

para evitar que por conducto de las personas se transfirieran sustancias radiactivas de la zona "contaminada" a la zona "limpia".

- Es posible realizar un gran volumen de trabajo de descontaminación en grandes zonas, con lo que se reducen las exposiciones externas en un factor de 2 ó 3 y disminuye notablemente la posibilidad de inhalación de

radionucleidos por el hombre como resultado de la formación de polvo secundario.

- En la práctica es factible reducir en un factor de 10 o más las exposiciones internas por ingestión de radionucleidos mediante la imposición de limitaciones al consumo de alimentos contaminados y la adopción de medidas agrotécnicas especiales.

Los problemas del desarrollo tecnológico seguro

En un artículo publicado en la URSS en 1987, el académico soviético Valery A. Legasov abordó problemas relacionados con la seguridad industrial y tecnológica. A continuación se ofrecen fragmentos de dicho artículo:

"La tendencia característica actual es que, al tiempo que disminuye la probabilidad de que ocurran incidentes aislados (sea un desastre aéreo, ferroviario o marítimo, o la destrucción de una presa, de una instalación de productos químicos o de una central nucleoelectrónica), cuando ocurren, por regla general la magnitud de las consecuencias es cada vez mayor. De hecho, mientras que en los años cuarenta decenas de accidentes aéreos ocasionaban la muerte de decenas de personas, actualmente uno solo, aunque ocurre con mucha menor frecuencia, arroja un saldo de cientos de muertes. Desde hace mucho tiempo los incendios han acompañado al hombre, pero con el desarrollo de la industria petroquímica y la energía del gas, han empezado a producirse junto con explosiones que aumentan notablemente los daños y el tamaño de la zona afectada...

"Por ejemplo, ¿por qué se producen accidentes, pese a los esfuerzos por aumentar la fiabilidad de la tecnología? ¿Por qué va en aumento la gravedad de sus consecuencias? Los complejos medios de producción y equipos modernos se diseñan buscando la mayor fiabilidad posible desde el punto de vista de lo que actualmente se conoce sobre el carácter de los peligros que entrañan, así como sobre los medios técnicos y económicos de que se dispone para prevenirlos. Por regla general, las especificaciones del diseño y el reglamento de explotación conjuntamente podrían garantizar el funcionamiento de una central o unidad en condiciones de seguridad, si no fuera por los fallos en la producción de los equipos, la fiabilidad limitada de cada uno de los componentes y dispositivos, o las desviaciones de los regímenes de explotación establecidos, que pueden consistir, por ejemplo, en cambios en los materiales, realización de experimentos, o simplemente errores humanos. Conscientes de la inevitabilidad de esos defectos, los diseñadores y los ingenieros de proyectos crean sistemas diversos a fin de excluir la posibilidad de un accidente cuando se alteren los regímenes de explotación normales. Ahora bien, la fiabilidad y la eficacia de los propios dispositivos de protección también son limitadas y están sujetas a fallos técnicos y errores en el uso. De ahí que se instalen sistemas secun-

darios y, en ocasiones, sistemas duplicados de reserva terciarios y cuaternarios; pero toda esa redundancia simplemente disminuye el riesgo de un accidente, y al mismo tiempo encarece y complica el equipo y el proceso; en ocasiones reduce a niveles muy bajos la probabilidad de que se produzcan fallos en el equipo o errores del personal que tengan consecuencias catastróficas pero nunca la reduce a cero. El nivel de cero riesgo es posible únicamente en sistemas donde no se almacena energía ni ningún componente química o biológicamente activo.

En la actualidad se diseñan muchos medios de producción modernos y potencialmente peligrosos que, según las estimaciones, presentan una probabilidad de desastre en gran escala del orden de 10^{-4} , lo que significa que dada una combinación de circunstancias desafortunada, y teniendo en cuenta la fiabilidad real del equipo, los instrumentos, los materiales y el personal, existe la posibilidad de que ocurra la destrucción de una central a intervalos de 10 000 años de funcionamiento. Si existe una sola central, es muy probable que durante ese intervalo no represente peligro alguno. De existir mil centrales de ese tipo, cabría esperar la destrucción de una de ellas cada diez años. Y por último, si la cantidad de centrales se aproxima a las 10 000, entonces, estadísticamente, todos los años una de ellas podría dar lugar a un accidente. He aquí una de las causas de los problemas que estamos debatiendo. Una central diseñada sobre la base de los medios técnicos disponibles, de acuerdo con las exigencias reglamentarias, y que resulta debidamente fiable cuando se produce en pequeñas cantidades, pierde su fiabilidad desde el punto de vista estadístico cuando se produce en masa, aunque físicamente sea la misma central...

"El mayor alcance de las consecuencias de los accidentes se debe también al carácter del progreso científico y técnico de nuestros días. Nuestra sociedad utiliza la energía en grados de intensidad cada vez mayores. Se van haciendo frecuentes las centrales saturadas de energía que, al mismo tiempo, emplean sustancias peligrosas. Su potencia generada por unidad se incrementa constatemente en aras del rendimiento económico. Aumentan las presiones sobre la maquinaria industrial básica y la red de transporte, que se extiende cada vez más. Solamente en la esfera de la generación de energía, a nivel mundial se produce, transporta, almacena y utiliza anualmente el equivalente a diez mil millones de toneladas de carbón estándar. Esa cantidad de combustible potencialmente inflamable y explosivo es comparable, desde el punto de vista del contenido energético, a todo el arsenal de armas nucleares acumulado en el mundo a lo largo de toda su historia. Además, el uso cada vez más generalizado de gas licuado, en la esfera del suministro de combustible, unido al aumento

Valery Alekseevich Legasov es un académico miembro del Presidium de la Academia de Ciencias de la URSS y Primer Subdirector del Instituto de Energía Atómica I.V. Kurchatov. En agosto de 1986 encabezó la delegación soviética a la Reunión de examen postaccidente del OIEA celebrada tras el accidente en la central nucleoelectrónica de Chernobil.

paralelo de la capacidad de las empresas que producen y utilizan combustibles de gas licuado, han elevado notablemente el riesgo de que se produzcan incendios explosivos en gran escala...

"Otro factor importante que eleva los niveles de riesgo industrial es el aumento de la densidad en la distribución de los diferentes tipos de centrales e industrias y su interacción durante los accidentes. El afán de lograr la máxima economía y el aprovechamiento óptimo de las inversiones previas en la producción de energía, su transporte y el entorno social de una región dada, conduce a la concentración de varias empresas dentro de una región sin un análisis minucioso de su interrelación e interacción. Incluso podría ocurrir que las consecuencias de un accidente en una de esas centrales no fueran tan terribles salvo por sus efectos sobre una central vecina, que posiblemente multiplicarían los daños varias veces...

"Si se analiza detenidamente la información estadística se puede observar que aunque más del 60 por ciento de los accidentes es atribuible al error humano, la mayor parte de los recursos que se invierten en la seguridad industrial se dedican al perfeccionamiento de los sistemas de control técnico y de alerta para prever esas situaciones. En este sentido la industria aeroespacial ha sido una excepción ya que históricamente ha prestado una gran atención a la selección del personal, la capacitación y la recalificación con el empleo de simuladores, la observación médica, la disciplina, los incentivos materiales, las buenas condiciones de trabajo y la creación de sistemas de reserva automáticos como apoyo a las tripulaciones y los servicios de tierra.... Solo desde principios del decenio de 1970 se empezaron a hacer serios esfuerzos en otras esferas de actividad con miras a aprovechar y mejorar la experiencia de los aviadores. Cuando se habla del factor humano y de la interacción hombre-máquina, el tema suele reducirse a la disciplina y la capacitación del personal, su responsabilidad y la ejecución precisa de las instrucciones y órdenes. Desde luego, todo eso es muy importante, pero el examen minucioso de las situaciones de emergencia arroja que la clave del problema está en la gestión, donde el factor humano es importantísimo. Resulta que o bien las propias instrucciones no fueron muy precisas y no se previó —en realidad, en determinadas circunstancias no podía preverse— cómo proceder ante un régimen de funcionamiento anormal, o bien no se hizo ninguna comprobación para determinar si las instrucciones se habían comprendido cabalmente. Son muchos los casos en que la indisciplina y el error tecnológico se han derivado directamente de las rutinas establecidas, de la falta de una comunicación eficaz con especialistas competentes y de capacitación básica y conocimiento de las posibilidades del personal, así como del hecho de no

comprenderse cabalmente las consecuencias de una medida incorrecta.

"Dada la elevada concentración de industrias potencialmente peligrosas en nuestra economía, se impone adoptar un enfoque cualitativamente nuevo de la seguridad. Esa nueva óptica debe basarse, ante todo, en la búsqueda de soluciones óptimas para los problemas de la interacción hombre-máquina, y luego en su puesta en práctica con la debida prontitud. Todo proceso complejo normalmente debe ir acompañado del suministro de simuladores dotados de equipo de computadora avanzado, una disminución del volumen de información que se ofrece y diversidad en los métodos que se usan para presentarla, mayor cantidad de sistemas de reserva automáticos y semiautomáticos para los operadores, la introducción de sistemas de protección técnica contra procedimientos no aprobados, y mayor vigilancia de las condiciones del equipo mediante dispositivos de diagnóstico a distancia.

"Desde fines del decenio de 1970, en muchos países han surgido centros de seguridad industrial general que se han trazado como tarea principal la integración de la experiencia acumulada a nivel mundial, la investigación del papel que desempeñan factores anteriormente desconocidos, la capacitación del personal y la identificación de las esferas de mayor peligro...

"Para que el progreso científico-técnico, que ya ha dado pruebas de su empuje y sus enormes posibilidades, pueda seguir sirviendo al hombre en el futuro, es esencial que los especialistas de todas las disciplinas trabajen unidos en pro de una utilización más segura y fiable de sus logros. Atendiendo a la cantidad de problemas y disciplinas científicas que intervienen en su solución, esa labor debe continuar no sólo en el marco de las instituciones que tradicionalmente se han ocupado del desarrollo tecnológico, sino también en centros especialmente creados para atender la seguridad industrial en general. La ampliación de la investigación en el campo de la seguridad, así como la aplicación de criterios nuevos en la construcción de los sistemas tecnológicos, posibilitarán un mayor desarrollo técnico con menos riesgos. Además, es preciso reconocer que en nuestro mundo tecnológico contemporáneo la vida le impone una responsabilidad especial a cada miembro de la sociedad. En un discurso transmitido por la televisión soviética el 14 de mayo de 1986, Mijaíl Gorbachov dijo lo siguiente: 'Para nosotros, la indisputable lección de Chernobil es que con el ulterior desarrollo de la revolución técnica y científica adquieren importancia fundamental las cuestiones de la fiabilidad y seguridad de la tecnología y las cuestiones relacionadas con la disciplina, el orden y la organización. Habrá que aplicar en todas partes y a todo los requisitos más estrictos posibles.' "