

Una prometedora esfera de colaboración

Sistemas de suministro de calor nuclear en los países del CAEM

por A. Panasenkov, V.G. Sychev y K. Mensel

Los Estados Miembros del Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM) utilizan ampliamente la energía nuclear para generar electricidad. En 1983, la capacidad instalada de las centrales nucleares ascendió a 25 000 megavatios (MW), lo que constituyó un ahorro de 50 millones de toneladas de combustible de referencia en un año.

Si tomamos en cuenta que la producción de electricidad representa del 20 al 25% aproximadamente de los recursos energéticos, será a todas luces evidente que las posibilidades de ahorrar el escaso combustible fósil están limitadas en alguna medida y muy a la larga ni siquiera excederán el 10%.

Hay otra esfera mucho mayor de consumo de recursos energéticos, la calefacción, la cual utiliza hasta el 40% del combustible fósil. También aquí hay amplias posibilidades para el uso de la energía nuclear.

Desde hace algunos años, a los Estados Miembros del CAEM les ha interesado profundamente la nueva esfera de utilización de la energía nuclear, a saber, la calefacción de origen nuclear. Un análisis realizado en muchos países sobre el balance a largo plazo de la energía y el combustible ha demostrado con toda claridad la necesidad de utilizar el combustible nuclear para satisfacer las necesidades de calefacción industrial y urbana.

Medidas planificadas para la colaboración

En su 106a. reunión (1983), el Comité Ejecutivo del CAEM decidió organizar la colaboración multilateral entre los Estados Miembros en la esfera de la calefacción nuclear. De conformidad con esta decisión, las Comisiones Permanentes del CAEM encargadas de la colaboración en materia de producción de energía eléctrica y en los usos pacíficos de la energía atómica, la Comisión Intergubernamental de Colaboración en la Producción de Equipos para Centrales Nucleoelectrificadas y el organismo económico Intergubernamental Interatomenergía presentarán en 1985 un proyecto de acuerdo al Comité Ejecutivo. El acuerdo versará sobre la colaboración entre los Estados Miembros del CAEM en la labor científica, técnica y de diseño de las centrales nucleares de calor y energía y de las que generan calor para la producción de vapor con fines industriales y para responder a las necesidades de calefacción urbana durante el período de 1986 al 2000.

En cumplimiento de dicha decisión, en sus reuniones posteriores, de octubre y noviembre de 1983, las Comisiones aprobaron el procedimiento y el marco

cronológico para la redacción del acuerdo y el programa de colaboración en la esfera del suministro de calor de origen nuclear. Asimismo cabe destacar que, paralelamente, el Comité Ejecutivo decidió elaborar un programa para la construcción de centrales nucleares y fuentes de calor de origen nuclear hasta el año 2000, que tome en cuenta las posibilidades del suministro de combustible nuclear y el equipo necesario para las centrales.

Los diversos sistemas que se estudian

En consecuencia, nos encontramos en el umbral de la colaboración multilateral en la esfera del suministro de calor de origen nuclear, que incluirá tanto los avances científicos y técnicos como el programa de construcción. A este respecto sería conveniente analizar la situación actual del problema, es decir, valorar sus enfoques iniciales. La labor desarrollada por un seminario de expertos de Estados Miembros del CAEM sobre investigación y desarrollo en la esfera del suministro de calor de origen nuclear, celebrado en octubre de 1983, nos ha facilitado en alguna medida la tarea.

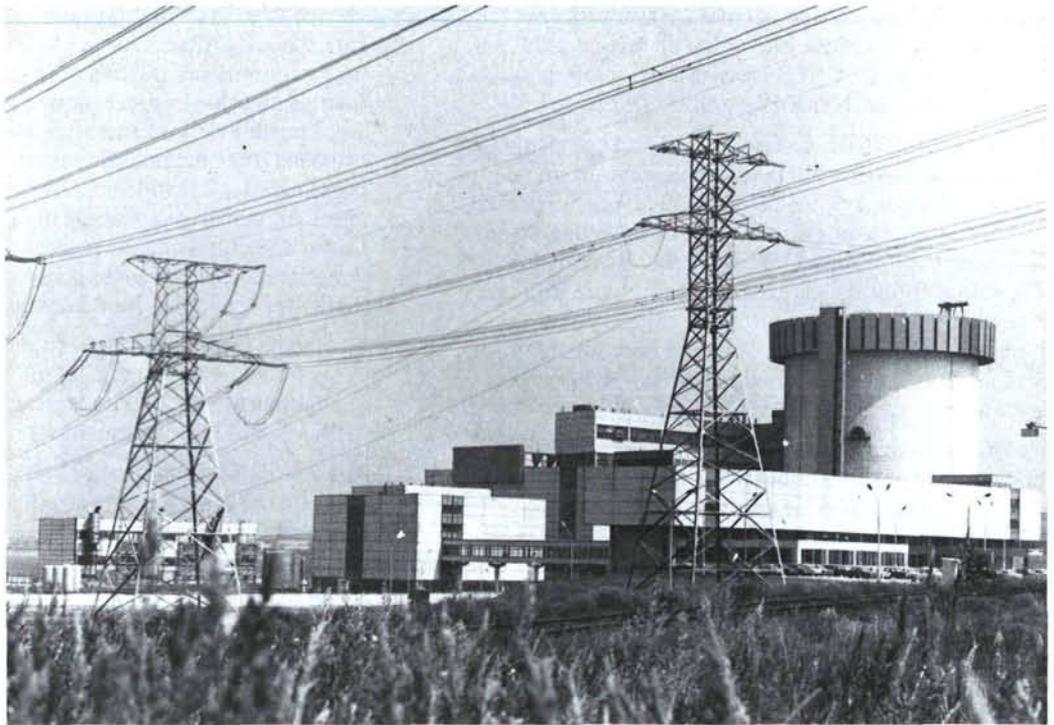
El calor en régimen de baja temperatura tiene una amplia gama de consumidores. Por ejemplo, se utiliza para la calefacción urbana y, en forma de vapor de diversos tipos, en la industria de la construcción y otras industrias la producción de papel y pulpa y de fertilizantes agrícolas, así como para mejorar la producción de los pozos petrolíferos. La labor de desarrollo de las fuentes nucleares de calor se concentra actualmente en la calefacción de edificaciones residenciales e industriales y en el suministro de agua caliente.

En el futuro inmediato se consideran como posibles tipos de fuentes nucleares de calefacción las centrales nucleares con extracción limitada de calor para los consumidores, las centrales nucleares cogeneradoras de calor y energía eléctrica (CNCE) y las centrales nucleares suministradoras de calor (CNC). Hay también trabajos en curso para la creación de centrales nucleares de un solo propósito para el suministro de calor industrial. Todas estas fuentes de calor tienen sus ventajas y es evidente que en el futuro se seleccionará la combinación óptima para cada país.

Por motivos económicos (los costos relativamente elevados de capital y el bajo componente de combustible del costo del calor), las fuentes de calor de origen nuclear están destinadas a suministrar las cargas de base de calor, mientras que las fuentes de combustible fósil cubrirán las cargas máximas. El uso de fuentes nucleares exige la creación de grandes sistemas centralizados de suministro de calor. Estas nuevas fuentes nucleares que se están desarrollando estarán provistas de mecanismos para controlar el suministro de calor en un amplio rango.

El Sr. Panasenkov es Jefe de División de la Secretaría del CAEM y los Sres. Sychev y Mensel son funcionarios de dicho organismo.

Se extrae calor de una central nucleoelectrica de WWER-1000 MW en Novo-Voronezh, Union Soviética, para suministrar agua caliente y vapor a las industrias aledañas.



Avances en la URSS

La Unión Soviética se encuentra hoy a la vanguardia de la labor de desarrollo de la calefacción nuclear en el mundo. Por tanto, sería conveniente, ante todo, profundizar en las actividades que en estos momentos se desarrollan en la URSS.

Las grandes plantas centralizadas de suministro de calor atienden aproximadamente el 55% de las necesidades de calor de la URSS (el 66% en el caso de las ciudades). Numerosas calderas pequeñas y anti-económicas (en el país hay más de 250 000) y plantas individuales, principalmente domésticas, proporcionan el resto de la calefacción.

La existencia de un gran número de pequeñas plantas es causa de un consumo exagerado de combustible y de una carga ineficaz para la industria que fabrica calderas costosas y antieconómicas, las cuales requieren una gran cantidad de metal. En consecuencia, el perfeccionamiento de la economía calorífica del país está en la centralización planificada en gran escala del suministro de calor basado en centrales nucleares cogeneradoras de calor y energía eléctrica (CNCE), grandes calderas y, a largo plazo, fuentes de calefacción nuclear.

Con este fin la URSS utilizó por primera vez en el mundo extracciones no controladas de vapor provenientes de centrales nucleoelectricas al poner en explotación en la estación nuclear de Beloyarsk centrales de calefacción urbana de 21 gigacalorías por hora (Gcal/h). La experiencia de muchos años de explotación demuestra que el calor que suministran las centrales nucleoelectricas puede ser confiable, económico y seguro.

Actualmente el calor se extrae de las estaciones nucleares de Beloyarsk, Chernobil, Kursk, Novo-Voronezh,

Kola y de muchas otras. La carga conectada oscila entre 30 y 200 Gcal/h. El calor se suministra a los consumidores cercanos a las centrales para la calefacción y para el uso de agua caliente en fábricas, centros industriales, de construcción y asentamientos residenciales pertenecientes a las centrales, así como para la purificación especial del agua y otros usos. El suministro es principalmente de agua caliente. El vapor se provee en pequeñas cantidades.

El diagrama y diseño térmicos de las turbinas de condensación que se utilizan actualmente en las centrales nucleares ofrecen las siguientes oportunidades para obtener calor a partir de extracciones no controladas: la turbina K-220-44 (para WWER-440) 25 Gcal/h y K-1000-60/1500 (para WWER-1000) 200 Gcal/h. Es posible aumentar aún más la capacidad de extracción nominal introduciendo otras fases de precalentamiento.

Se está desarrollando la labor de perfeccionamiento del uso de turbinas de condensación con grandes extracciones para la calefacción urbana (del orden de 500 Gcal/h y más para las centrales nucleares de WWER-1000 en proceso de construcción, por ejemplo, para la segunda fase de la planta nuclear de Rostov). Esto permitirá amplias posibilidades de utilización de las centrales nucleares de tipo condensador para abastecer a grandes regiones consumidoras de calefacción.

Calefacción económica para las ciudades

Mientras que las centrales nucleares están principalmente diseñadas para generar electricidad, las centrales urbanas de calefacción de tipo condensador (CNCE con turbinas tipo TK) están concebidas no sólo para

generar electricidad sino además para suministrar cargas de calor más elevadas. El empleo de este tipo de turbinas TK en las CNCE eleva la extracción de calor de una unidad de 1000 MWe a 900 Gcal/h.

La primera CNCE de este tipo se está construyendo en la Unión Soviética para la calefacción urbana de Odesa. Tiene una potencia de 2000 MWe. La central estará compuesta por dos unidades y cada una de ellas constará de un reactor WWER-1000 y dos turbinas TK-450-500/60. La carga térmica total que brindará esta planta a la ciudad, junto a las calderas para las horas de consumo pico que utilizan combustible fósil, será de unas 3000 Gcal/h en la operación de carga máxima que se calcula (en el invierno).

La puesta en servicio de la CNCE de Odesa garantizará un ahorro anual de combustible fósil de unos cuatro millones de toneladas de combustible de referencia. Asimismo se clausurarán varios cientos de pequeñas calderas de la ciudad con la consiguiente ventaja ecológica. Está planificada la construcción futura de este tipo de CNCE para suministrar calor a Jarkov, Minsk, Volgogrado y otras ciudades.

Es importante destacar que la potencia de una unidad energética con extracción de calor de 900 Gcal/h será de alrededor de 900 MWe, es decir, solamente 100 MWe menos que con la modalidad de condensación pura. Con este método la producción de calor (calefacción urbana) es sumamente económica.

En las CNCE se utilizan reactores WWER-1000 como en las centrales nucleares. En consecuencia, en este caso también se aplican restricciones de seguridad respecto del emplazamiento cerca de conglomerados industriales y residenciales.

Por ejemplo, la CNCE de Odesa está situada a 25 kilómetros de la ciudad. Esto requiere la instalación de costosas redes térmicas con una notable cantidad de tuberías (unas 60 000 toneladas con un metro de diámetro) y reservar terrenos para conducir el calor por tuberías. En algunos casos la construcción de CNCE puede estar limitada por cuestiones de emplazamiento, escasez de agua industrial necesaria en cantidades suficientes para enfriar los condensadores, falta de demanda de potencia generadora de electricidad y otras razones.

Rasgos adicionales de seguridad

En vista de lo anterior, en la URSS se ha creado una fuente de calor de un solo propósito, a saber, la central de calefacción nuclear con una potencia de 500 MW de capacidad térmica por unidad (AST-500). Los especialistas soviéticos también han creado una central generadora de calor nuclear de menor potencia (AST-300 con 300 MW) para el uso de los Estados Miembros del CAEM, ya que en la mayoría de los países existen limitaciones para la utilización de un reactor de 500 MW (teniendo en cuenta el número de centros lo suficientemente grandes de consumo de calor). El diseño del AST-300 es básicamente similar al del AST-500.

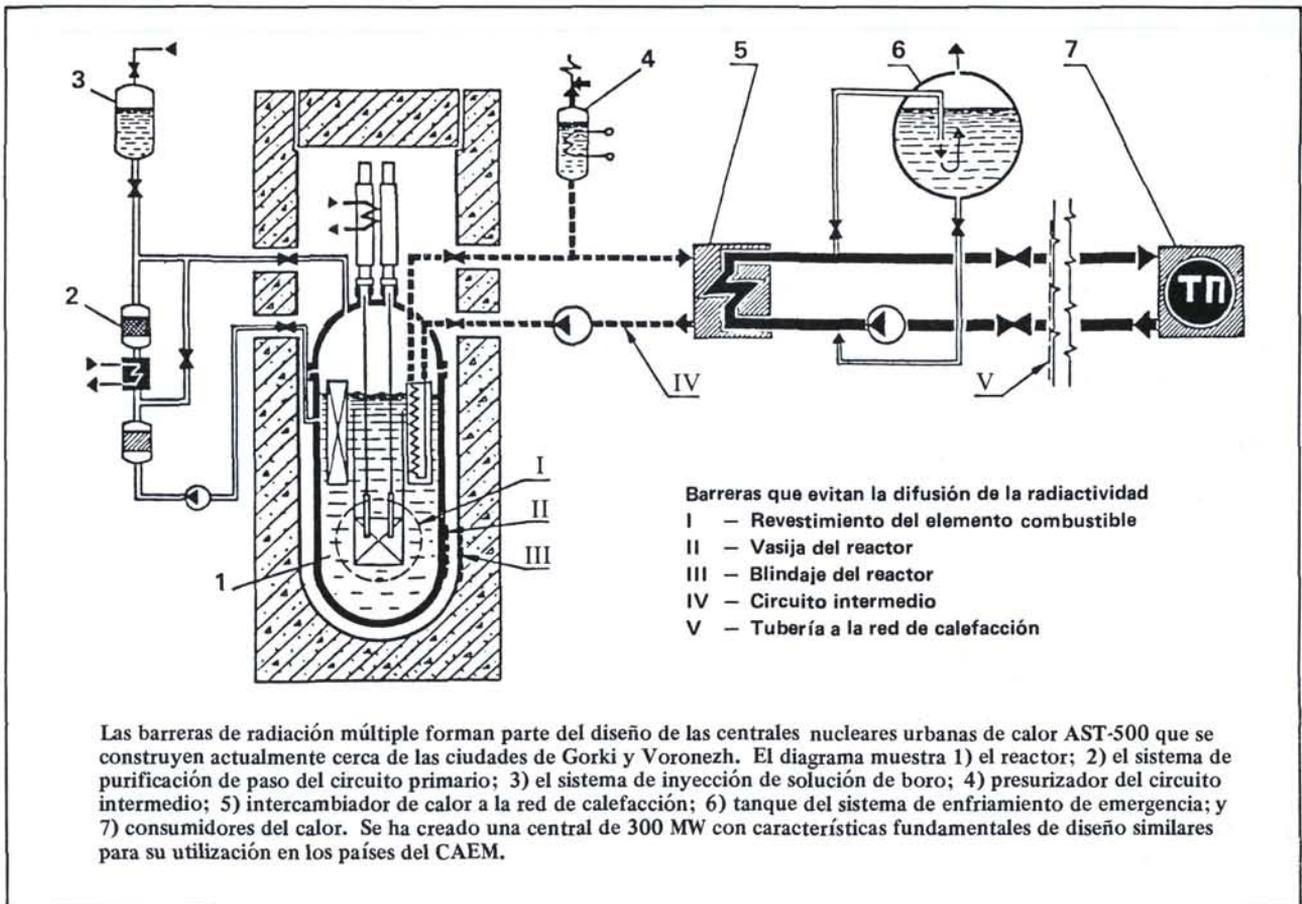
Debido a que las centrales nucleares de calor (CNC) constituyen un concepto nuevo en la energía nuclear,

merece la pena debatirlas más pormenorizadamente. Para que estas plantas sean eficientes desde el punto de vista económico y puedan competir con otros tipos de fuentes de calor es preciso que se emplacen lo más cerca posible de los centros de consumo de calor. Esto exige mayores medidas de seguridad que compensen su proximidad a las ciudades. El estudio relativo a la selección del tipo de reactor indica que se logra una mayor seguridad con un reactor tipo vasija refrigerado y moderado con agua ligera cuyo diseño se basa en los siguientes principios fundamentales:

- La baja presión del circuito primario y la densidad de potencia moderada del núcleo reducen la posible repercusión de los accidentes y aumentan la fiabilidad del enfriamiento del núcleo.
- La circulación natural del refrigerante del circuito primario garantiza una alta fiabilidad en la eliminación de calor del núcleo.
- La disposición integral del equipo del circuito primario reduce al mínimo las ramificaciones del circuito y hace innecesaria la utilización de tuberías de gran diámetro que pueden ser peligrosas por la posibilidad de roturas importantes en el circuito.
- El diseño de dos vasijas, en que la vasija de presión se construye con una diferencia de tamaño mínima respecto de la vasija de contención dentro de la cual está, garantiza que el núcleo permanezca sumergido en el agua en caso de producirse un fallo en la vasija principal y, además, que los productos radiactivos se encuentren localizados.

Especificaciones básicas de los reactores AST-500 y AST-300

	Unidad de medida	AST-500	AST-300
Capacidad térmica	MW	500	300
Refrigeración del circuito primario:			
presión	MPa	2,0	2,0
temperatura en la entrada y la salida del núcleo	°K	399/477	393/473
Superficie de los intercambiadores de calor acoplados/número de secciones	m ² /número	5000/18	2000/15
Presión del circuito intermedio	MPa	1,2	1,2
Red de calor:			
presión en el intercambiador de calor de la red	MPa	2,0	2,0
temperatura en los cabezales de entrada y salida	°K	413/333	393/323
Núcleo:			
densidad de potencia específica	MW/m ³	27,1	23
diámetro del elemento combustible/tipo de combustible nuclear	mm	13,6/UO ₂	13,6/UO ₂
número de conjuntos combustibles	número	121	85



- Un diseño de tres circuitos para la eliminación del calor del reactor, con un circuito separador intermedio en cuyo interior la presión es inferior a la existente en la red térmica, evita que lleguen al consumidor los escapes de productos radiactivos del reactor provocados por fugas en las superficies de intercambio de calor.

El diseño que se ha adoptado para la CNC garantiza la seguridad radiológica de la población durante la explotación y en caso de accidentes.

Los cálculos que se han realizado para la CNC con dos reactores AST-500 muestran que en la localidad las descargas de productos radiactivos y las dosis de radiación son muy inferiores a los niveles permisibles. Incluso en el caso de los accidentes de peores consecuencias radiológicas, provocados por fallos en las tuberías del circuito intermedio, con un diámetro de 500 milímetros, las dosis de exposición individual son inferiores (por un factor de 10^4) a las dosis límites para los accidentes máximos de diseño.

La disposición de los circuitos garantiza la seguridad de la población que usa el agua procedente de la red, ya que evita fugas del agua del circuito intermedio hacia la red térmica tanto en la explotación normal como en condiciones de accidente. Por todas estas razones, la CNC se puede ubicar con seguridad en las inmediaciones de los centros consumidores de calor, incluso hasta a dos kilómetros de los límites que se contemplan para la expansión futura de las ciudades, de conformidad con las normas vigentes en la URSS.

La CNC hace amplio uso de las características de diseño que han devenido tradicionales en la ingeniería nuclear de la URSS y que están rigurosamente comprobadas en la práctica de explotación de los reactores WWER y de canales de alta potencia (RBMK). Son las características relativas a la selección de los elementos combustibles, los revestimientos del conjunto combustible, el mecanismo de control de los sistemas de seguridad, los reguladores de tipo conglomerado, y otros componentes estructurales, cuya solidez también debió demostrarse mediante extensas actividades de investigación y desarrollo.

Se construyen centrales pilotos

En 1983 el Buró Político del Comité Central del Partido Comunista de la Unión Soviética aprobó las propuestas elaboradas por el Consejo de Ministros de la URSS relativas a la construcción y puesta en servicio de CNC para el período que finaliza en 1990.

Ya se encuentran en construcción en Gorki y Voronezh CNC piloto con dos unidades de 500 MW. Su construcción y puesta en servicio revisten especial importancia dado que constituirán la primera experiencia práctica de la utilización industrial de grandes fuentes de suministro de calor nuclear.

La CNC de Gorki se está construyendo a dos kilómetros de los límites futuros de la ciudad; la distancia media de los centros de consumo es de 10 kilómetros. Posee una potencia térmica de 1000 MW (dos unidades de 500 MW), la cual representa aproximadamente el

50% de la potencia del sistema centralizado de suministro de calor que se construye. La producción anual de energía térmica del sistema será superior a seis millones de Gcal, incluidos cinco millones de Gcal procedentes de la CNC, o sea, más del 80%. La longitud total de la red térmica sobrepasa los 60 kilómetros, incluidos 40 kilómetros de redes de tránsito. Con la puesta en servicio de la CNC se clausurarán 270 pequeñas calderas ineficientes alimentadas con combustible fósil.

El sistema centralizado de suministro de calor incorpora, por primera vez en un sistema cerrado, el concepto de almacenaje de calor para equilibrar el desigual funcionamiento diario de los sistemas de suministro de agua caliente. Para el almacenaje se utilizan tanques abiertos de un volumen total de 20 000 metros cúbicos. En determinados momentos, con el uso del combustible nuclear se logrará un ahorro de combustible fósil de hasta 360 toneladas de combustible de referencia diarios.

Una consecuencia importante del diseño del sistema de CNC en Gorki es la elaboración de los requisitos básicos de diseño para sistemas similares. Tales sistemas deben construirse con diseños biotápicos. La primera etapa abarca las fuentes de calor (base y pico) unidas en un solo sistema energético mediante redes de calor de tránsito. La segunda etapa incluye las redes principal y de distribución y los sistemas de los usuarios con control de la extracción de calor. La transmisión de calor de la primera a la segunda etapa debe producirse en unidades convertidoras con la ayuda de bombas mezcladoras o mediante intercambiadores de calor. Esas unidades deben ubicarse en las regiones de consumo y en las fuentes de calor pico. Estas últimas se conectarán en paralelo a las redes de calor de tránsito.

Los cálculos técnicoeconómicos revelan que el diseño del sistema centralizado de suministro de calor aplicado en la CNC en Gorki es la opción más económica posible.

El programa checoslovaco: sistemas regionales

En otros Estados Miembros del CAEM también se están realizando trabajos de investigación y desarrollo relativos al suministro de calor de origen nuclear.

En Checoslovaquia, las necesidades de energía térmica se atenderán mediante la construcción de sistemas centralizados de suministro de calor, la generación simultánea de electricidad y calor utilizando diversos tipos de carbón disponibles en el país y, en un futuro muy cercano, con el uso de fuentes de calor de origen nuclear. Los estudios realizados demuestran que, a largo plazo, el uso de fuentes nucleares será inevitable y que éstas constituyen prácticamente la única solución posible para el suministro de calor a los centros principales de la actividad económica en el país.

Se espera que el programa propuesto para la utilización de fuentes nucleares garantice, para el año 2000, la extracción de 41 000 terajulios anuales (Tj/a) de energía térmica y un ahorro de combustible fósil en el orden de 1,6 millones de toneladas de combustible de referencia, cifra que se elevaría a 4,7 millones de toneladas en el año 2010.

La decisión tomada por el Presidium del Gobierno checoslovaco en 1981 relativa a la conversión de las

estaciones de potencia del tipo de condensador en estaciones para la calefacción de distritos contempla también el suministro de calor procedente de todas las centrales nucleoelectricas en construcción. Este concepto precisa del establecimiento de grandes sistemas regionales de suministro centralizado de calor. Se limitará la construcción de calderas y pequeñas centrales para el suministro de calor, lo que resultará en una disminución notable de los efectos adversos en el ambiente de las fuentes locales de calor.

Como fuentes de calor de origen nuclear, Checoslovaquia se propone utilizar fundamentalmente centrales nucleoelectricas con la extracción de calor, CNCE y CNC.

Todas las estaciones nucleoelectricas con WWER-440 (12 unidades en total) en explotación o construcción en Checoslovaquia permiten la extracción de calor para su uso en las ciudades vecinas. La estación nucleoelectrica de Bohunice suministrará calor a Trnava, la de Dukovany a Brno y la de Mohovce a Levice.

Cuando se suministra calor (agua caliente de 150° a 170°C) de una planta nucleoelectrica con turbinas Skoda del tipo condensador (2 X 220 MW), que no están equipadas especialmente para la extracción de calor (centrales nucleoelectricas V-1 y V-2), es posible extraer un máximo de 170 MWt. La siguiente modificación de las turbinas Skoda de 220 MW (para la estación de Mohovce) está destinada a la extracción de calor de hasta 230 MWt por unidad para la calefacción de distritos.

Los estudios monográficos demuestran las posibilidades

Tomemos como ejemplo el estudio de viabilidad realizado por especialistas checoslovacos para el suministro de calor a Brno desde la central nucleoelectrica de Dukovany. Se espera que suministre 500 MW de calor y que la red tenga una longitud de 40 kilómetros. Las instalaciones para el suministro de calor tomarán la forma de sistema cerrado compuesto por dos tuberías de un metro de diámetro (24 000 toneladas de tuberías). La industria nacional puede proporcionar los equipos (tuberías, estaciones de bombeo, etc.).

En la ciudad ya se encuentra en construcción la nueva red del sistema centralizado de suministro de calor. La inversión se habrá amortizado en 10 años. Los análisis realizados demuestran que la producción de calor en la central nucleoelectrica ofrece la única solución posible y económicamente viable al problema de dotar a Brno de un sistema centralizado.

Un rasgo característico en Checoslovaquia es el predominio en algunas regiones de cargas térmicas que usan el vapor no sólo con fines industriales sino también para la calefacción. Los especialistas checoslovacos estudian la posibilidad de suministrar calor al sistema centralizado de suministro de calor de České Budějovice desde la central nucleoelectrica de Temelin (con un WWER-1000).

Se propone la utilización de las CNC en el caso de los centros que consumen calor situados fuera de la distancia económicamente viable para el transporte de calor desde las centrales nucleoelectricas o las CNC alimentadas con combustible fósil. En la primera etapa, se prevé para

1995 la instalación de la central AST-300 en el complejo Ostrava-Karvina y para el año 2000 en Bratislava. Ya han comenzado las actividades y estudios sobre emplazamiento de estos dos casos.

En Checoslovaquia, la explotación de las CNC de 500 y 300 MW es limitada, pues sería de mayor utilidad el empleo de centrales más pequeñas. Por lo tanto, se pretende establecer las CNC con una capacidad de 100 a 200 MW, para lo que, en opinión de los especialistas checos, es necesario analizar nuevos conceptos.

La gran capacidad de la industria checoslovaca le permitirá participar en la fabricación de equipo para las CNC.

Posibilidades que se evalúan en Polonia

Pese a los cálculos y las evaluaciones de diseños sobre las CNCE y las CNC que se desarrollan actualmente en Polonia, aún no se han aprobado programas específicos sobre el uso de las fuentes nucleares de calor.

La construcción de las CNCE con WWR-1000 sólo es pertinente para los centros urbanos e industriales más grandes: el conglomerado urbano de Varsovia (antes del año 2000) y la región de Silesia y Cracovia (después del año 2000). Durante los años comprendidos entre 1990 y 2000 el país podrá necesitar hasta ocho CNC con una capacidad de 300 ó 500 MW.

Debido a la gran capacidad unitaria de estas centrales, su uso se limitará a pocas zonas de gran consumo de calor: Silesia, Cracovia, Gdansk, Stettin, Poznan y Lodz. Además, Polonia tiene muchas ciudades relativamente pequeñas en que los problemas de suministro de calor y protección ambiental son especialmente agudos. Las CNC serían recomendables en estas regiones. Sin embargo, para ello resulta necesario establecer centrales de 100 ó 200 MW. En la actualidad, se realiza el trabajo de desarrollo de un reactor para las CNC de 200 MW.

Existe un estudio en curso sobre el suministro de calor de origen nuclear al conglomerado urbano de Gdansk. El principal centro de consumo de calor es la región que abarca las tres ciudades de Gdynia, Gdansk y Sopot, la cual posee una demanda total de 3140 MW. Los planes de desarrollo socioeconómico de esta región prevén un crecimiento anual medio de 116 MW de capacidad térmica. Las CNC alimentadas con carbón satisfarán esa demanda hasta 1990; a partir de entonces se necesitarán nuevas fuentes de energía.

En tal sentido, las opciones que se examinan son una CNC con reactores de 500 MW, dos CNC con reactores de 300 MW, o la extracción de calor de la central nucleoelectrónica de Zarnowiec, que se encuentra en construcción. Las distancias relativamente largas que habría de cubrir el transporte (de 50 a 80 kilómetros) será el factor limitante en el último caso.

Las perspectivas urbanas en la República Democrática Alemana

Las directrices emanadas del Décimo Congreso del Partido Socialista Unificado de Alemania sobre el plan quinquenal de desarrollo económico de la República Democrática Alemana (RDA) han esbozado una política

de generación de energía basada en el uso de los recursos con que cuenta el país, a saber, el lignito. Debido a la mayor utilización que se hace del lignito, no se puede esperar que su escasez amaine, aun con el aumento de su producción a 300 ó 310 millones de toneladas en 1990. Las perspectivas del calor de origen nuclear en la RDA pueden juzgarse del hecho de que ya en la actualidad se necesitan 80 millones de toneladas anuales de lignito exclusivamente para el suministro de calor centralizado.

Debido a que por razones de seguridad las centrales nucleoelectrónicas y las CNCE deben emplazarse lejos de los grandes centros de población y, por ende, necesitan costosas redes para transmitir el calor, los especialistas de la RDA opinan que las CNC resultan más convenientes para el suministro de calor a los centros urbanos.

En la RDA se examina la posibilidad de utilizar el AST-500, debido a los rasgos característicos de su construcción en el país. Se observa, por ejemplo, que las temperaturas de diseño de entrada y salida corresponden básicamente a las condiciones imperantes en los grandes sistemas de calefacción urbana de la RDA, incluidos los del sistema de Berlín que es el mayor del país.

A pesar de sus ventajas económicas, las posibilidades de empleo de las CNC de gran capacidad son limitadas. Existen cinco sistemas de calefacción urbana con capacidades entre 500 y 1000 MW y uno con una capacidad superior a 1000 MW. Actualmente se analizan variantes de CNC de una y dos unidades.

La RDA realiza estudios teóricos y experimentales sobre procesos termohidráulicos, junto con la dinámica de los reactores para las CNC, almacenamiento de calor y otros aspectos. A este fin se han creado instalaciones experimentales en la Technische Universität Dresden y el Ingenieurhochschule Zittau. Se labora actualmente en las extracciones de calor de la central nucleoelectrónica Bruno Leuschner que se encuentra en explotación y se realizan preparativos para la producción por la industria nacional de equipos no nucleares para fuentes de calor de origen nuclear.

Bulgaria: un imperativo nuclear

Los inadecuados recursos energéticos de Bulgaria hacen imperativo el uso de fuentes nucleares de calor. Las cargas industriales desempeñan un papel decisivo en el desarrollo del suministro centralizado de calor en ese país. Todas sus CNC han sido construidas principalmente para abastecer las zonas industriales y, en segundo lugar, para suministrar agua caliente y calefacción urbana. Como resultado de ello, durante el período 1980-1982 el suministro centralizado de calor a la industria representó entre el 55 y el 60 por ciento del consumo de combustible del país, mientras que el suministro a la población sólo representó el 10 por ciento.

Bulgaria posee 27 sistemas centralizados de suministro de calor. Las zonas industriales y los centros urbanos se caracterizan por tener cargas de calor de pequeña y mediana escalas. Por consiguiente, se prevé que para 1990 sólo las ciudades de Sofía y Plovdiv tengan una carga superior a los 1000 MW. Únicamente en otras tres ciudades la carga será de 500 y 1000 MW.

Por lo tanto, en el futuro Bulgaria requerirá de fuentes de calor de origen nuclear con capacidades entre 100 y 500 MW para satisfacer sus necesidades industriales y domésticas. Para el año 2000 se utilizarán sólo en casos aislados las centrales con capacidad de 500 MW. Los especialistas búlgaros piensan analizar la posibilidad de instalar fuentes de calor de origen nuclear con capacidades entre 100 y 200 MW para atender las demandas concretas del país.

Surge el interés fuera del CAEM

Las fuentes de suministro de calor de origen nuclear despiertan interés no sólo en los Estados Miembros del CAEM, sino también en numerosos países capitalistas desarrollados, especialmente los de climas templados y fríos. Es conocido el proyecto Secure de 200 MW elaborado conjuntamente por firmas suecas y finesas para la calefacción urbana de ciudades con una población entre 50 000 y 100 000 habitantes. Los franceses han desarrollado una fuente de calor de origen nuclear de 100 MW en régimen de baja temperatura llamada Thermos, que posee un reactor de tipo inmersión y una disposición integral de equipamiento. Los canadienses investigan la posibilidad de usar fuentes de calor de

origen nuclear de poca capacidad (entre 2 y 20 MW) en las regiones septentrionales del país. Otros países han adquirido experiencia práctica en la extracción de calor de las centrales nucleoelectricas para el suministro de calor.

Los estudios técnicos y económicos han demostrado que las fuentes de calor de origen nuclear pueden competir plenamente con las centrales alimentadas con combustible fósil. El menor costo de producción compensa los mayores costos de inversión. Una CNC de 1000 MW puede abastecer zonas urbanas con una población entre 300 000 y 400 000 habitantes, lo que representa un ahorro anual de 700 000 toneladas de combustible de referencia. Otra virtud de las fuentes nucleares son sus incuestionables ventajas para la higiene ambiental.

El calor de origen nuclear como nueva rama de la ingeniería nucleoelectrica se encuentra en una fase incipiente. Se requieren numerosos esfuerzos y tiempo para establecer las fuentes de suministro de calor de origen nuclear a escala industrial en los Estados Miembros del CAEM. La cooperación multilateral entre estos Estados Miembros desempeñará un papel importante en la aceleración de este proceso.