

УДК 621. 039. 578: 621. 12

## Ледокол «Арктика» — новое достижение советского атомного судостроения

МИТЕНКОВ Ф. М., ПОЛОГИХ Б. Г., СЛЕДЗЮК А. К., ХЛОПКИН Н. С.

Созданные в Советском Союзе атомные ледоколы являются удачным опытом в применении судовых ядерных установок. Атомная энергия дает наибольшие преимущества в том случае, когда судно должно находиться в море длительное время, не заходя в порты. Сейчас, когда судовая ядерная энергетика засвидетельствовала свою надежность, вопрос о широком ее применении в морском флоте определяется только экономичностью.

Многолетний опыт эксплуатации атомохода «Ленин» доказал, что строительство ледоколов, особенно с серийной энергетической установкой и общей береговой базой обслуживания, экономически целесообразно. Это тем более верно для более мощных ледоколов, необходимых для продления сроков арктической навигации, повышения скорости проводки судов в тяжелых ледовых условиях. Заметное улучшение ледокольных качеств достигается только при существенном росте мощности ледоколов.

3 июля 1971 г. на Балтийском заводе в г. Ленинграде был заложен новый атомный ледокол «Арктика». Мощности его турбоэлектрической машинной установки составляет 75 тыс. л. с., водоизмещение около 24 тыс. т. 26 декабря 1972 г. ледокол был спущен на воду, а в 1974 г. — окончена его достройка и завершены ходовые испытания. При проектировании и строительстве ледокола учитывались требования Конвенции по охране человеческой жизни на море 1960 г., относящиеся к ядерным судам. Атомоход строился под наблюдением и по правилам Регистра СССР. Эти меры в сочетании с использованием опыта сооружения и эксплуатации ледокола «Ленин» обеспечили высокую надежность и безопасность как на борту «Арктики», так и окружающей среды.

Источником энергии на ледоколе служит паропроизводящая установка. Получаемый в ней пар поступает в две главные турбины,

вращающие генераторы переменного тока. Через выпрямительное устройство ток направляется к трем гребным электродвигателям. Каждый из двух автономных блоков паропроизводящей установки включает в себя реактор с водой под давлением, четыре парогенератора, четыре главных циркуляционных насоса, компенсаторы объема, холодильники, вспомогательные насосы и фильтр. Реакторы атомохода «Арктика» аналогичны реакторам ледокола «Ленин» [1]. Они размещены в отдельных газоплотных помещениях, называемых реакторными отсеками, которые находятся за надежной биологической защитой. Над реакторными отсеками находится аппаратное помещение с оборудованием, не требующим постоянного обслуживания. При необходимости вход в это помещение возможен через герметичные двери.

Первый контур паропроизводящей установки, содержащий радиоактивный теплоноситель, имеет сварное исполнение. Герметичное уплотнение приводов органов регулирования, циркуляционных насосов, системы очистки теплоносителя дало возможность свести к минимуму выход жидких и газообразных радиоактивных продуктов. Некоторое их количество появляется лишь при отборе проб воды первого контура, который производится для контроля качества теплоносителя. Отбираемая вода при этом направляется в герметичные монжюсы, расположенные в биологической защите под реакторами; здесь она хранится до возвращения ледокола из навигации. Необходимости в частом отборе проб первого контура нет, так как водно-химический режим первого контура самоподдерживающийся и не требует вмешательства экипажа в течение навигации. В случае появления аварийных протечек при неисправности оборудования (например, течей в парогенераторах) они быстро детектируются, и неисправное оборудование отсе-

кается двойным запором. По опыту эксплуатации атомохода «Ленин» объем накапливаемых вод первого контура невелик и не превышает 1—2 м<sup>3</sup> за навигацию.

Система вентиляции, поддерживающая необходимое разрежение воздуха в потенциально опасных помещениях, работает по разомкнутому циклу с выбросом отсасываемого воздуха через наиболее высокую часть судна — гот-мачту. Выбрасываемый воздух тщательно контролируется на наличие радиоактивных газов и аэрозолей с помощью системы дозиметрических приборов. В случае утечки радиоактивных веществ из первых контуров и повышения активности воздуха до определенных контролируемых значений система вентиляции переводится в замкнутый цикл работы. При этом весь воздух проходит через фильтры и кондиционеры.

На ледоколе «Арктика» применена тщательно проверенная система радиационного контроля [2]. Она решает широкий круг задач. С помощью спектрометрического датчика, настроенного на реперные изотопы <sup>88</sup>Ki + <sup>88</sup>Rb, детектора  $\gamma$ -излучения, а также датчика запаздывающих нейтронов оценивается состояние теплоносителя и целостность оболочек твэлов. Несколько  $\beta$ -датчиков контролируют герметичность различного оборудования, каждого парогенератора и всех парогенераторов вместе, а несколько  $\gamma$ -датчиков — герметичность вспомогательных теплообменников. Установленные на вентиляционных коробах  $\beta$ -датчики контролируют выброс газов и аэрозолей. Сбросные воды контролируются сцинтилляционными спектрометрическими  $\gamma$ -датчиками. С помощью  $\gamma$ - и нейтронных датчиков оценивается радиационная обстановка в ряде помещений центрального отсека. Переносные и местные  $\beta$ -датчики контролируют загрязнения тела и одежды, поверхностные загрязнения помещений. Сведения, получаемые датчиками радиационного контроля, централизованно обрабатываются и выводятся на пульт. Обработка этой информации позволяет прогнозировать радиационную обстановку и своевременно принимать меры до ее нормализации и защите персонала. К этим мерам относятся отключение части энергетического оборудования, перевод вентиляции в замкнутый цикл работы, ввод фильтров очистки, использование индивидуальных защитных средств, сокращение времени пребывания персонала в помещениях с повышенным фоном, проведение дезактивации.

Весь персонал, обслуживающий паропроиз-

водящую установку, имеет индивидуальные дозиметры для контроля внешнего облучения; кроме того, предусмотрена аппаратура для «прижизненного» определения содержания радионуклидов в организме.

Ледокол надежно обеспечен электроэнергией от двух автономных электростанций, размещенных в отдельных отсеках; мощности каждой может удовлетворять все потребности в нормальных и аварийных условиях. Носовая электростанция имеет два, а кормовая — три турбогенератора по 2000 кВт. Кроме того, имеется резервный дизель-генератор, расположенный в отсеке кормовой электростанции. Его мощность достаточна для расхолаживания паропроизводящей установки и обеспечения других нужд судна в случае выхода из строя обеих электростанций. Резервный дизель-генератор автоматически включается в работу в случае отключения любой из электростанций. Предусмотрены также еще два аварийных дизель-генератора, автоматически запускающихся при срабатывании аварийной защиты на любом из реакторов. Аварийные дизель-генераторы могут обеспечить электроэнергией наиболее важные потребители судна, в том числе средства расхолаживания установки при полном обесточивании обеих электростанций.

Энергетическая установка ледокола комплексно автоматизирована. Это позволило сократить обслуживающий персонал, уменьшить затраты на эксплуатацию при одновременном улучшении характеристик установки, особенно в переходных и аварийных режимах. Предусмотрено автоматическое и дистанционное управление паропроизводящей установки, электростанций, электромеханической установки и гребных электродвигателей и обеспечение взаимосвязи этих систем.

Для сбора и обработки информации о работе технических средств на ледоколе установлена ЭВМ централизованного контроля. Наиболее важные параметры реакторной установки, главных и вспомогательных турбогенераторов, гребных электродвигателей, общесудовых систем контролируются непрерывно, а остальные — циклически, с выдачей предупредительной и аварийной световой и звуковой сигнализации. ЭВМ автоматически регистрирует по заданной программе наиболее ответственные параметры и выводит их значения на цифropечать. Также автоматически регистрируются все параметры, отклонения которых вышли за пределы нормы. Машина осуществляет логику засветки мнемо-

схемы, что позволяет оператору контролировать работу оборудования и прохождение команд. Требования живучести обеспечиваются структурой, предусматривающей формирование и направление информации по двум автономным системам.

В 1974 г. были проведены испытания сначала отдельных видов оборудования на стендах и судне, затем комплексные испытания установки в целом. Комплексные испытания проводились у стенки Балтийского завода в г. Ленинграде. Ходовые испытания были проведены в Балтийском море, ледовые — в Карском.

Во время испытаний параметры, характеризующие состояние оборудования, а также различные режимы работы установки, измерялись штатной системой контроля с регистрацией данных на ЭВМ, а также специальной измерительной аппаратурой — многоканальным магнитографом, который позволял многократно воспроизводить полученные данные сразу же после испытаний и в требуемом масштабе времени и оперативно сопоставлять фактические данные с расчетными. Это давало возможность судить, выходят ли исследуемые параметры за пределы, установленные проектом. Испытания паропроизводящей установки и судна прошли успешно и были завершены в короткий срок.

В ходе всех испытаний были подтверждены проектные характеристики и получены убедительные данные, свидетельствующие об удовлетворительном функционировании оборудования в нормальных условиях и при имитации

аварий. Особенно тщательно было проверено оборудование, обеспечивающее безопасность установки. Испытания подтвердили его высокую надежность. Биологическая защита также отвечает всем требованиям. Паропроизводящая установка обеспечивала требуемую выработку пара с заданными расходом и давлением, была достаточно мобильной при маневрировании мощностью. Были тщательно исследованы различные режимы работы паропроизводящей установки при раздельном от паротурбинной установки и при взаимосвязанном управлении. При взаимосвязанном управлении мощность реактора автоматически следовала за мощностью, потребляемой всеми механизмами ледокола и определяемой расходом питательной воды через парогенераторы для поддержания давления пара в главном паропроводе.

Испытания тоже были завершены успешно и в короткий срок. Министерство Морского флота СССР приняло ледокол в эксплуатацию. Отечественный ледокольный флот пополнился новым атомоходом, наиболее мощным из гражданских судов мира. Ввод его в эксплуатацию расширил возможности нашей страны по освоению северных областей и арктических районов.

Поступила в Редакцию 17/VII 1975 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митенков Ф. М. и др. Новая атомная установка ледокола «Ленин». IV Женевская конференция, 1971, докл. № 722.
2. Жернов В. С. и др. Система радиационного контроля атомных энергетических установок с водяным теплоносителем. IV Женевская конференция, 1971, докл. № 687.