los efectos a largo plazo de la exposición a niveles bajos de radiación durante el trabajo.

M. Dousset (Francia) discutió los reglamentos y la aplicación de normas de seguridad, opinando que los reglamentos se deben basar en los principios generales recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Deben fijarse las dosis de radiación trimestrales y anuales admisibles para cada órgano. El reglamento debe exigir la existencia de una organización de seguridad a cuyo cargo corran, por ejemplo, la ventilación y los procedimientos de protección. Debe prever la vigilancia radiológica por zonas y del personal, y la selección médica y la supervisión del personal. Al hablar de las concentraciones máximas admisibles de radón y torón, G. Wa-

linder (Suecia) subrayó la necesidad de que las normas establecidas tuvieran debidamente en cuenta todos los factores pertinentes. La utilización de la energía atómica no implica sólo la existencia de nuevos riesgos sino también un positivo valor sanitario. En efecto, el empleo de combustibles fósiles supone la contaminación de las reservas de agua y del aire que respiramos, lo que en las zonas más industrializadas ocasiona enfermedades de las vías respiratorias. Sería una desgracia si se entorpeciera el empleo de la energía atómica por la imposición de un margen de tolerancia excesivamente bajo. Las consideraciones estrictamente físicas o biológicas no bastan para fijar normas para las concentraciones máximas admisibles. El autor considera sumamente delicado el problema de fijar los valores de las CMA.

UTILIZACION DE LOS REACTORES DE INVESTIGACION EN LOS CENTROS ATOMICOS SOVIETICOS

En el Seminario sobre energía atómica para personal directivo, celebrado por el OIEA en el mes de octubre, el Dr. U.V. Archangelski, Jefe de Departamento de la Comisión Estatal de la Unión Soviética para la Utilización de la Energía Atómica, explicó cómo se controla y dirige el funcionamiento de los reactores de investigación en la URSS. Indicó también los reactores de investigación que están en servicio en su país y dio detalles sobre la labor científica que realizan además de proporcionar al Seminario los datos que se resumen a continuación.

El Dr. Archangelski explicó que su país construya centros atómicos de dos clases: centros que utilizan reactores normales, principalmente para formar personal técnico y para adiestrar en las aplicaciones de la energía atómica a especialistas de otras ramas de la ciencia, y centros muy especializados, equipados con reactores adecuados para su uso en sectores específicos de la ciencia y de la tecnología. El actual programa de construcción de reactores de investigación se aprobó en 1956-1957 y quedará terminado en 1965.

Los reactores que han resultado más adecuados desde los puntos de vista técnico y económico son los moderados y refrigerados con agua, provistos de un

reflector de berilio o grafito, y cuyo combustible es uranio de enriquecimiento medio o elevado. Estos reactores son superiores a todos los demás porque pueden producir flujos neutrónicos muy elevados de diversas energías con una potencia relativamente escasa, porque su intercambio térmico y su sistema de control y de blindaje son sencillos, y porque el capital necesario y los gastos de combustible y de explotación son relativamente módicos. Todas estas ventajas, junto con la seguridad de empleo de estos reactores, han sido la causa de que se utilicen en gran escala, y por eso la mayor parte de los reactores de investigación ya construidos o en construcción en la Unión Soviética son de este tipo. Su potencia varía entre 5 y 50 000 kW, y los flujos neutrónicos que producen oscilan entre 10^{11} y 2×10^{10} n/cm²/sec.

Construyen los reactores de investigación las instituciones y laboratorios que dependen de las autoridades que se citan a continuación, y otras organizaciones e instituciones administradas por diversas comisiones estatales y que operan en ramas especiales de la ciencia y la tecnología. Tanto los explotadores directos como las demás organizaciones pueden utilizar los reactores para su propia labor de investigación.

1. Comisión Estatal de la Unión Soviética para la Utilización de la Energía Atómica:

<u>Tipo de reactor</u>	<u>Fecha de entrada en funcionamiento</u>	<u>Finalidad</u>	<u>Explotador</u>
IRT-2000	1957	Física nuclear, física molecular, química de las radiaciones, radiobiología, radioisótopos	Instituto de Energía Atómica de Moscú
TVR	1948	Física nuclear, investigaciones técnicas	Instituto de Física Teórica y Experimental
VVR-2	1957 (después de su reconstrucción)	Física nuclear, física molecular, química de las radiaciones, radiobiología, radioisótopos	Instituto de Energía Atómica de Moscú
RFT	1958 (después de su reconstrucción)	Ensayo de materiales, investigaciones físicas y técnicas	Instituto de Energía Atómica de Moscú
SM-2	1961	Ensayo de materiales, investigaciones sobre elementos transuránicos, física nuclear	Instituto de Reactores Atómicos de Ulyanov Oblast

2. Academias de Ciencias de las Repúblicas de la Unión:

VVR-M	1959	Física nuclear, física del estado sólido, producción de radioisótopos, investigaciones técnicas	Instituto de Física y Tecnología de la Academia de Ciencias de la URSS, Leningrado
VVR-M	1960		Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Ucrania, Kiev
VVR-S	1960	Física nuclear, producción de radioisótopos, formación profesional	Instituto de Física Nuclear de la Academia de Ciencias de Uzbekistán, Tashkent
VVR-K	1964	Física nuclear, química de las radiaciones	Instituto de Física Nuclear de la Academia de Ciencias de Kazakhstán, Alma Ata (en construcción)
IRT-2000	1959	Física del estado sólido, química de las radiaciones	Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Georgia, Tbilisi
IRT-2000	1962	Física nuclear, fabricación de instrumental	Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Letonia, Riga
IRT-2000	1962	Investigaciones técnicas, producción de radioisótopos, investigaciones radiobiológicas	Instituto de Estudios sobre transferencias de calor y masa de la Academia de Ciencias de Bielorrusia, Minsk

VVR-Ts	1963	Química de las radiaciones	Instituto de Física y Química, Comisión Estatal de Química, Obninsk (en construcción)
--------	------	----------------------------	---

3. Ministerio de Enseñanza Especializada Secundaria y Superior de la Unión Soviética:

IRT-1000	1963	Formación profesional e investigaciones	Instituto Politécnico de Tomsk (en construcción)
IRT-1000	1964	Formación profesional e investigaciones	Instituto de Ingeniería y Física de Moscú (en construcción)
IRT-1000	1965	Formación profesional e investigaciones, física de los metales	Instituto Politécnico de los Urales, de la Academia de Ciencias de la URSS, Instituto de Física de los Metales, Sverdlovsk (en construcción)

La labor de planificación y diseño de un reactor de investigación suele comenzar con un debate técnico en el que las partes interesadas discuten las especificaciones de la instalación. Por lo general, las especificaciones técnicas predeterminan la finalidad del reactor, el programa de investigaciones y las características técnico-físicas y las instalaciones experimentales necesarias.

Lo normal es decidir la potencia térmica del reactor y el volumen y superficie aproximados de las instalaciones y laboratorios del edificio del reactor, y fijar de común acuerdo el presupuesto máximo aproximado de la construcción.

Como las secciones de diseño y construcción de la Comisión Estatal para la Utilización de la Energía Atómica son las que se encargan de diseñar el reactor y su equipo básico, las especificaciones técnicas aprobadas por el organismo que ha encargado el reactor las revisa y aprueba también el Departamento de Reactores de Investigación de la Comisión. La labor de diseño se hace en dos o tres etapas, según la complejidad y novedad de las características del reactor. Si se hace en dos etapas, en la primera se confecciona el plan de trabajo y en la segunda se preparan los planos del reactor. Si se hace en tres, una de las etapas se consagra a la confección de un anteproyecto que permita efectuar ensayos más detallados y completos para ver si se cumplen los requisitos técnicos especificados.

Para ensayar las diversas soluciones técnicas adoptadas, en el plan de trabajo se indica la labor experimental de construcción y las investigaciones efectuadas, cuya índole y alcance se fijan de común acuerdo al preparar el anteproyecto; los resultados se incorporan al plan de trabajo en forma de informes técnicos y científicos adecuados.

En general, la labor experimental de construcción de un nuevo reactor comprende la investigación del cuerpo del reactor en un conjunto crítico, el desarrollo y ensayo de elementos combustibles, estudios sobre maqueta y el ensayo experimental de los conjuntos y mecanismos peculiares del reactor. El diseño del anteproyecto y los planes de trabajo los aprueba el cliente y luego la Junta Científica y Técnica de la Comisión Estatal los examina para darles el visto bueno.

Los edificios e instalaciones destinados a albergar al reactor con su equipo y laboratorios se planean en dos etapas: primero se confecciona un anteproyecto y luego los planos de trabajo. La Comisión suele limitarse a aprobar el anteproyecto y el presupuesto de construcción, mientras que el cliente verifica la cantidad y calidad de los planos de trabajo. A continuación, el cliente se encarga de la labor de construcción, de adjudicar los contratos de construcción, de pedir el equipo a las empresas industriales y de formar a los operarios.

Una vez terminado y montado, el reactor sólo puede comenzar a funcionar con la autorización de la Comisión Estatal, sea cual fuere el organismo a que pertenezca. Esto se hace para evitar todo riesgo de accidente, que, como demuestra la experiencia, es mayor en el momento de la puesta en marcha inicial y al alcanzar la criticidad.

Una de las funciones más importantes del Departamento de Reactores de Investigación es ensayar las características de seguridad del reactor y ver si las normas de funcionamiento responden a los requisitos de seguridad nuclear y radiológica. La autorización para poner en funcionamiento y explotación el reactor sólo se concede después de examinar a fondo sus características técnicas, haberse dictado las instruc-

ciones adecuadas y haberse dado al personal la necesaria formación teórica y práctica.

Del examen suele encargarse un grupo independiente de expertos investido de la autoridad necesaria por la Comisión Estatal y la administración del centro de investigaciones. Todas las recomendaciones que formule el grupo deben llevarse a la práctica, y la autorización para poner en funcionamiento el reactor depende de su informe. La explotación del reactor se efectúa bajo la dirección técnica del centro de investigaciones y sólo en casos excepcionales o a petición de los propietarios del reactor se nombra a una comisión para que investigue su estado.

El combustible nuclear, en forma de elementos combustibles acabados, lo suministra a los clientes la organización proveedora de la Comisión Estatal al precio oficial. Los pedidos de combustible deben hacerse por lo menos seis meses antes de la fecha de entrega. La razón de ello es que los elementos combustibles para reactores de investigación se piden en pequeñas cantidades, lo cual complica el proceso de fabricación.

Los planes de empleo del reactor los fija la dirección del centro de investigaciones en que está situado. Ahora bien, para poder coordinar las actividades e intercambiar experiencia y datos relativos a las investigaciones en curso, la Comisión Estatal y el Departamento de Energía Atómica de la Academia de Ciencias organizan conjuntamente todos los años conferencias sobre la coordinación del empleo de los reactores de investigación. Ya se han celebrado tres conferencias de ese tipo y se va a celebrar otra en 1963.

Las decisiones adoptadas por estas conferencias revisten la forma de recomendaciones relativas a las líneas principales de investigación que han de seguirse en un reactor determinado y se basan en un análisis de la labor ya realizada y de su calidad y valor

práctico. La finalidad de estas recomendaciones es eliminar la duplicación de funciones y aumentar el valor científico y práctico de la labor de investigación.

Otros reactores que no pertenecen a los organismos de la Comisión Estatal llevan también a cabo investigaciones sobre ciencia pura y aplicada en virtud de contratos hechos y financiados por la Comisión. En tales casos, el programa, su alcance y el calendario de trabajos los aprueba la autoridad que dirige las investigaciones y los supervisa el personal de los centros de investigación de la Comisión.

Los centros de reactores de investigación que dependen directa o indirectamente de la Comisión Estatal presentan informes trimestrales técnicos y científicos. Los informes técnicos contienen datos sobre la labor del reactor y de sus instalaciones auxiliares, energía térmica y gasto de combustible nuclear, reparaciones del equipo, interrupciones de urgencia y condiciones de radiación, cuestiones de personal, etc. Se indican especialmente las mejoras introducidas en las instalaciones del reactor.

Los informes científicos contienen datos sobre la utilización de las instalaciones experimentales del reactor y breves notas sobre las investigaciones llevadas a cabo o en curso y sobre los planes para el próximo ejercicio contable. Otros organismos que poseen reactores presentan informes similares pero solamente una vez al año, por lo general en enero o febrero del año siguiente.

De los problemas de organización, que se plantean constantemente en el diseño, construcción y utilización de los reactores, suele ocuparse el personal del Departamento de Reactores de Investigación. En los casos más complicados se organizan conferencias administrativas y técnicas en las que participan las personas y organismos interesados.