

LA SEGURIDAD DE LOS BUQUES NUCLEARES

La propulsión nuclear de buques ha dejado de ser una utopía. Ya se ha demostrado que es técnicamente factible y la prueba es que se están ejecutando rápidamente varios proyectos. Los progresos que sin duda alguna se van a realizar en los próximos años serán de enorme importancia para la economía y la tecnología de la navegación mercante y crearán problemas especiales de seguridad.

Sería absurdo enfocar la solución de estos problemas desde el punto de vista de un solo grupo técnico o industrial, o incluso de un solo país: se trata de una cuestión que requiere un estudio minucioso en el ámbito internacional, con la participación del mayor número posible de países. La navegación es una actividad esencialmente internacional y los peligros que entraña raramente quedarán circunscritos a una nación o a una región. Y si esto es cierto en el caso de la navegación en general, más lo es en el caso de los buques nucleares por los peligros especiales que implica toda operación nuclear.

Diversos aspectos de la propulsión nuclear de buques, y en especial los problemas de seguridad, se discutieron en un simposio internacional que se celebró en Taormina (Italia) del 14 al 18 de noviembre de 1960. En esta reunión, que fue patrocinada por el Organismo Internacional de Energía Atómica y por la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, participaron 175 científicos, juristas y expertos en cuestiones administrativas de 19 países y de seis organizaciones internacionales. Se presentaron y discutieron unas 40 memorias que trataban de diversas cuestiones clasificadas en los siguientes temas: aspectos económicos y actividades nacionales relacionadas con la propulsión nuclear de buques; problemas internacionales y aspectos generales de la seguridad en la propulsión nuclear de buques; los proyectos de buques nucleares desde el punto de vista de la seguridad; problemas planteados por los reactores marinos; los movimientos del mar y sus efectos sobre el casco de los buques; conservación de los buques y aprovisionamiento de combustible; explotación sin riesgos de los buques nucleares.

El Sr. de Laboulaye, Director General Adjunto de Actividades Técnicas del OIEA, inauguró el simposio con un discurso en el que puso de relieve que el rompehielos soviético "Lenin", primer buque civil de propulsión nuclear, estaba ya en servicio, y que hacía pocos meses que los Estados Unidos habían botado el "Savannah", que era el primer buque mercante de propulsión nuclear; a estos dos buques nucleares seguirán en breve otros prototipos. Es posible que dentro de unos años haya aún muy pocos

buques nucleares en servicio, pero la navegación nuclear plantea una serie de problemas que deben resolverse sin demora. Entre los problemas especiales que se discutirán en el simposio, el Sr. de Laboulaye mencionó la seguridad de funcionamiento de los reactores marinos, en particular en relación con el movimiento del buque; la manipulación de los combustibles nucleares de elevada radiactividad; el almacenamiento y evacuación en ruta de los desechos radiactivos, y la posible contaminación del mar y estuarios en caso de accidente. También dijo que el Simposio seguramente "permitirá establecer criterios que definan el grado de seguridad de los buques nucleares, tanto durante su construcción como durante su explotación".

En la sesión de apertura tomó también la palabra el Sr. B. Focaccia, Vicepresidente de la Comisión Italiana de Energía Nuclear, quien dijo que había que aumentar los esfuerzos para conseguir que la navegación nuclear pudiese sostener la competencia con los demás sistemas de propulsión, venciendo las dificultades que surgen inevitablemente en todas las fases experimentales de la tecnología. Puso de manifiesto las enormes ventajas que ofrecen los buques nucleares, en particular su gran autonomía y su elevada velocidad de crucero.

Consideraciones económicas

El ritmo de desarrollo de la navegación nuclear dependerá mucho, naturalmente, de que resulte relativamente económica. Desgraciadamente, como se indicó en el Simposio de Taormina, no habiendo datos de ningún género sobre los gastos de explotación, los cálculos económicos serán forzosamente teóricos y provisionales. Se han hecho muchos estudios sobre el papel, pero es dudoso que ayuden a profundizar nuestros conocimientos sobre la situación actual o sobre los problemas que es necesario resolver. Ciertamente se dispone de datos sobre la explotación de reactores terrestres; también es cierto que la capacidad de competencia económica de los buques nucleares mejorará cuando se disponga de reactores de bajo costo de explotación. Pero, como explica el Sr. E. Norton (Reino Unido) en una memoria sobre los aspectos económicos de la navegación nuclear, la obtención de un tipo adecuado de reactor de bajo costo no es el único problema que es necesario resolver. Lo mismo dijo el Sr. J. J. Zamparo (Italia), según el cual: "El mero hecho de sustituir un generador corriente por un reactor no supone ninguna ventaja económica para la propulsión nuclear. No se logrará ningún progreso económico hasta que las centrales nucleares no se instalen en buques adaptados especialmente a las características del reactor nuclear de que se trate".

El Sr. Zamparo presentó un análisis económico en el que comparó diferentes presupuestos de gastos de buques comunes y de buques nucleares. Refiriéndose a lo que costaría la explotación de petroleros nucleares, dijo que "la diferencia de costo entre la propulsión común y la propulsión nuclear ha disminuido mucho gracias al empleo de un sistema de propulsión a base de un reactor de agua hirviendo con ciclo directo de circulación natural". Hablando en



Rompehielos soviético LENIN

términos generales de los actuales cálculos, señaló que "los proyectos de centrales nucleares marinas llevan en la actualidad demasiados detalles" y que sólo se conocerá el costo real del reactor que se haya seleccionado "cuando se haya construido cierto número de centrales generadoras idénticas y, por lo tanto, se haya podido disminuir el costo del sistema de seguridad y se hayan reducido los gastos de construcción gracias a la producción en serie".

Por consiguiente, lo esencial es adquirir experiencia en el diseño, construcción y explotación de buques nucleares. Esto llevará varios años y exigirá importantes recursos económicos y una buena coordinación de esfuerzos, pero un programa bien concebido de labor práctica en la construcción y explotación de buques nucleares es tan indispensable como las investigaciones y actividades encaminadas a la obtención de reactores de bajo costo. Al principio se necesitará que los gobiernos participen en el programa, pues las inversiones necesarias serán de cuantía muy considerable, pero en el Simposio se señaló que todos los adelantos técnicos de importancia suponen una reducción de costos y que no hay motivo para creer que en el caso de la tecnología de los reactores marinos no ocurrirá lo mismo.

Programas nacionales

Es interesante observar que esta necesidad de adquirir experiencia se refleja en los proyectos iniciados por distintos países. Algunos de ellos no son más que estudios técnicos preliminares, pero en otros se incorporan elementos de investigación y desarrollo más adelantados.

La Institución Europea de Energía Nuclear (IEEN) de la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE) estudió recientemente las actividades desarrolladas en Europa Occidental en relación con la propulsión nuclear de barcos; el contenido del estudio fue reseñado en el Simposio de Taormina por el Sr. L. W. Boxer, de la OECE. He aquí algunos de los datos más interesantes:

Bélgica: 30 compañías están sufragando en común el estudio de un reactor de agua pesada a alta presión que pueda instalarse en tierra o a bordo de un buque; al mismo tiempo, otro grupo de trabajo está estudiando el tipo de recipiente más apropiado para el reactor.

Dinamarca: El Danatom, consorcio industrial danés interesado en las aplicaciones de la energía atómica, ha terminado un estudio que ha durado tres años y que versa sobre las respectivas ventajas y desventajas económicas y técnicas que presenta el empleo de un reactor de agua a presión y de dos de los sistemas tradicionales para la propulsión de un petrolero de desplazamiento y potencia determinados.

Francia: La Comisión Francesa de Energía Atómica ha organizado un concurso de proyectos; de los tres proyectos recibidos se ha seleccionado un reactor de uranio enriquecido con moderador de grafito y refrigeración gaseosa, que se utilizará en un programa de investigaciones y experimentos. Ya está muy adelantado el diseño de un prototipo de reactor terrestre de estas características.

Alemania: Con el apoyo del Ministerio de Energía Atómica de la República Federal, varias compañías alemanas están efectuando una serie de estudios. La Interatom, compañía mixta germano-norteamericana, está trabajando en el diseño de un reactor marino con moderador orgánico. También se está desarrollando un programa de investigaciones y experimentos de cuyos resultados dependerá la construcción del primer buque nuclear del país.

Italia: La casa Fiat y la casa Ansaldo están desarrollando un programa mixto de investigaciones y experimentos a fin de encontrar métodos para utilizar reactores refrigerados y moderados con agua en los buques mercantes.

Países Bajos: Los primeros estudios sobre la propulsión nuclear los hizo la industria privada. Ahora se tiene el propósito de iniciar un programa de tres años de investigaciones y experimentos, patrocinado por el Reactor Centrum Nederland, el sector privado y las universidades. El programa tratará especialmente de los reactores de agua a presión.

Noruega: Una asociación de armadores noruegos (la Rederiatom) ha sufragado el estudio de un reactor de agua hirviendo para un petrolero. El Institutt for Atomenergi se propone basar su programa de investigaciones y experimentos en los resultados del estudio.

Suecia: Se han estudiado diferentes tipos de reactores para ver cuáles son los más adecuados para la propulsión naval. Entre ellos, un reactor con

moderador orgánico, un reactor de alta temperatura con refrigeración gaseosa y un reactor de agua hirviente. Aún no se ha iniciado ningún programa de investigaciones y experimentos.

Reino Unido: La industria privada y las organizaciones bajo patrocinio oficial han realizado muchos estudios. Aparte de los que se suelen considerar adecuados para la propulsión naval, se está estudiando un nuevo tipo de reactor: el sistema refrigerado con vapor y moderado con agua pesada. El Ministerio de Transportes ha sacado a concurso la construcción de sistemas de propulsión nuclear a base de reactores de moderador orgánico o de agua hirviente con ciclo indirecto.

Las memorias presentadas por los autores japoneses explican los estudios e investigaciones realizados en el Japón. El Sr. Yamagata, de la Japanese Nuclear Power Ship Research Association, explicó que el Gobierno y algunas organizaciones privadas estaban realizando importantes estudios de carácter preparatorio. También reveló que el Instituto de Investigaciones Nucleares del Japón había firmado un contrato con la General Electric para la construcción de un reactor generador de 10 MW de agua hirviente con fines de demostración.

El "Savannah"

El proyecto de construcción del "Savannah", buque estadounidense que será el primer mercante nuclear del mundo, despertó gran interés en el Simposio, como era de prever, habiéndose presentado varias memorias relativas a diferentes aspectos del proyecto.

El Sr. W. C. Ford (Estados Unidos) explicó que el proyecto ha entrado ya en la fase resolutive, pues en mayo de 1960 comenzaron los ensayos de puesta en marcha. Estos ensayos tienen seis etapas: i) ensayo de los componentes, es decir: maquinaria, instalaciones e instrumentos; ii) ensayo de todo el sistema y de los componentes en condiciones similares a las de funcionamiento, pero sin la carga de combustible; iii) introducción del combustible y mediciones físicas a potencia cero; iv) ensayo del reactor con el buque en el muelle (elevando la potencia hasta alcanzar el 40 por ciento de la potencia máxima); v) pruebas de navegación para comprobar la resistencia del buque y ensayar los sistemas energéticos de urgencia, el incremento de velocidad, la capacidad de maniobra y la maquinaria; vi) pruebas de navegación más prolongadas durante las cuales se comprobará la resistencia del buque en condiciones muy desfavorables, se estudiará el comportamiento del núcleo del reactor, se ensayarán los procedimientos de conservación y funcionamiento, y se adiestrará al personal.

El Sr. Ford dijo también que por muchas investigaciones y experimentos que se hagan, un día u otro no hubiera quedado más remedio que hacer frente a las enormes dificultades y gastos que supone la construcción del primer buque nuclear, cuyos ensayos deben ser considerados como parte del programa

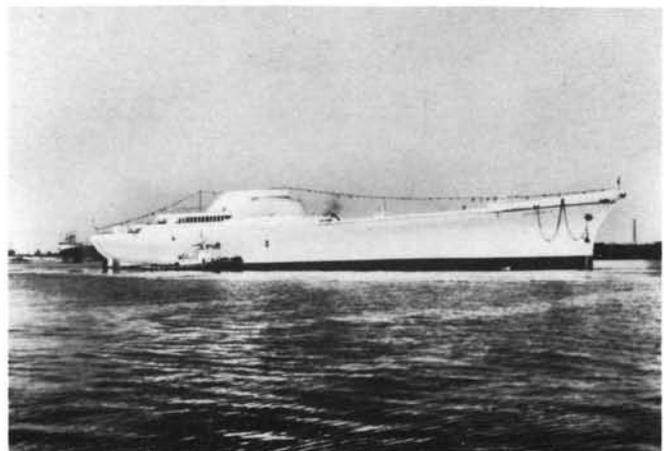
de experimentos. Ningún país podrá pensar en construir buques nucleares que puedan competir con los de propulsión tradicional mientras no se hayan amortizado íntegramente los gastos iniciales de instalaciones y equipo.

Este problema de las inversiones iniciales fue mencionado también en el trabajo del Sr. L. W. Boxer sobre el estudio efectuado por la IEEN; el autor sugirió que sería una buena idea organizar un proyecto multinacional, con objeto de reducir los gastos en que ha de incurrir cada Estado. En el caso de la IEEN, un proyecto de este tipo lo podrían patrocinar sus Estados Miembros marítimos en condiciones análogas a las de los demás proyectos multinacionales de la IEEN, el proyecto "Dragon", por ejemplo. La construcción de un buque europeo ayudaría mucho a establecer una política común para aceptar la entrada de buques nucleares en puertos europeos.

Al describir el proyecto del "Savannah" se insistió especialmente en las medidas de seguridad. El Sr. C. K. Beck (Estados Unidos) dijo que el sistema de agua a presión elegido para el reactor del "Savannah" era el más estable y el que más se ha experimentado en los Estados Unidos. El sistema de control se ha concebido con las mayores precauciones y se dispone de un sistema de propulsión auxiliar y de otro de urgencia. Todos los desechos radiactivos del reactor se recogerán en recipientes y no se podrán evacuar durante el funcionamiento normal del barco. Se ha organizado un sistema de control radiológico muy complejo y el núcleo del reactor está provisto de paredes dobles. Se han tomado precauciones especiales para los casos de abordaje. El Sr. Beck agregó que el mismo lujo de medidas de precaución había caracterizado a la labor de construcción y a la preparación de los planes de funcionamiento.

Hablando de los problemas que plantea la renovación del combustible y la evacuación de desechos en el "Savannah", el Sr. D. F. Bollender (Estados Unidos) explicó que el núcleo del reactor se había proyectado para que durase tres años y medio, pero

Buque nuclear SAVANNAH, de los Estados Unidos



que se renovará al cabo de 18 meses con objeto de adquirir experiencia. La renovación del combustible plantea complicados problemas técnicos; por ejemplo, habrá que sacar del reactor en una sola operación la tapa y los mecanismos de mando de las barras de control, que pesan en total 75 toneladas. Todos los desechos, líquidos y sólidos, serán envasados en recipientes hasta que el barco regrese a su base y entonces pasarán a una barcaza auxiliar de construcción especial. Los desechos líquidos sufrirán un tratamiento químico a bordo de la barcaza y los sólidos se almacenarán en una bodega especialmente acondicionada para combustibles irradiados y luego se enviarán a las plantas de tratamiento.

El Sr. C. P. Murphy (Estados Unidos) dijo que el "Savannah" estaba proyectado de modo que se cumpliesen todas las disposiciones de la Convención Internacional para la Protección de la Vida en el Mar, que fue revisada en Londres en mayo de 1960 y contiene ahora un capítulo especial sobre buques nucleares. Cuando el "Savannah" pida autorización para atracar en un puerto, tendrá que presentar a las autoridades portuarias un documento en el que se determinen minuciosamente sus características de seguridad a fin de que las autoridades puedan proceder por su parte a la correspondiente evaluación. En algunos casos las autoridades tendrán que consultar a especialistas pertenecientes a las compañías que confeccionan las listas de clasificación de buques. El Sr. Murphy dijo también que el OIEA y la OCMI deberían mantenerse al corriente de todas las decisiones adoptadas, a fin de poder establecer un registro internacional al que puedan recurrir todas las autoridades interesadas.

La seguridad de los reactores marinos

En el Simposio se discutió acerca de los reactores que se podrían utilizar para la propulsión naval, destacándose en especial sus condiciones de seguridad.

En una memoria del Sr. L. Chinaglia (Italia) se describe el proyecto de buque nuclear Ansaldo-Fiat. El reactor elegido es del tipo de ciclo de agua cerrado, con una potencia de 75 MW; se trata de un modelo muy perfeccionado que aún se puede mejorar más, y que ha demostrado poseer características de seguridad y funcionar bien. Los estudios sobre la posibilidad de utilizarlo en un buque nuclear fueron iniciados en 1957 por la casa Fiat, y poco después la casa Ansaldo se sumó al proyecto. El Sr. Chinaglia dijo que la experiencia adquirida con el "Savannah" permitirá mejorar el diseño primitivo; también dijo que los Estados Unidos habían facilitado datos detallados sobre el proyecto del "Savannah" y que varios ingenieros de las casas Ansaldo y Fiat habían seguido los trabajos de construcción en astilleros americanos. El buque italiano será un petrolero de 50 000 toneladas que se explotará según las prácticas comerciales ordinarias, en vez de ser un buque experimental como el "Savannah". Para que la planta funcione en condiciones de seguridad, se han previsto en su diseño medidas de precaución muy rigurosas, debido a la falta absoluta de experiencia en la

materia; esto ha sido parcialmente la causa de que el presupuesto de construcción haya sido muy elevado. El problema de la seguridad se estudiará de nuevo a fin de conseguir que el diseño sea lo más seguro, sencillo y económico posible.

La seguridad de los reactores marinos refrigerados por gas se examinó en dos memorias: una de la General Electric Company (Reino Unido) y otra de la General Dynamics (Estados Unidos). Los autores de la memoria británica, Sres. T. J. O'Neill y M. C. Hartnell-Bevis, expusieron las condiciones de seguridad de un reactor moderado con grafito, destinado a una instalación marina de 20 000 caballos al freno.



Maqueta, expuesta durante el simposio celebrado en Taormina, del buque cisterna nuclear Fiat-Ansaldo, que será propulsado por un reactor de agua a presión

Se indicaba que el diseño ofrecía condiciones inherentes de estabilidad y que el sistema de turbina de vapor garantizaba el suministro de gas virtualmente en todas las circunstancias; existía un sistema múltiple de interrupción para evitar que un fallo de funcionamiento provocara la fusión del metal. El proyecto americano, descrito en una memoria del Sr. W. C. Moore, consiste en experimentar un reactor de elevada temperatura acoplado a un sistema de turbina de gas en ciclo cerrado para su utilización naval.

Los Sres. S. G. Bauer y M. H. Kendon (Reino Unido) analizaron las condiciones de seguridad de un reactor marino del tipo de tubo a presión, moderado con agua pesada y refrigerado con vapor seco. El estudio de las condiciones de seguridad es una parte esencial del perfeccionamiento de todo prototipo de reactor, pero no hay que establecer reglas generales que puedan entorpecer los progresos; cada reactor debe ser considerado y estudiado como proyecto independiente. En otra memoria del Reino Unido, presentada por los Sres. W. Smith y E. A. Ryder, se estudia el control e instrumental de un reactor marino de moderación y refrigeración orgánicas, concebido para la propulsión de un buque cisterna de 65 000 toneladas.

Dos expertos alemanes, los Sres. O. Knecht y H. Mausbeck, describieron también un sistema de propulsión naval a base de un reactor de moderación orgánica y, después de estudiar diversos tipos de accidentes que podrían ocasionar la liberación de cantidades considerables de radiactividad y de indicar cómo en el sistema proyectado de 30 MW se podría hacer frente a dichos accidentes, concluyeron que el diseño de dicho reactor ofrecía condiciones de seguridad adecuadas para su empleo en la propulsión naval. Otra memoria presentada por el Sr. H. J. Bruechner (Alemania) exponía las medidas especiales de seguridad que deben adoptarse cuando un sistema de propulsión a base de un reactor de agua hirviente funciona en ciclo directo; estas medidas serían indispensables para la seguridad del buque y de la tripulación, pues cuando se trabaja en ciclo directo el vapor radiactivo pasa directamente a la turbina de propulsión. El Sr. Bruechner dijo que, pese a lo complicado y costoso de las medidas de seguridad, el sistema de ciclo directo resultaría más económico que el de ciclo indirecto.

El Sr. J. Wilhelmsen (Noruega) habló del comportamiento de un reactor de agua hirviente durante los movimientos del buque, refiriéndose a un proyecto atómico que podría denominarse proyecto "Rock'n roll". El proyecto tiene por objeto estudiar el comportamiento del reactor marino en condiciones artificiales de navegación, para averiguar, por ejemplo, los efectos del balanceo y del cabeceo. Mientras dura este experimento, el reactor se halla instalado en una esfera flotante de 24 m de diámetro a la que puede imprimirse el movimiento apetecido mediante dos propulsores situados en el fondo de la esfera. Los primeros resultados obtenidos indican que las condiciones marinas pueden limitar mucho la libertad en el diseño del reactor de agua hirviente, y que, además, pueden influir en las perspectivas económicas del reactor destinado a la propulsión naval. No obstante, el Sr. Wilhelmsen insistió en que debían intensificarse los trabajos experimentales para poder conocer mejor el comportamiento del reactor.

El Sr. Y. Fujise (Japón) describió un proyecto relativo a un pequeño reactor experimental de agua a presión, de 30 MW, para la propulsión naval. Se están llevando a cabo estudios en los que se examinan especialmente las características de seguridad.

Algunos problemas especiales

Algunos aspectos de la seguridad en la propulsión nuclear exigen que los reactores marinos reúnan una serie de condiciones técnicas peculiares. Por ejemplo, las maniobras del buque pueden determinar variaciones bruscas de potencia, lo cual debe tenerse en cuenta en el diseño del grupo de propulsión.

Otro problema especial lo plantean los efectos del movimiento del mar; se están efectuando investigaciones sobre las fuerzas externas que actúan sobre un reactor marino en mar gruesa. Una memoria presentada por el Sr. I. Uchida (Japón) describe el estudio de las fuerzas externas, realizado a bordo del buque mercante de 10 000 toneladas "Hodakasan Maru"

durante tres largos viajes. Se comprobó, por ejemplo, que en mar agitada o durante el cabeceo, el menor efecto de aceleración se registra hacia la mitad del casco. En otra memoria japonesa se describen una serie de experimentos destinados a reducir al mínimo los daños que una colisión puede causar en un reactor marino. Los experimentos han demostrado que las paredes del reactor deben estar separadas de los costados del buque y que conviene reforzar estos últimos con vigas y travesaños horizontales o aumentando su espesor.

Los problemas que plantea el blindaje del reactor son más graves en las instalaciones marinas que en las plantas situadas en tierra firme, no sólo por los riesgos de abordaje sino también porque la tripulación del buque pasará en las proximidades del reactor incluso sus horas de ocio. El Sr. J. C. Brown (Reino Unido) dijo que, aunque no existían normas reconocidas universalmente en las que basarse al diseñar el blindaje, convenía observar las dosis máximas admisibles de irradiación recomendadas por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR). Podría considerarse a todos los tripulantes del buque como "trabajadores radiológicos", para los cuales la CIPR prescribe una dosis máxima anual de 5 rems. Los pasajeros de un buque nuclear no deben quedar expuestos a una dosis anual superior a medio rem; según el Sr. Brown, esto no presentaría graves dificultades porque los pasajeros se suelen alojar a bastante distancia de las salas de máquinas y porque, de todos modos, no podrían acumular una dosis de medio rem en un viaje de menos de cuatro meses de duración.

Tratando de los problemas que plantea el aprovisionamiento de combustible, el Sr. R. Ancomb (Reino Unido) indicó que se podría mantener durante largos períodos la reactividad del cuerpo de un reactor marino si desde el principio se conseguía un sensible exceso de reactividad. También se podría mantener un exceso moderado de reactividad, en cuyo caso habría que contar con medios de aprovisionamiento a bordo; esto obligaría a interrumpir el funcionamiento del reactor a intervalos de uno a tres meses. Un tercer método, análogo al que se suele utilizar en los reactores terrestres, consistiría en disponer de los dispositivos necesarios para sustituir e intercambiar los elementos combustibles durante el funcionamiento del reactor. Pero las ventajas de este método quedan contrarrestadas en parte por los problemas técnicos y de explotación que plantea.

Entre los problemas de seguridad que surgen durante el funcionamiento del buque figuran la evacuación de desechos radiactivos y la liberación accidental de radiaciones. En una memoria sobre la evacuación de desechos radiactivos, el Sr. C. Roberts (OIEA) recordó que el Organismo Internacional de Energía Atómica había hecho un estudio técnico de los problemas relacionados con la evacuación de desechos radiactivos en el mar y que otro grupo de expertos iba a examinar de qué manera se pueden normalizar las técnicas de control radiológico oceanográfico con objeto de establecer normas uniformes.

El Sr. Roberts subrayó que la seguridad de los buques nucleares, especialmente en los primeros años, será un factor de enorme importancia porque "un ambiente de oposición a la navegación nuclear en el seno de la opinión pública podría retrasar considerablemente el desarrollo de este nuevo sistema de propulsión".

En una memoria presentada por el Sr. W. B. Cottrell y otros tres científicos del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos) se exponen los resultados de un análisis realizado por el laboratorio sobre las consecuencias teóricas de los accidentes que pudiera producir el reactor del "Savannah". En otras memorias se estudian los problemas de seguridad que planteará el funcionamiento de los buques nucleares en los puertos. El Sr. J. M. Pawlikiewicz (Polonia) presentó una memoria con consideraciones generales sobre la seguridad.

Los representantes de dos de las sociedades clasificadoras de buques: la "Veritas" y la "Lloyds", presentaron memorias sobre la clasificación de los buques nucleares. El Sr. B. Hilldrow indicó que la "Lloyds" ha formulado una serie de normas provisionales para la clasificación de los buques nucleares que podrían servir de orientación a los diseñadores de buques de propulsión nuclear. Dijo que se suponía que el reactor más adecuado para la propulsión naval sería uno que se hubiera ensayado ya en tierra firme y en el que se hubiesen hecho los cambios necesarios para adaptarlo a los requisitos especiales de la propulsión marina.

El Sr. H. N. E. Whiteside (OCMI) informó acerca de la Conferencia de Londres sobre la Protección de la Vida Humana en el Mar, celebrada en 1960, en la cual se habían aprobado nuevas disposiciones aplicables a los buques de propulsión nuclear. En otra memoria de la OCMI, presentada por A. Raspi, se estudian algunos problemas jurídicos de la navegación nuclear.

El Sr. Krarup (Dinamarca) se refirió a las diversas normas y disposiciones formuladas o propuestas, y dijo que su finalidad debía ser establecer principios generales, y no procedimientos detallados. "El futuro desarrollo de la técnica nuclear", añadió, "no debe verse entorpecido por consideraciones de seguridad nacidas de la actual falta de experiencia".

Conclusiones

En la sesión de clausura, el Sr. H. N. E. Whiteside, de la OCMI, reseñó brevemente los debates del Simposio y resumió sus conclusiones generales. A juzgar por los debates, los buques en los que la propulsión nuclear ofrece mejores perspectivas de explotación comercial son los petroleros; pero incluso

en este caso tendrá que transcurrir mucho tiempo antes de que un petrolero nuclear pueda competir con otro análogo de propulsión corriente. Aún se necesitan muchas investigaciones y experimentos, y habrá que adquirir experiencia en la navegación de buques nucleares.

Refiriéndose a la cuestión de la seguridad, el Sr. Whiteside dijo que era evidente que los reactores marinos podrían funcionar en condiciones de seguridad si se adoptaban ciertas precauciones. Había una fuerte tendencia en contra de la adopción de normas rígidas que pudieran entorpecer el desarrollo de la navegación nuclear. Se había prestado mucha atención a los problemas característicos de los diferentes tipos de reactores marinos. Era manifiesto que todavía no se había encontrado un diseño óptimo para el blindaje. Se había llegado a la conclusión de que un buque nuclear debía ser capaz de maniobrar por lo menos tan bien como un buque tradicional, y convenía especialmente disponer de un tipo de reactor que permitiera realizar toda clase de maniobras en condiciones de seguridad con un mínimo de equipo auxiliar. Todavía no se conocía lo bastante acerca de las fuerzas que obraban sobre un buque en caso de mal tiempo ni, por tanto, acerca de los efectos de los movimientos del mar sobre los reactores marinos.

El Sr. Whiteside dijo que cabía resumir las conclusiones del Simposio del modo siguiente:

Las características de seguridad de los buques nucleares deben ser suficientes para poder hacer frente a los riesgos que entraña la navegación nuclear;

No es probable que los buques mercantes nucleares que se construyan en los próximos años puedan competir en costo de explotación con buques análogos de propulsión tradicional;

A pesar de todo, hay que construir buques mercantes nucleares a fin de adquirir la experiencia necesaria para poder construir otros mejores;

Gran parte de la experiencia necesaria sólo se podrá adquirir haciendo prácticas de navegación;

Las normas y prescripciones establecidas en la etapa actual de desarrollo debían ser flexibles para que no entorpecieran el desarrollo de la navegación nuclear;

Aún quedan muchos problemas sin resolver, especialmente en materia de evacuación de desechos radiactivos, blindaje, niveles de irradiación, normas de construcción aceptables en el ámbito internacional, y efectos de los movimientos del mar sobre los buques nucleares.