они были подготовлены для работы на береговых атомных электростанциях. Со временем они сильно охладели к тяжёлой морской профессии и к началу 1962 г. их оставалось на судне только трое. Руководством атомного флота было принято решение - сформировать службу КИПиА из моряков. За дело взялись электромеханики Б.Я. Бражников, А.П. Разумов, Е.А. Кузнецов; старшие электрики И.С. Костюк, Н.Н. Старшов, В.А. Ившин; старший инженер-оператор О.М. Хованский; старшие машинисты М.А. Мухамеджанов, М.Н. Дмитриев; инженер-радионавигатор В.С. Устинов. Из "стариков" остались начальник службы В.П. Иванов; старшие инженеры В.М. Соловьёв и В.Н. Морозов.

Так морякам пришлось одновременно и работать, и учиться. К 1962 г. особенно проявились "детские болезни" установленных на атомоходе приборов. Но и моряки были тоже "не лыком шиты", за период с 1962 по 1966 годы службой КИПиА было подано и внедрено самостоятельно 27 рационализаторских предложений, которые позволили значительно улучшить работу всех систем атомохода. А в период с 1970 г. по 1975 г. было подано и внедрено 90 рационализаторских предложений. В результате повысилась работоспособность систем автоматики, а их ресурс увеличился более чем в три раза.

Надо сказать ещё об одной миссии атомохода "Ленин", он стал "Кузницей кадров" атомного ледокольного флота. Например, экипаж построенного за "Лениным" нового атомохода "Арктика" более чем на

80 % был укомплектован бывшими ленинцами. В своё время противники атомного ледокольного флота говорили, что атомоход "Ленин" не имеет особых преимуществ перед дизель-электрическими ледоколами типа "Москва". Заметим, что эти ледоколы мощностью по 22 000 л.с. неплохо зарекомендовали себя на трассе СЕВМПРПУТИ. Почему же атомоход, мощность которого в 2 раза больше, так не замечен? С этим вопросом я как-то подошёл к известному ледовому капитану, Герою Соцтруда, Юрию Сергеевичу Кучиеву, чей авторитет весьма высок. Он начинал когда-то службу на ледоколе "Ермак" четвёртым помощником капитана. За время долголетней службы он поплавал на многих ледоколах, в том числе и на "Ленине".

На мой вопрос Юрий Сергеевич ответил, что ледоколы типа "Москва" действительно хорошо работали в припайном льду, когда ледовое поле ровное как стол. Но в тяжёлых многолетних льдах они значительно уступали атомоходам, которые спроектированы для работы именно в тяжёлых многолетних льдах, и корпуса их имеют обводы такие, чтобы ледокол преодолевал успешно такие льды.

Транспортные суда "Обь", "Лена", "Индиго", а также пришедшая им на смену серия транспортов типа "Наварин", успешно работали с ледоколом "Ленин" без каких-либо проблем. Но "Ленин", если можно так сказать, появился немного раньше своего времени. Канал за ним забивали прочные и большие льдины, чтобы их раздвигать своим корпусом мощности ЭУ транспорта иногда не хватало. Поэтому сразу за "Лениным" шёл ледокол типа "Ермак". Он измельчал лёд в канале, и транспорта благополучно следовали в караване.

Три гребных двигателя атомохода "Ленин" развивали общую мощность 39 200 л.с. и работали по схеме 1 : 2 : 1. Бортовые двигатели имели мощность по 9800 л.с., а средний - 19 600 л.с. Кстати, изначально предполагалось строить атомоход с четырьмя винтами - четвёртым должен был быть гребной носовой винт. Но затем проект был пересмотрен и "Ленин" получил схему из трёх кормовых гребных винта. Мощность 19 600 л.с. передали на средний винт, что должно было увеличить пропульсивный к.п.д. движителя. Дело в том, что бортовые гребные винты работают в скошенном водяном потоке, что снижает их к.п.д. Средний же винт одинаково обтекается и с правого, и с левого бортов, что немного увеличивает его к.п.д. На современных атомоходах гребные винты расположены по схеме 1 : 1 : 1, т.е. на каждый винт подаётся одинаковая мощность.

Какие же выводы извлекли проектировщики, анализируя опыт эксплуатации "Ленина". Прежде всего, выяснилось, что для уверенной работы в многолетних льдах мощность ледокола недостаточна, поэтому атомоходы, построенные после "Ленина" имели мощность уже в 75 000 л.с. Мощность ЭУ транспортных судов, следующих в канале за атомоходом недостаточна. Прочность их корпусов должна быть увеличена. При участии экипажа атомохода корабельщики решили ряд важных проблем, в частности - удалось продлить непрерывную эксплуатацию каждого атомохода до одного года.

(Продолжение следует.)

Когда и где работал первый в мире атомный ледокол



Использованы фото сайта <http://aviator-ru.livejournal.com/48928.html>