

Los reactores rápidos y el OIEA

por E.I. Inyutin, Secretario Científico del Grupo internacional de trabajo sobre reactores rápidos.

Al atravesar la energía nucleoelectrónica el umbral de una nueva fase de su desarrollo, hay varios países que están trabajando intensamente en torno a los aspectos fundamentales de la ingeniería de los reactores reproductores rápidos.

El 16 de julio de 1973, la Unión Soviética puso en marcha el reactor rápido bifuncional BN-350, de 350 MW(e), destinado a la desalación de agua (120 000 m³ por día) y la generación de electricidad. En Francia, ha alcanzado su potencia máxima el reactor Phénix [250 MW(e)], mientras que en el Reino Unido ha llegado a la criticidad el prototipo de reactor rápido PFR [250 MW(e)]. En la República Federal de Alemania, ha comenzado la construcción del reactor rápido de demostración SNR-300 [300 MW(e)]. Italia ha empezado a construir el reactor PEC [140 MW(e)]. Los Estados Unidos están construyendo la instalación experimental de flujo rápido FFTF, precursora de un reactor reproductor de demostración. El Japón comenzará muy pronto la construcción del reactor rápido MONJU [300 MW(e)]. La Unión Soviética ha iniciado la construcción de su próximo reactor de demostración, BN-600, que tendrá una potencia de 600 MW(e). La tecnología de los reactores reproductores refrigerados con sodio ha alcanzado un grado de desarrollo tal que, aun antes de que se haya dado fin a los programas de la presente generación de reactores de demostración, podrán comenzar — y, de hecho, han comenzado ya — los trabajos de diseño de reactores rápidos comerciales de 1000 MW(e) y de mayor potencia.

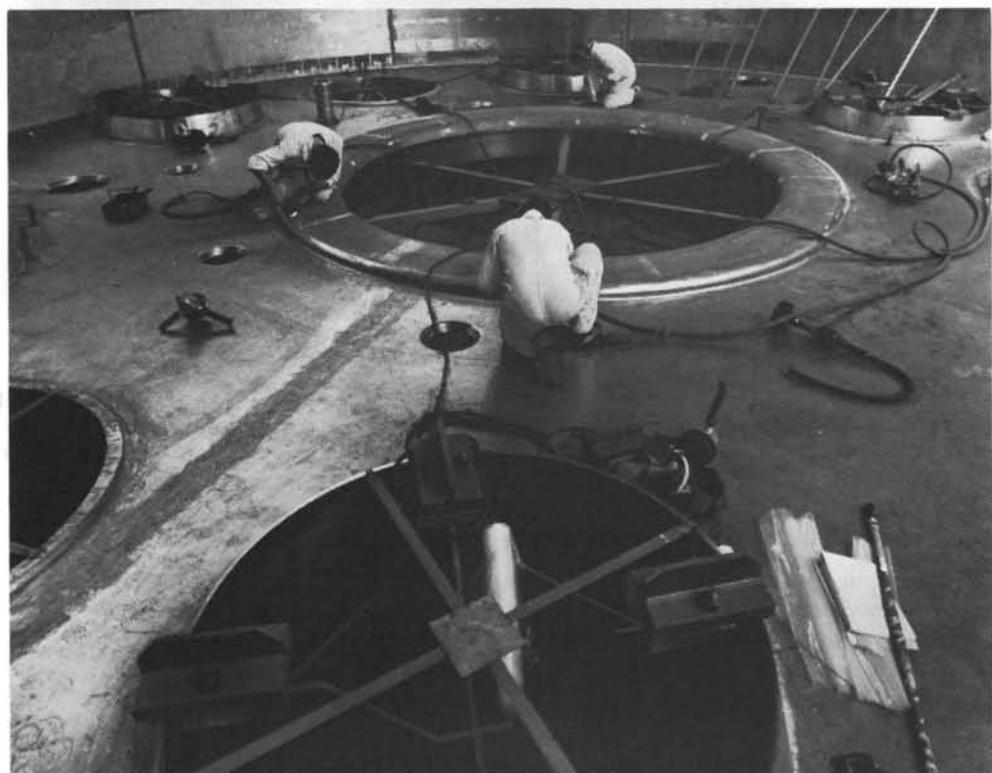
Se están estudiando a fondo, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, los problemas de seguridad que plantean los reactores rápidos, los efectos que pueden ejercer sobre el medio ambiente. Los resultados de estos estudios demuestran cada vez con mayor claridad que, a través de una combinación de medidas activas y pasivas, como son la debida vigilancia de los reactores y unos dispositivos adecuados para el control de los mismos y, en algunos casos, mediante la contención y el empleo de una tecnología avanzada en la fabricación del equipo para las centrales nucleares, se podrá garantizar una seguridad suficiente en el funcionamiento de los reactores rápidos. No obstante, habrá de transcurrir aún cierto tiempo hasta que se admita en general esta opinión. En este sentido, será de importancia decisiva la experiencia adquirida en diversos países con los reactores rápidos de demostración.

Como es sabido, la característica más destacada de los reactores rápidos es que abren las puertas a la utilización de isótopos de los elementos pesados cuya fisión no puede ser inducida con neutrones térmicos. El ciclo del combustible se verá enriquecido con las reservas de uranio-238 y de torio-232, mucho más abundantes en la naturaleza que el uranio-235, principal combustible empleado en los reactores térmicos.

Los reactores rápidos aportan el medio práctico de generar combustible nuclear. Esto significa que, en los reactores rápidos, la fisión de un núcleo de combustible da lugar, por término medio, a algo más de un nuevo núcleo que puede experimentar también la fisión.

Vista nocturna del prototipo de reactor rápido (PFR), de 250 megavatios, que la Junta de Energía Atómica del Reino Unido tiene en Dounreay, Caithness (Escocia). El reactor funciona actualmente a baja potencia nuclear, y, una vez terminadas las pruebas definitivas, se incrementará gradualmente su potencia y se iniciará la producción de electricidad. Foto: U.K.A.E.A. ▲

El reactor rápido francés Phénix de 250 MW(e), de Marcoule, todavía durante su construcción, en el momento de maquinar la tapa del reactor en 1972. El reactor Phénix alcanzó la criticidad en agosto de 1973. Foto: P. Jahan. ►



El exceso de combustible que así se obtiene puede recuperarse y utilizarse para hacer funcionar nuevos reactores nucleares. De esta manera, se resolverá para un largo tiempo el problema de combustible originado por el desarrollo intensivo de la energía nuclear sobre la base de reactores térmicos.

Se ha desarrollado ya muy a fondo la tecnología de los reactores rápidos refrigerados con sodio, y se está estudiando también el empleo de diversos gases — por ejemplo, helio, dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno como refrigerantes para reactores rápidos.

Ahora bien, el desarrollo de las centrales eléctricas en las que se empleen reactores rápidos constituye un problema más complejo que el desarrollo de las centrales de reactores térmicos. Las diferencias en la cinética y en la dinámica de los reactores rápidos, la dureza de su espectro neutrónico, las dosis integrales de radiación más elevadas que reciben el combustible y los materiales estructurales, las temperaturas más elevadas que se alcanzan en sus núcleos y el empleo de un refrigerante esencialmente nuevo plantean un complejo de problemas que sólo pueden resolver por completo países que posean un potencial científico y técnico altamente desarrollado.

Diversos países en desarrollo se interesan por los reactores rápidos y algunos de ellos están llevando a cabo investigaciones. Con el tiempo, los reactores rápidos, como fuente de energía y de combustible nuclear, ocuparán el lugar que les corresponde en los programas energéticos, no sólo de los países avanzados, sino también de los países en desarrollo.

En 1967, con miras a promover la coordinación internacional en el desarrollo de los reactores rápidos refrigerados con metal líquido, el OIEA creó el Grupo internacional de trabajo sobre reactores rápidos (GITRR), integrado por representantes de la República Federal de Alemania, Francia, Italia, el Japón, la Unión Soviética, el Reino Unido y los Estados Unidos, países que cuentan con los programas nacionales más amplios en esta esfera. Los miembros del Grupo de trabajo fueron nombrados por sus respectivos Gobiernos y sólo pueden ser sustituidos por éstos.

La coordinación internacional que se desarrolla con ayuda del GITRR reviste diversas formas.

En primer lugar, el Grupo de trabajo se reúne una vez al año principalmente para examinar y discutir los programas nacionales en la esfera de los reactores rápidos, los progresos logrados en el año precedente y los planes para el año siguiente. Se ha comprobado que este intervalo de un año entre reuniones resulta adecuado para proceder al intercambio de información en esta rama de la ciencia y tecnología que está creciendo tan rápidamente.

En segundo lugar, el Grupo de trabajo discute y recomienda temas concretos para que sean objeto de simposios y conferencias internacionales sobre reactores reproductores rápidos refrigerados con metal líquido.

En tercer lugar, por iniciativa del Grupo de trabajo, se convocan regularmente tres o cuatro veces al año reuniones de especialistas en las que intervienen un número limitado de expertos (de 15 a 20 personas) sobre problemas teóricos y prácticos importantes, pero sumamente especializados. Los temas de estas reuniones se discuten detenidamente y se seleccionan ajustándose a la opinión de la mayoría del Grupo de trabajo.

Finalmente, de los debates desarrollados en las reuniones anuales del Grupo de trabajo o en las reuniones celebradas a recomendación suya, nacen sugerencias para atacar en común cuestiones relativas a la comparación internacional de métodos específicos de investigación o de cálculo, o para formular los procedimientos de actuación que se acuerden.

El Grupo de trabajo mantiene estrechas relaciones con otras entidades internacionales, como son la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE y la EURATOM, por conducto de los representantes de éstas en el Grupo.

Los gastos anejos a las medidas que recomienda el Grupo de trabajo corren a cargo del OIEA y de los Estados Miembros representados en el Grupo. Para ayudar al Grupo en su labor, el OIEA facilita el Secretario Científico, presta servicios a sus reuniones anuales y se encarga de reproducir sus informes anuales y los informes de las reuniones de especialistas.

El desarrollo de los reactores de potencia abarca una amplia gama de problemas relacionados con los siguientes temas: física nuclear y de los reactores, termofísica, química, física y tecnología de los refrigerantes, de los materiales estructurales y de los combustibles nucleares, diseño de elementos combustibles y equipo operacional fiables, vigilancia y control de reactores, reelaboración de combustibles agotados, aspectos económicos del ciclo del combustible, seguridad nuclear, etc.

Desde que se creó, el Grupo de trabajo ha centrado en todo momento su atención en los problemas principales que plantea el desarrollo de los reactores rápidos refrigerados con sodio. Desde 1967, se han celebrado bajo sus auspicios, o con su cooperación, unas 30 reuniones internacionales. Se cuentan entre éstas las conferencias internacionales sobre irradiación en reactores rápidos y sobre física del diseño y funcionamiento de reactores rápidos (1969), el simposio del OIEA sobre progresos en la ingeniería de los reactores rápidos refrigerados por sodio (1970), la conferencia internacional sobre ingeniería de reactores rápidos para su funcionamiento fiable y sin riesgos (1972), el simposio del OIEA sobre combustibles y elementos combustibles para reactores rápidos y el simposio internacional sobre física de los reactores rápidos (1973).

En marzo de 1974 se celebró en Londres una conferencia internacional sobre centrales eléctricas dotadas de reactores rápidos, en la que se examinaron tanto la experiencia adquirida durante la puesta en marcha y funcionamiento inicial de los primeros reactores reproductores de demostración en la Unión Soviética, Francia y el Reino Unido, como las perspectivas futuras en este campo. El OIEA se propone reunir en la segunda mitad de 1974 un grupo de estudio sobre generadores de vapor para los reactores reproductores rápidos refrigerados con metal líquido.

De las 14 reuniones de especialistas celebradas, dos se dedicaron a la física de los reactores rápidos: una al valor del parámetro alfa del plutonio (1969) y otra a la medición e interpretación de espectros neutrónicos en reactores rápidos (1970). La finalidad de las 12 reuniones restantes fue discutir los problemas de ingeniería y tecnología anejos al diseño y funcionamiento de los reactores reproductores rápidos de demostración y de los grandes circuitos de sodio: la interacción entre el sodio y el agua (1968 y 1971), el control del vapor de sodio (1970), la medición y el control de las impurezas en el sodio (1972), el comportamiento de los productos de fisión y de corrosión en los circuitos primarios de los reactores rápidos refrigerados con metal líquido (1971), la supresión de la contaminación con sodio y radiactiva de los componentes de las centrales (1973), la seguridad de funcionamiento de los circuitos de sodio (1971), la combustión del sodio y su extinción (1972), la detección de fallas en el revestimiento de los elementos combustibles (1970), la manipulación y el transporte de los elementos combustibles agotados de los reactores reproductores rápidos de metal líquido (1972), el desarrollo y empleo de materiales absorbentes en los reactores rápidos (1973) y los instrumentos incorporados en el núcleo de los reactores rápidos refrigerados con sodio (1969). En 1973, el OIEA organizó una reunión de un grupo de expertos sobre los principios para calcular el factor de canal caliente.

Los países que participan en el Grupo de trabajo organizan las reuniones de especialistas, que se celebran en sus respectivos centros de investigación y en las que se ofrece a los participantes la oportunidad de examinar los progresos logrados por el país invitante en la esfera de su interés. Estas reuniones se preparan y desarrollan de manera que al finalizar las mismas se pueden discutir y aprobar las "conclusiones y recomendaciones" que se hayan acordado. Corto tiempo después se distribuye entre los participantes un informe

resumido sobre la reunión, que contiene un breve análisis de las memorias y los debates, las conclusiones y recomendaciones, y los textos de las memorias presentadas. De este modo, cada reunión de especialistas constituye, por así decir, una unidad independiente, que refleja el estado actual del problema estudiado.

En la reunión sobre el valor del parámetro alfa del plutonio se recomendó que se efectuaran cálculos a escala internacional en torno a un modelo simplificado de reactor rápido de gran potencia, al objeto de averiguar hasta qué punto la carga crítica y la razón de reproducción dependen del conjunto de constantes nucleares utilizados en un determinado país o centro. En el informe resumido se examinaban los resultados de 17 series de cálculos efectuadas en 10 países, de los que se desprendía el influjo que constantes nucleares diferentes ejercen sobre el cálculo del factor efectivo de multiplicación, de las razones de reproducción interna y externa, del espectro neutrónico y de los índices espectrales, así como el efecto de las diferentes secciones eficaces de los productos de fisión y de los isótopos superiores del plutonio.

El Grupo de trabajo tomó la iniciativa en la compilación de manuales sobre los métodos de primeros auxilios utilizados en diversos países en caso de quemaduras producidas por el sodio. Posteriormente, la División de Seguridad Nuclear y Protección del Medio Ambiente del OIEA formuló unos comentarios sobre dichos métodos. Estos métodos y comentarios han de servir de ayuda a los servicios sanitarios de aquellos países que están desarrollando reactores reproductores rápidos refrigerados con sodio, al objeto de fijar cuál es el método más eficaz para prestar socorro al personal que haya sufrido quemaduras de sodio.

Por recomendación de la reunión de especialistas sobre la seguridad de funcionamiento de los circuitos de sodio, varios expertos del Reino Unido han preparado el texto preliminar de un manual sobre "Principios prácticos que deben seguirse para operar sin riesgos con circuitos de sodio". Este primer texto está siendo estudiado actualmente por especialistas de otros países, cuyos comentarios se tendrán en cuenta en la versión definitiva del manual, que reflejará así la experiencia adquirida a escala internacional y será de utilidad para los proyectistas y para el personal encargado de la explotación.

Los participantes en el grupo de expertos del OIEA sobre los principios para calcular el factor de canal caliente convinieron en que debería procederse a una comparación internacional de los diferentes procedimientos de cálculo, basándose en un ejemplo modelo. Se supone que, con arreglo a los resultados que se obtengan en esa fase, el Grupo de trabajo estudiará el paso siguiente — una comparación internacional de los métodos para calcular los "subfactores" que determinan el cálculo del factor del canal caliente — y formulará a continuación sus recomendaciones.

De lo que antecede se desprende claramente que el OIEA está logrando mucho con un costo muy reducido, organizando sencillamente la coordinación internacional de los trabajos encaminados al desarrollo de los reactores rápidos refrigerados con sodio. Este éxito se debe al interés que demuestran los países representados en el Grupo de trabajo. El Grupo puede funcionar eficientemente gracias a la alta competencia, sentido de la responsabilidad y reducido número de sus miembros, y porque su composición no varía. En conjunto, la experiencia del Grupo de trabajo ha sido provechosa y podría aplicarse ventajosamente a la organización de actividades en algunas otras esferas.

Además de las actividades del Grupo internacional de trabajo sobre reactores rápidos, hay otros varios campos afines de la ciencia y de la tecnología en los que el OIEA está colaborando activamente para el desarrollo de los reactores rápidos.

Existe la creencia de que, de todas las nuevas fuentes de energía que ofrecen perspectivas esperanzadoras, los reactores reproductores rápidos de metal líquido serán probablemente los primeros que permitan generar energía eléctrica en la práctica. Radica aquí el motivo de

que el OIEA resolviera dedicar atenta consideración a estos reactores durante un período determinado; y, por el mismo motivo, el OIEA ha de dedicar detenida atención a la próxima fase del desarrollo de los reactores reproductores rápidos, es decir, a los reactores rápidos refrigerados con gas. Ofrecen éstos diversas ventajas evidentes respecto de los modelos de metal líquido, pero son todavía más complejos técnicamente.

En 1972, el OIEA reunió en Minsk (Unión Soviética) un grupo de estudio de los reactores reproductores rápidos refrigerados con gas. Las conclusiones a que se llegó en aquella reunión han encontrado un eco positivo en la literatura científica.

Reconociendo la creciente importancia de los reactores reproductores rápidos para poder satisfacer las necesidades energéticas del mundo, el Organismo Internacional de Energía Atómica no cesará en su empeño por coordinar las actividades internacionales en esta esfera.

Extractos de los discursos de apertura y clausura del
Simposio sobre el empleo de datos nucleares en la ciencia y la tecnología, París, 1973

Empleo de datos nucleares

A causa del desarrollo espectacular de la tecnología nuclear durante los veinte últimos años, se hace cada vez más acuciante la necesidad de disponer de un cuerpo de documentación nuclear organizado y fácilmente accesible para la comunidad científica. Hoy día, los progresos de la industria nucleoelectrónica, tales como el actual desarrollo de reactores nucleares más eficaces y el planeamiento de reactores de fusión termo-nuclear, así como el empleo creciente de métodos y técnicas nucleares en casi todas las esferas de la ciencia y la tecnología, reclaman continuamente una información numérica sobre cuestiones nucleares — los denominados comúnmente datos nucleares — cada vez más copiosa y de mejor calidad.

En los últimos años, la compilación y empleo de datos nucleares han aumentado considerablemente en magnitud, alcance y profundidad, y aún aumentarán más en lo futuro. Tal fue la impresión que prevalecía al final del Simposio internacional sobre el empleo de datos nucleares en la ciencia y la tecnología, que, patrocinado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, se celebró en París el año pasado. La reunión comparó el estado actual de la compilación de datos nucleares con los requisitos de la ciencia y la tecnología en esta esfera.

El Simposio demostró que, aunque la energía nucleoelectrónica es el campo donde la necesidad de compilar datos nucleares se deja sentir con mayor vigor, el número creciente de aplicaciones de las técnicas nucleares en muchas ramas de la ciencia y la tecnología y la obligación de proteger al hombre contra las radiaciones nucleares, exigen que se amplíe considerablemente el alcance y profundidad de dicha compilación. Disponer de datos nucleares exactos y fáciles de obtener es cada vez más importante para los científicos que utilizan las radiaciones nucleares y los isótopos en radiobiología, diagnóstico y terapéutica, análisis por activación, geología, investigación de materiales y en otras esferas. Con los perfeccionamientos introducidos en los últimos años en las técnicas experimentales nucleares, que han dado lugar a una enorme expansión del volumen de datos nucleares medidos, se ha planteado un nuevo problema: el de compilar y clasificar los datos producidos y ponerlos a disposición de sus usuarios en la forma adecuada y en el momento oportuno. También se ha hecho más patente la necesidad de reconocer la debida justificación y prioridad a la compilación de datos nucleares.