

گزارش میدانی خبرنگار خراسان از صفر تاصد نیروگاه اتمی بوشهر

درون نگین اتمی خلیج فارس

ماجرای ساختمان های روی فنر ، کانال های خنک کننده دریایی، سوخت ۸۰ تنی، بشکه های پسماند و مهلت ۱۰ دقیقه ای کنار راکتور چه بود؟



هادی محمدی – آخرین حلقه چرخه سوخت هسته ای در ایران و به جهات صلح آمیز هسته ای ،تولید برق است و به جرئت می توان نیروگاه اتمی بوشهر را نماد این مصرف صلح آمیز سوخت هسته ای در ایران دانست . چندی قبل فرصتی دست داد تا از این نگین اتمی خلیج فارس که در ساحل بوشهر می درخشد باز دیدی داشته باشیم و به این بهانه صفر تا صد این نیروگاه اتمی را در ادامه شرح داده ایم.

■ **نیروگاه بوشهر؛ این چه بود و آن چه شد**

نیروگاه اتمی بوشهر در ده کیلومتری این شهر قرار دارد و از حدود ۵ کیلومتر مانده به نیروگاه، جاده ای اختصاصی که عبور و مرور افراد متفرقه از آن ممنوع است و تحت حفاظت شدید قرار دارد مارا به اولین نیروگاه تولید برق هسته ای در غرب آسیا و جهان اسلامی می رساند. شروع ساخت نیروگاه بوشهر به سال های ۱۳۵۲ و ۱۳۵۳ و انتخاب سایت برمی گردد. ابتدا قرار بود دو واحد هزار و سیصد مگاواتی از نوع ر اکتور آب تحت فشار توسط شرکت گرفت ورک یونیون آلمان یا همان شرکت زمینس ساخته شود. این پروژه تا پیش از انقلاب پیشرفت های خوبی هم داشت اما بعد از پیروزی انقلاب عملیات ساختمانی متوقف شد و طی جنگ نیز هدف اصابت موشک و حمله هوایی قرار گرفت که هنوز بقایای آن در کنار نیر وگاه جدید قابل مشاهده است. بعد از پایان جنگ شرکت آلمانی از تکمیل پروژه سرباز زد و نیامد بنابر این خیلی از تجهیزات سنگینی که آن زمان در شرکت سازنده تولید شده بود در بنادر کشورهای اروپایی نگه داشته شد. در نهایت و با اقدام نکردن آلمانی ها، در سال ۱۹۹۵ یا ۱۳۷۴ تصمیم بر این گرفته شد که این قرارداد با کشور روسیه به عنوان طرح تکمیلی منعقد شود . کار بسیار منحصر به فردی محسوب می شد و قرار بود نیروگاه اتمی بوشهر که در زمان خودش در دنیا به عنوان یکی از بزرگ ترین نیروگاه ها بود و الان هم جزو نیروگاه های بزرگ است توسط یک سازنده جدید تکمیل شود. بیچیدگی کار این بود که باید یک فناوری آلمانی با یک فناوری روسی تلفیق شود که کار مهندسی بالایی را می طلبد اما در نهایت عملیات اجرایی کار شروع شد . آن چه که در متن قرارداد تاکید شده بود و ایران از پیمانکار طلب می کرد این بود که حداکثر استفاده از تجهیزات و ساختمان های به جامانده از آلمان ها به کار گرفته شود. تغییراتی در ساختار داخل ساختمان ها انجام شد که مهم ترین آن در فونداسیون توربین بود که در طرح آلمانی به صورت عمودی بودند و در طرح روسی افقی شدند ، در نهایت فعالیت های نصب آن با همه مشکلات و همه مسائل مهندسی که باید حل می شد رفته رفته جلورفت تا نیروگاه به مرحله تکمیل و راه اندازی رسید. سرانجام در ۲۶ آذر ۱۳۷۸ اولین سوخت ر اکتور به نیروگاه رسید و دو ماه بعد کار گذاری سوخت در نیروگاه انجام شد .پس از تست های متعدد در اول شهریور ۱۳۹۰ چرخش توربین تا ۳۰۰ هزار دور بر دقیقه انجام شد و ۱۲ شهریور ۹۰ اتصال نیروگاه به برق سراسری انجام شد همچنین ۹۰ شهریور ۹۱ رسیدن به هزار مگاوات برق تولیدی در نیروگاه بوشهر ثبت شد و بدین شکل اولین برق اتمی در ایران وارد مدار مصرف شد . نگاه جالب در این میان واگذاری بهره برداری از نیروگاه به طرف ایرانی از سال ۱۳۹۲ است که باعث شد روند ایرانی کردن نیروگاه سرعت بگیرد که گونه ای

چهارشنبه ۳ اسفند ۱۴۰۱ . شماره ۲۱۱۵۹ اول شعبان ۱۴۴۴ . ۲۲ فوریه ۲۰۲۳

خراسان روزنامه صبح ایران

شوند و زمان حمل به قلب ر اکتور نیز با اهرم ها و جرثقیل های بزرگی این انتقال انجام می شود .متأسفانه ورود به ساختمان ر اکتور به دلیل روشن بودن ر اکتور و خطرات احتمالی امکان پذیر نشد زیرا به گفته مسئولان ایمنی ر اکتور بوشهر ، وقتی در زمان کار ر اکتور بخواهید وارد گنبد شوید شاید کمتر از ده دقیقه زمان داشته باشید و به دلیل آلودگی بالای محیط اگر کار بیشتر طول بکشد باید خروج کنید تا اور دوز نشود. این حساسیت ها باعث شد تا اجازه ورود را پیدا نکنیم. تا سیستمات تولید آب شیرین کن از تولیدات جنبی نیروگاه اتمی بوشهر است. کلنگ زنی تولید ۷۰ هزار مترمکعب آب شیرین در روز انجام شده و تقریباً آب مورد نیاز شهر ستان بوشهر را تامین می کند.

■ **برق هسته ای در مدار سراسری**

نیروگاه اتمی بوشهر در دوره کاری خود در هفت سال گذشته ۵۶۲۰۰۵۷۸۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید کرده و ۱۰۶۹۰۵۲۶۰ کیلووات ساعت کل انرژی الکتریکی تحویلی نیروگاه بوشهر به مدار سراسری توزیع برق است . این نیروگاه در اوج مصرف یعنی فصول گرم سال ، به صورت ۲۴ ساعته برق پایدار و مستمر هزار مگاواتی به شبکه تزریق می کند و درمستان نیز که اوج مصرف گاز است باعث می شود تا روزی ۶ میلیون مترمکعب به کاهش مصرف گاز کشور کمک کند . البته نیروگاه حدود ده ماه در سال فعال است و در روزهایی که اوج مصرف برق نداریم نیروگاه برای سوخت گذاری یک سوم مصرف شده و تعمیرات احتمالی خاموش می شود و حدود دو ماه را به این شکل می گذرانند .

تولید برق در نیروگاه اتمی بوشهر کاملاً پاک و بدون تولید آلاینده های معمول در نیروگاه های تولید برق فسیلی است به این معنی که هر سال از تولید ۷ میلیون تن گاز های گلخانه ای جلوگیری می شود و تا کنون نیروگاه بوشهر در هفت سال عمر تولید برقش توانسته از تولید ۵۰ میلیون تن گاز جلوگیری کند . هر نیروگاه هسته ای متناسب با نوع بهره برداری اش ۶۰ تا ۹۰ سال عمر می کند و این در مقایسه با نیروگاه هایی که با سوخت هایی مثل گاز یا نفت یا مازوت و ... تولید برق می کنند و حتی در مقایسه با برق آبی ها و انرژی های خورشیدی و بادی نیز عمر بالاتری به شمار می رود. امروز ۷۳ درصد برق فرانسه از این راه به دست می آید و ۱۰۰ ر اکتور دارد در چین ۲۷ ر اکتور و در هند ۲۱ ر اکتور در حال ساخت هستند . در منطقه ما نیز امارات اولین نیروگاه اتمی خود را راه اندازی کرد و واحدهای بعدی را در دست ساخت دارد همین طور ترکیه نیز در حال ساخت نیروگاه اتمی است. هر نیروگاه اتمی برای ساخت احتیاج به ۵ تا ۷ میلیارد دلار سرمایه گذاری دارد در حالی که سالانه حدود ۱۱ میلیون بشکه نفت صرفه جویی می کند که با یک حساب سرانگشتی می شود گفت در یک دوره ۵ ساله می تواند همه هزینه های خود را برگرداند و از این نظر هنوز به عنوان یک گزینه مطلوب برای تولید برق در دنیا محسوب می شود. هزار مگاوات برقی که روزانه در نیروگاه بوشهر تولید می شود در استان های بوشهر و فارس به مصرف می رسد به گونه ای که امروز از هر چهار وسیله مصرف کننده برق در این دو استان یک وسیله با برق نیروگاه اتمی کار می کند .

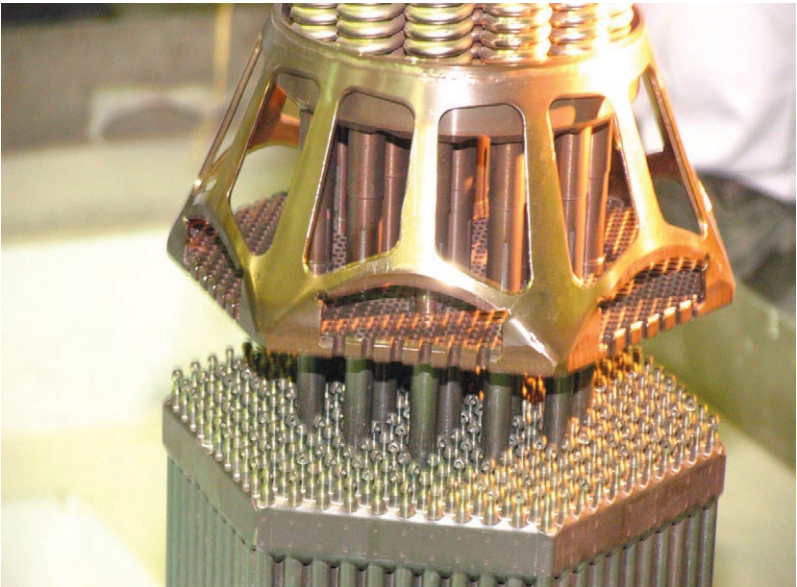
■ **واحدهای ۲ و ۳ بوشهر در مسیر ساخت**
طبق افق بلند مدت ایران در صنعت هسته ای باید در ۲۰ سال آینده ایران بتواند ۲۰ درصد برق کشور را از طریق انرژی هسته ای به دست آورد . برای رسیدن به این هدف شرکت های مختلفی در سواحل جنوبی و شمالی در حال تشکیل و تحقیقات هستند . بخشی از این برق توسط نیروگاه های کوچک ۱۰۰ تا ۱۵۰ مگاواتی در حاشیه سواحل مکران و بخشی در نیروگاه ۳۵۰ مگاواتی دارخوین در خوزستان به دست می آید و قرار است در کنار واحد اول هزار مگاواتی بوشهر دو واحد هزار و ۵۰ مگاواتی نیز توسط روسیه ساخته شود که هم اکنون کارهای ساختمانی آن در دست اقدام است. حدود ۶ سال از کلنگ زنی این فاز ها گذشته و تا کنون و با وجود مشکلات تحریمی و مالی بخش های خوبی انجام شده اما هنوز از برنامه عقب است . در فاز های دو و سه ۲ میلیون خاک برداری شده و کل کار توسط ایرانی ها انجام شده و حتی میلگرد و سیمان ویژه نیروگاه را در داخل کشور ساخته ایم که در نوع خودش کار مهمی به شمار می رود. در بخش تجهیزات قرارداد با روس ها منعقد شده با این شرط که اگر تجهیزات با وسایلی در داخل ایران تولید می شود باید در اولویت قرار گیرد. این امیدواری وجود دارد که این دو واحد ظرف ۵ تا ۷ سال آینده به مدار وارد شوند و بخشی از بار برق کشور را بر عهده بگیرند .



است. این برق از طریق دو پست ۲۳۰ کیلووات و ۴۰۰ کیلووات و از طریق خطوط انتقال برق به پست چغادک و شبکه سراسری برق کشور متصل می شود. بخار که از توربین ها خارج می شود سرد و مایع می گردد و دوباره به مولد بخار باز می گردد و این یعنی مدار اول و دوم ماسیکل های بسته هستند. برای خنک کردن این بخار از آب دریا استفاده می کنیم و ۲۰ هزار متر مکعب آب دریا وارد کندانسور می شود و بخار را سرد می کند و خودش گرم می شود. این آب باید در یک پروسه سردوار در باشد که ابتدا در یک کانال روپاز ۴۰۰ متری و تونل های ۱۲۰۰ متری وارد شده بعد از از دست دادن دمای خود می تواند به دریا بریزد و هیچ آلودگی هم ندارد. هر کدام از این قرص های سوخت حاوی ۴ تا ۵ گرم اورانیوم غنی شده زیر ۵ درصد هستند و انرژی که برای ما تولید می کند معادل ۳ بشکه نفت خام، یک تن زغال سنگ و ۴۷۶ متر مکعب گاز طبیعی است و این تفاوت که هیچ آلودگی ندارد.

■ **با پسماند های نیروگاه اتمی چه می کنند؟**

در نیروگاه بوشهر پسماند های مایع ، گاز و جامد داریم . پسماند گازی ما ابتدا برای مدت زمانی مطروف می شود تا آلودگی آن کاهش یابد و پس از آن از فیلترهای غالی عبور می کند و در نهایت از استک (دودکش) ۱۱۰ متری نیروگاه خارج می شود که در این مرحله هیچ آلودگی ندارد . دودکش نیروگاه ایمن است و فیلترهایی دارد که حتی اشعه رادیواکتیو خروجی از زمین هم در آن کمتر است . برای پسماند های مایع و جامد بشکه های مخصوصی وجود دارد. در واقع پسماند مایع ناشی از شست وشوهای درون نیروگاه است . فاضلاب شست وشوی لباس آلوده و پساب رادیواکتیو آزمایشگاه ها به عنوان پسماند مایع به حساب می آیند . این پساب در بشکه های آبی رنگ که یک همزن درون آن ها وجود دارد قرار می گیرند و با آهک و سیمان مخلوط می شوند تا حالت جامد به خود بگیرند . پسماند جامد هم در واقع قطعات مستعمل



می سازند که ۴ متر و ۵۷ سانتی متر ارتفاع دارد و ۱۶۳ مجتمع سوخت ، قلب ر اکتور بوشهر را ساخت واحد اول نیروگاه بوشهر کشور تصمیم به توسعه این نیروگاه و ساخت واحدهای دوم و سوم گرفت که بر این اساس پس از انعقاد قرارداد با طرف روسی، ۱۲ بهمن ۹۳ عملیات تحقیقاتی واحد ۲ و ۳ و سال ۹۵ کلنگ زنی واحدهای جدید انجام شد که کار آن تا کنون ادامه دارد و به نظر می رسد حداقل تا ۵ سال آینده نباید شاهد بهره برداری از آن ها بود.

■ **ساختمان های روی فنر ، مقاوم در برابر**

زلزله ۱۰ ریشتری و...

وارد محوطه نیروگاه که می شویم یکی از کارکنان مرکز اطلاع رسانی نیروگاه بوشهر به مدد ما آمده و درباره جزئیات این غول بزرگ اتمی در کنار آب های نیلگون خلیج فارس توضیح می دهد . نیروگاه اتمی بوشهر شبیه دیگر نیروگاه های فسیلی تولید برق است با این تفاوت که در نیروگاه های فسیلی از گاز یا گازوئیل یا مازوت استفاده می شود اما این جان چه باعث ایجاد حرارت می شود سوختی از اورانیوم غنی شده است . ر اکتور بوشهر که توسط روسیه ساخته شده از نوع آب سبک تحت فشار بوده و توان تولید ۳ هزار مگاوات گرما و هزار مگاوات برق را دارد . جنس این ر اکتور از فولاد کربنی است که با فولاد ضد زنگ پوشش داده شده و با قطری برابر با ۵ متر ۵۳ سانتی متر ، ارتفاعی برابر ۱۱ متر و ۱۸ سانتی متر دارد . منبع تولید گرما در این ر اکتور سوخت هسته ای از نوع دی اکسید اورانیوم با غنای ۰۲/۴۱، ۶۲/۳، ۲۴/۲ و ۱/۶ است که به صورت قرص های سوخت استوانه ای به قطر ۷/۷۵ و ارتفاع ۱۲ میلی متر ساخته شده و به تعداد ۳۰۰ تا ۳۱۵ عدد درون میله های سوخت قرار می گیرند . قطر قلب ر اکتور ۱۶/۳ متر است و ارتفاع قلب ر اکتور ۳/۵۵ متر. قطر دیواره کره فولادی ۵۶ متر و ضخامت کره فولادی ۳ تا ۵ سانتی متر برای جلوگیری از آسیب های داخلی و هر گونه انفجار احتمالی است . این ترکیب می تواند زلزله ۱۰ ریشتری را هم تحمل کند و بخشی از ساختمان ها روی فنر هستند که برای زلزله مقاوم باشند همچنین کلیه ساختمان هادر برابر سیل با سونامی عایق شده اند. تنها توربین هزار مگاواتی کشور که ساخت روسیه است در نیروگاه اتمی بوشهر قرار دارد و توربین بعدی در کشور ۴۴۰ مگاواتی است. ۳۱۱ میله سوخت به صورت آرایش شش ضلعی یک مجتمع سوخت را