

« به نام خدا »

## « سیستم پیشرانۀ هسته ای در شناورها »

و برنامه مدیریت آموزش آن

گرد آورندگان :

مریم مجیدی      نجمه جمالی

1. تاریخچه..... 2
2. سیستم پیشرانۀ هسته ای..... 6
3. سیستم مدیریت آموزش..... 12

# 1. « تاریخچه »

## - مقدمه

انرژی هسته ای مخصوصاً برای کشتی هایی مناسب است که نیاز است برای مدت طولانی ، بدون نیاز به سوخت گیری ، در دریا باشند و یا برای زیردریایی هایی که به سیستم رانش قوی محتاجند .

تاکنون بیشتر از 150 کشتی با بیش از 220 راکتور هسته ای کوچک بکار گرفته شده و افزون بر 12000 "راکتور سال" مأموریت های دریایی انجام شده است . از این سیستم بیشتر در زیردریایی ها استفاده می شد . اما بعدها دریخ شکنها و ناو های هواپیمابر هم متداول شد .

در آینده با محدودیت های سوخت فسیلی در حمل و نقل ، نیروی هسته ای رایج ترین منبع انرژی در سیستم های رانش کشتی ها خواهد بود .

در سال 1940 کار بر روی رانش هسته ای دریایی آغاز گردید و اولین راکتور آزمایشی در سال 1953 در ایالات متحده راه اندازی شد ؛ و سپس اولین زیر دریایی رانش هسته ای به نام USS Nautilus در سال 1955 به آب انداخته شد . با ساخت Nautilus ، به موازات توسعه بیشتر ، دسته جدیدی از زیردریایی ها - skate-class submarines) که با یک راکتور آبی فشار بالا کار می کردند و نیز یک ناو هواپیمابر به نام USS Enterprise که با 8 راکتور کار می کرد ؛ در سال 1960 ؛ و به دنبال آن ، USS Long Beach ، با 2 راکتور، در 1961 ساخته شدند . به این ترتیب تا سال 1962 نیروی دریایی ایالات متحده 26 زیر دریایی هسته ای فعال و 30 راکتور هسته ای در حال ساخت داشت که تحول عظیمی در صنایع نیروی دریایی محسوب می شد . در آن هنگام ، آمریکا و انگلستان به طور مشترک ، و فرانسه ، روسیه و چین هر یک به طور جداگانه برنامه های خود را دنبال می کردند .

بعد از شناورهای Skate-Class ، توسعه انرژی هسته ای ادامه یافت و در آمریکا یک سری طرح های استاندارد خاص توسط General Electric و Westinghouse برای تجهیز هر کشتی با یک راکتور ارائه شد . در همان زمان Rolls Royce نیز، تعدادی زیردریایی مشابه برای نیروی دریایی سلطنتی انگلستان ساخت . بزرگترین زیردریایی های رانش هسته ای ، زیر دریایی های 26500 تنی typhoon-class روسیه هستند که با یک جفت راکتور 190 مگاواتی ، کار می

کنند . البته این دریایی ها ، توسط زیردریایی های Oscar-2 class با تناژ 24000 تن (برای مثال Kursk) از رده خارج شده اند ؛ اما موتورهای مشابه دارند . در مقایسه با رکورد بالای ایمنی هسته ای دریایی آمریکا ، در ابتدا تلاشهای شوروی به 5 حادثه جدی منجر شد که در طی آنها ، راکتورها دچار آسیب های جبران ناپذیری شدند که باعث نشت رادیو اکتیو شد . با این وجود در سومین دوره تولید راکتورهای دریایی خود ، در 1970 ، موفق شدند امنیت مطلوب و مورد نیاز را تامین کنند .

### - ناوگان های دریایی هسته ای

روسها 248 زیر دریایی هسته ای و 5 کشتی را که مجموعاً به 468 راکتور مجهز بودند بین سالهای 1950 تا 2003 ساخته اند که حدود 60 مأموریت توسط آنها انجام شده است .

در پایان جنگ سرد ، در 1989 بیش از 400 زیردریایی رانش هسته ای فعال یا درحال ساخت وجود داشت . حدود 250 تا از این زیردریایی ها به کنار گذاشته شده اند و تعداد بیشتری از آنها در نتیجه برنامه های کاهش سلاح نابود شده اند . در آن هنگام ، روسیه و آمریکا ، هر کدام بیش از 100 تا ، انگلستان و فرانسه کمتر از 20 تا ، و چین 6 فروند زیردریایی هسته ای داشتند که امروزه کلاً در حدود 160 تا از آنها باقی مانده است .

هم اکنون روسیه چندین رزمناو هسته ای دارد و آمریکا علاوه بر آن دارای 11 ناو هواپیمابر هسته ای نیز هست . همچنین روسیه ، دارای 8 یخ شکن هسته ای فعال یا در حال ساخت میباشد .

### - کشتی های غیر نظامی

در سال 1950 توسعه کشتی های تجاری هسته ای آغاز شد ؛ اما از نظر اقتصادی ، مقرون به صرفه نبود . در سال 1962 کشتی NS Savannah ، ساخت آمریکا ، شروع به کار کرد ؛ ولی 8 سال بعد از سرویس خارج شد . ساخت این کشتی ، یک موفقیت کامل فنی بود . اما از نظر اقتصادی ، کارآمد نبود . کشتی باربری Otto Hahn ، 15000 تنی ساخت آلمان هم ، در مجموع 650000 مایل دریایی را در 126 سفر طی 10 سال بدون هیچ گونه مشکل فنی پیمود . با وجود این نظر اجرایی خیلی گران از آب در آمد و به همین دلیل ، در 1982 به دیزلی تبدیل شد . در سال 1970 هم ، سومین کشتی غیر نظامی به نام Mutsu ، که 8000 تنی و ساخت ژاپن

بود؛ به کار گرفته شد . اما با مشکلات فنی و سیاسی بسیاری همراه شد و سرانجام به يك شکست ناراحت کننده منجر شد . هر سه شناور ذکر شده ، از راکتور هایی با سوخت اورانیم ضعیف شده استفاده می کردند .

در 1988 سفارش ساخت NS Sevmorput در روسیه داده شد که به طور عمده در بندر های شمالی سیبری به کار گرفته می شود . این شناور ، يك دوبه بر ( برای حمل دوبه های کشتی های باری به بندر های دارای اسکله کم عمق ) 3400 تنی و کانتینربری با سینه یخ شکن است و به راکتور KLT- 40 که مشابه آن در یخ شکن های بزرگ استفاده می شود مجهز شده است .

سیستم رانش هسته ای ، از نظر اقتصادی و فنی ، در سرزمین های شمالی سرد شوروی ، موفقیت آمیز عمل کرد . این سیستم ، مشکل تامین توان و انرژی مورد نیاز برای یخ شکن ها ، و نیز مشکلات سوخت گیری در این نوع کشتی ها را برطرف کرد . یخ شکن Lenin اولین کشتی جهانی دارای سیستم رانش هسته ای بر سطح آب بوده که 30 سال فعالیت کرد و البته در این میان راکتور های جدید در 1970 بر روی آن نصب شدند . به این ترتیب ، پس از آن يك سری از یخ سري شکن های بزرگتر ساخته شدند که 6 عدد از آنها ( Arktika-class ) با 23500 dwt ، از سال 1975 به آب انداخته شدند . این کشتی ها 2 راکتور دارند و در آب های عمیق نواحی یخبندان استفاده می شوند . Arktika اولین کشتی بود که به قطب شمال رسید .

برای استفاده در آب های کم عمق نظیر دهانه رودخانه و رود ها هم ، 2 یخ شکن با آب خور های کم ( Taymyr- class ) با يك راکتور در فنلاند ساخته شد و سپس در روسیه سیستم تامین بخار هسته ای بر روی آنها نصب شد . آنها مطابق استانداردهای بین المللی امنیتی برای کشتی های هسته ای ساخته شده اند و در 1989 به آب انداخته شدند .

### - نیروگاه هسته ای

راکتور های دریایی ، از نوع آب فشار بالا هستند که در موارد زیر با راکتور های تجاری مولد برق تفاوت دارند :

- آنها از يك حجم خیلی کوچک نیروی بسیار زیاد تولید می کنند . بنابراین به اورانیوم بسیار غنی شده نیاز دارند .

- سوخت آنها اکسید اورانیم نیست . اما از يك آلیاژ اورانیوم - زیرکونیم ، یا اورانیوم - آلومینیم ، یا يك آلیاژ فلز - سرامیک استفاده می کنند .

- هسته آنها ، عمر طولانی دارد . آنقدر که پس از 10 سال یا بیشتر به سوخت گیری مجدد نیاز پیدا می کنند . امروزه ، طول عمر هسته های جدید در کشتی های باربری تا 50 سال و در زیردریایی ها ، بین 30 تا 40 سال است .

تغییرات توان راکتورها از 10 مگاوات ( دریک نمونه ) تا 200 مگاوات ( در راکتورهای حرارتی ) در زیر دریایی های عظیم و 300 مگاوات در کشتی های مانند رزمناو جنگی kirov-class روسیه ، متغیر است .

زیردریایی های فرانسوی Rubis-class یک راکتور 48 مگاواتی دارند که تا 30 سال به سوخت گیری احتیاج ندارند .

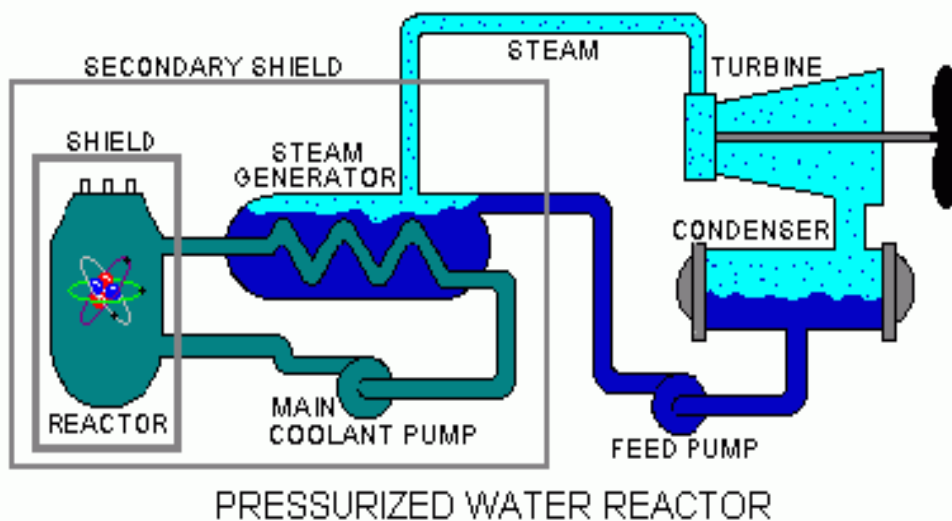
روسیه ، آمریکا و انگلستان ، بر سیستم رانش توربین بخارتکیه دارند . فرانسه و چین از توربین برای تولید برق ، جهت رانش استفاده می کنند . زیر دریایی های اژدرافکن بالستیک روسی هم ، با 2 راکتور مجهز شده اند . دیگر زیر دریایی ها - به جز تعدادی از زیر دریایی های هجومی روسی - با یک راکتور کار میکنند .

#### - چشم اندازهای آینده

با توجه به افزایش نشر گازهای گل خانه ای در جو ، که از سوختن سوخت های فسیلی ناشی می شود ؛ واضح است که در آینده ، استفاده از انرژی هسته ای جهت سیستم رانش شناورها ، یکی از بهترین گزینه ها در این صنعت خواهد بود .

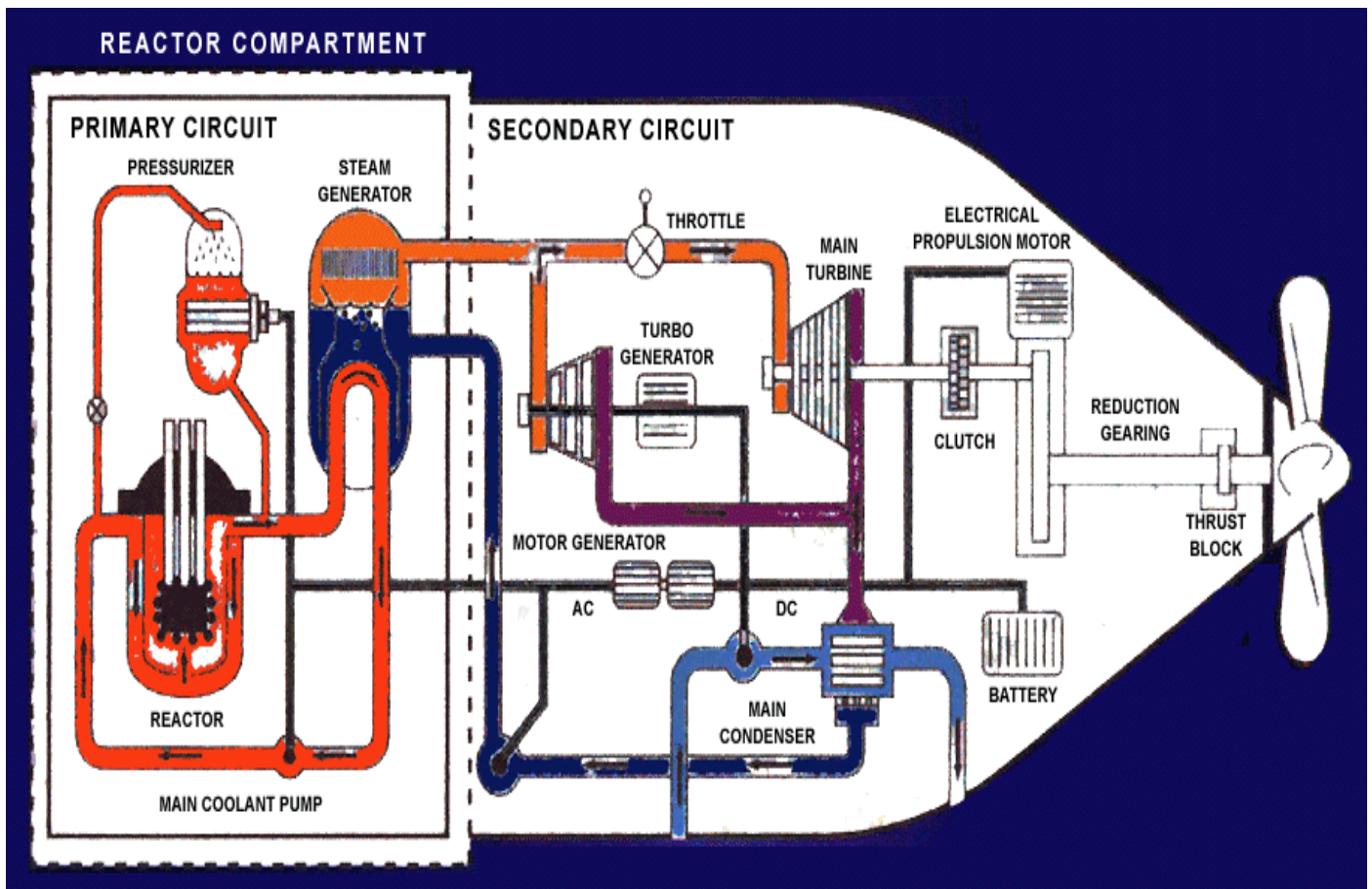
## 2. « سیستم پیشرانۀ هسته ای »

یک کشتی رانش هسته ای دارای یک نیروگاه انرژی هسته ای در داخل مقطعی از کشتی است که محفظه راکتور (Reactor Compartment) نامیده می شود . تجهیزات رانش هسته ای یک کشتی یا زیر دریایی از یک راکتور هسته ای تشکیل شده است که از آن برای تولید گرمای مورد نیاز جهت راه اندازی سیستم پیشرانۀ کشتی استفاده میشود . این نیروگاه هسته ای شامل یک محفظه راکتور فولادی بسیار مقاوم ، چند مبدل حرارتی (ژنراتورهای بخار) و شبکه ای از لوله ها ، پمپ ها و شیرهای به هم پیوسته است .



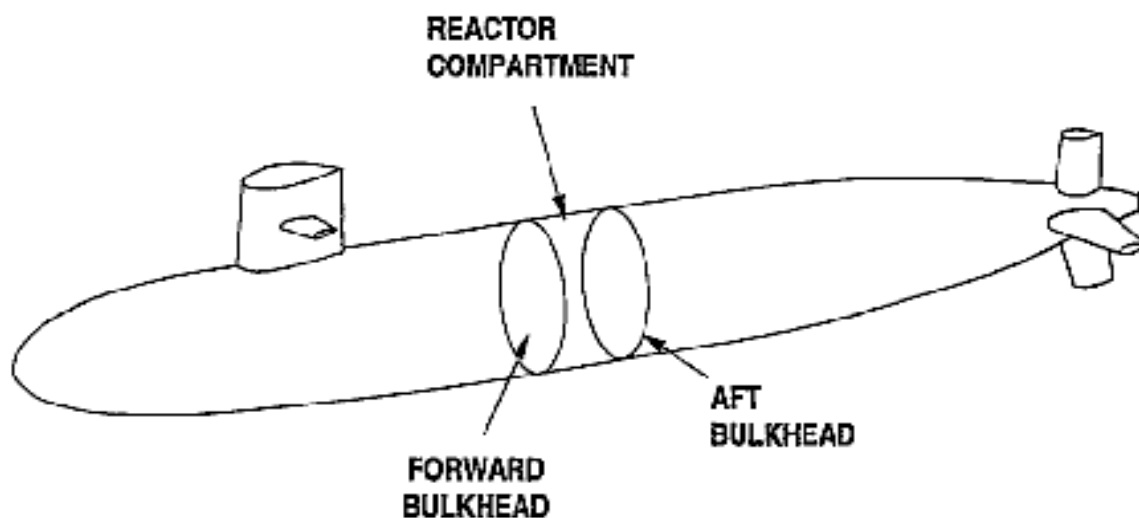
سیستم رانش کشتی شامل دو بخش است . یک سیستم اولیه و یک سیستم ثانویه . سیستم اولیه که شامل راکتور ، شبکه های لوله کشی ، پمپ ها و ژنراتورهای بخار است ؛ آب را به گردش در می آورد . حرارت تولید شده در راکتور در فشار بالا به آب منتقل می شود (بنابراین آب به جوش نمی آید) . سپس این سیال با عبور از مبدل های حرارتی سرد می شود و دوباره به راکتور باز می گردد تا مجدداً گرم شود . در مبدل های حرارتی ، گرمایی که در سیستم اولیه از آب گرفته شده بود به سیستم ثانویه منتقل می شود تا بخار تولید کند . ( سیستم ثانویه و سیستم اولیه نسبت به هم کاملاً ایزوله هستند ) .

در سیستم ثانویه ، آب در مبدل حرارتی به بخار تبدیل می شود . بخار آب پس از خروج از مبدل در دو جهت در شبکه جریان می یابد . از یک سمت توربین ژنراتورهای برق را به حرکت در می آورد و برق کشتی را تأمین می کند و در جهت دیگر پره های توربین اصلی گرداننده پروانه را می چرخاند . بعد از عبور از توربین ها دو شاخه به هم می پیوندند و بخار با عبور از چگالنده به آب تبدیل می شود و بعد از آن به وسیله پمپ تغذیه دوباره به مبدل حرارتی باز می گردد . از آنجا که در هیچ یک مراحل تولیدی انرژی به هوا یا اکسیژن نیازی نیست ؛ زیر دریایی های این دارای سیستم ، قادرند برای مدت بسیار طولانی ، بدون نیاز به اتمسفر در زیر آب کار کنند.

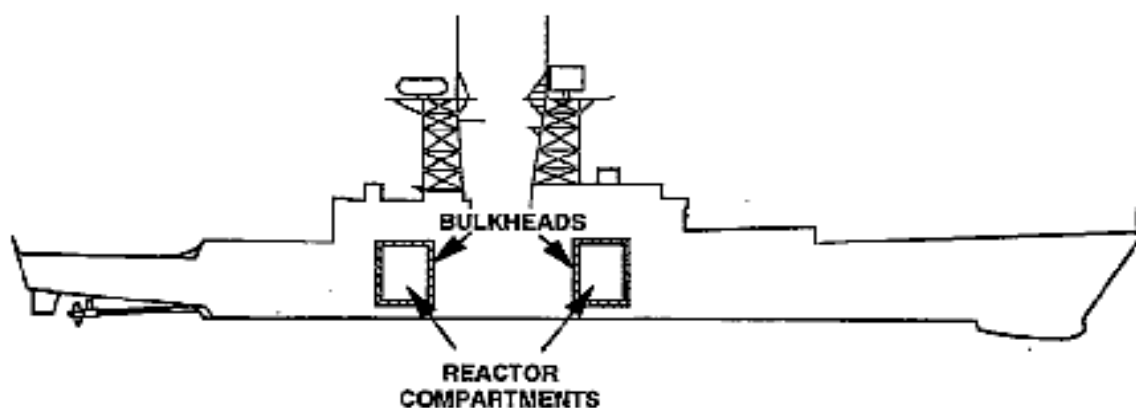


نیروگاه های رانش هسته ای در ناوگان دریایی USA ، در ابعاد و نمونه های مختلف ، همگی بر اساس سیستم آب تحت فشار طراحی و ساخته شده اند ؛ و بر اساس مقررات معینی عمل می کنند . محفظه های راکتور بر اساس نوع شناور ممکن است اشکال مختلفی داشته باشند . در زیردریایی ها ، محفظه راکتور به

صورت یک استوانه افقی است که توسط بدنه تحت فشار شناور شکل گرفته و دو سر آن توسط bulk head ها پوشیده شده است. اما محفظه راکتور رزمناوها به صورت استوانه های عمودی یا جعبه های مکعب شکلی در ساختمان کشتی قرار گرفته است.



**Typical Submarine Reactor Compartment Location**



**Typical Cruiser Reactor Compartment Location**

برخلاف کشتی های غیر نظامی مشابه که به صورت یکنواخت فعالیت می کنند؛ راکتورهای نظامی دریایی به خاطر قدرت مانور کشتی، تغییرات دائمی را تحمل می

کنند. امنیت هسته ای، پرتوزایی، تکان های شدید و ناگهانی، توقف ها و لزوم انجام دقیق و صحیح عملیات - به دلیل حساسیت بسیار بالا - حکم می کند که تجهیزات و دستگاه ها از نظر کیفی و عملیاتی از هر جهت استاندارد و ایمن باشند. بر خلاف یک کشتی هسته ای تجاری که هر 18 ماه یکبار سوخت گیری می کند؛ یک راکتور نظامی دریایی برای زمان بسیار بسیار طولانی بی نیاز از هر گونه تغییرات و سوخت گیری و البته غیر قابل بازرسی باقی می ماند.

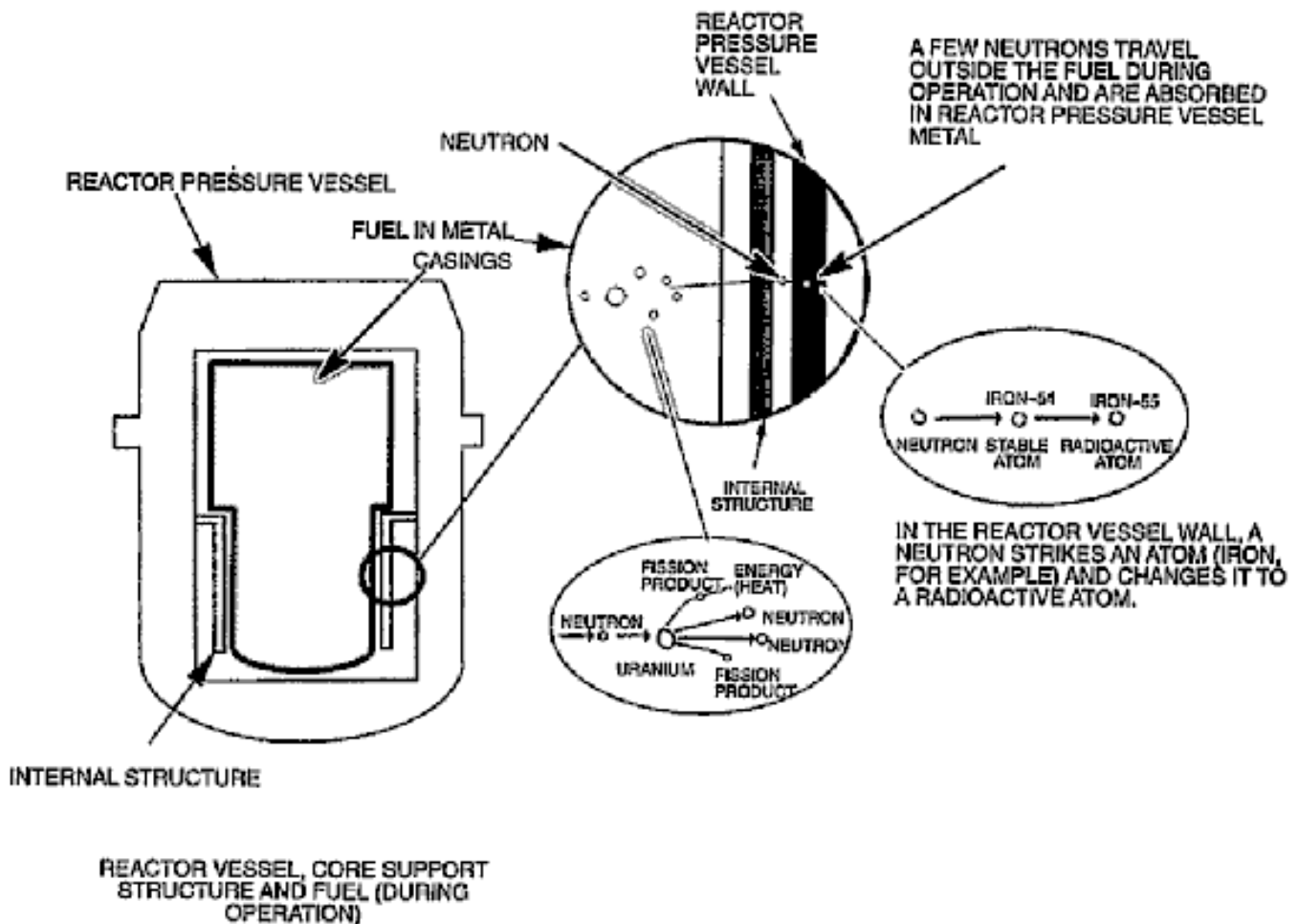
باید توجه داشته باشیم که راکتورهای دریایی باید بسیار مقاوم و انعطاف پذیر باشند تا توانایی تحمل مجموعه عملیات سخت و پیچیده را در دریا داشته باشند. خصوصاً باید قدرت تطابق با حرکات مختلف کشتی (نوسانات طولی و عرضی) و تغییرات سریع سرعت در شرایط جنگی را داشته باشند. از سوی دیگر، تأثیرات طولانی مدت پرتو افکنی، خوردگی، فشار زیاد و حرارت بالا، بر روی مواد و تجهیزات، فن آوری قدرتمند و تمهیدات دور اندیشانه ای را برای بالا بردن ضریب امنیت می طلبد.

به این ترتیب برنامه راکتورهای دریایی به دنیا نشان می دهد که انرژی هسته ای می تواند با امنیت کامل و بدون هیچگونه اثرات سوء بر جامعه یا محیط به کار گرفته شود.

نیروگاه های رانش هسته ای شناورها، حتی بعد از خاموش کردن شناور و خارج کردن سوخت هسته ای، منبع رادیواکتیویته هستند. بخشی از این رادیواکتیویته، ناشی از پرتوزایی نوترونهاي آهن و آلیاژهای تشکیل دهنده اجزاء مختلف نیروگاه است، که در طول عملیات به وجود می آید.

محفظه سوخت در راکتور - که حاوی اتم های اورانیوم است - با یک پوشش فلزی پوشانده شده است. اورانیوم از معدود عناصری است که قادر است طی سلسله واکنش های خود به خودی گرما تولید کند. وقتی یک نوترون باعث می شود که یک اتم اورانیوم واپاشی کند، هسته های اورانیوم به اتم هایی با عدد اتمی کمتر تقسیم می شود که محصولات شکافت (Fission Products) نامیده می شوند.

محصولات شکافت در ابتدا با سرعت بسیار بالا منتشر می شوند. ولی نمی توانند مسافت طولانی را طی کنند (فقط در حدود چند هزارم یک اینچ) و در واقع به دلیل برخورد های متوالی با ذرات آزاد شده دیگر، پیش از اینکه از سوخت خارج شده و با محفظه برخورد کنند؛ متوقف می شوند. بیشتر گرمای تولید شده در فرآیند شکافت از توقف همین محصولات در سوخت و تبدیل انرژی جنبشی آنها به حرارت تولید می شود.



## Neutron and Fission Products from Uranium Fission

بیشتر رادیواکتیویته سوخت هسته ای هم در همین محصولات شکافت وجود دارد .  
 محفظه سوخت اورانیوم در هسته راکتور سیستم رانش هسته ای دریایی در برابر  
 خوردگی و پرتوافکنی مقاومت بسیار دارند .  
 در واپاشی اورانیوم ، نوترون های گسسته هم تولید میشوند . بیشترین نوترون ها به  
 وسیله اتم های درون سوخت جذب می شوند و واکنش ها به طور مداوم تکرار می  
 شوند . به این صورت که هنگامی که این نوترون ها توسط هسته اتم های غیر

پرتوزایی مانند آهن ، جذب می شوند ؛ می توانند یک اتم رادیواکتیو (پرتوزا) تولید کنند . برای مثال آهن 54، یک اتم 54 ذره ای است . با جذب و اضافه شدن یک نوترون به آن یک اتم 55 ذره ای تولید می شود که یک اتم پرتوزا است . این اتم پس از مدتی ، با آزاد کردن مقداری انرژی به صورت تابش ، به منگنز 55 غیر پرتوزا تبدیل می شود ( این فرایند فرو پاشی رادیواکتیو (radio active decay) نامیده میشود ) .

به هر حال ، برخی از نوترون ها از سوخت خارج شده و به وسیله ساختار فلزی که سوخت را محافظت می کند ( محفظه سوخت ) یا دیوارهای بدنه تحت فشار راکتور جذب می شوند . مقادیر کمی از محصولات خوردگی و پوسیدگی هم ، به وسیله سرد کن راکتور جدا می شوند و برخی از آنها با قرار گرفتن در معرض تابش نوترون ها، رادیواکتیو می شوند . سرد کن راکتور، برخی از این محصولات رادیواکتیو را به داخل سیستم لوله کشی منتقل می کند ؛ جایی که سیستم تصفیه و پالایش مقداری از رادیواکتیویته را از بین می برد . اما بیشتر هسته های پرتوزای باقیمانده که از هسته راکتور خارج شده اند، در لوله کشی رسوب می کنند . به خاطر وجود و زندگی کردن خدمه درون کشتی در هنگام عملکرد راکتور ، محفظه راکتور باید طوری طراحی شود که درجه پرتوافکنی در خارج از محفظه راکتور به کمترین میزان برسد . درجه پرتوافکنی سطوح خارجی در شرایط معمولی حرکت در رزمناوها و زیردریایی ها ، در حدود (200 rem/hour) است.

### 3. « مدیریت آموزش »

رایج ترین برنامه راکتور دریایی که Naval Reactor یا NR نامیده می شود ؛ توسط گروه کوچکی از افسران دریایی در آزمایشگاه بین المللی Oak Ridge در 1946 شروع شد . ریاست این گروه را یک کاپیتان بازنشسته نیروی دریایی به نام Hyman Rickover بر عهده داشت . با این ایده که : می توان از انرژی هسته ای در سیستم رانش دریایی استفاده کرد .

پس از سامان گرفتن سازمان ، پرسنل NR از 3 منبع به کار گرفته شدند . انجمن افسران وظیفه مهندسی دریا (EDO) ، برنامه های فنی دولت و نیروی زیر دریایی . این پرسنل ، همگی موقعیتهای بالا و تخصصی داشتند . چه در مهندسی دریا و چه در آزمایشگاه های انرژی اتمی و چه در زیر دریایی ها . NR تلاش کرد تا حداکثر استفاده را از این گروه بکند . اهمیت این تلاش و دقت در انتخاب گروه آن است که این گروه قرار بود کاری را بر عهده گیرد که هیچ گروه دیگری نمی توانست آن را انجام دهد . علاوه بر این ، اعتقاد بر این است که تربیت و تعلیم و ارزیابی صلاحیت در برنامه های NR می تواند فایده بسیاری داشته باشد . برنامه هایی که می تواند سهم بسیار زیادی در زمینه ایمنی هسته ای داشته باشند .

#### - برنامه NR

برنامه NR روی هم رفته شامل 3 عنصر اصلی است :

- 1- مرکز فرماندهی کل NR .
- 2- کشتی ها و ناوگان دریایی و سازمانی که عملیات آنها را اداره می کند .
- 3- سازمانهای پشتیبانی که شامل آزمایشگاههای مهندسی ، نمونه ها ، کارخانجات کشتی سازی و تسهیلات ساخت نیروگاه هاستند .

پرسنل مرکز فرماندهی و افسرانی که کشتیها را اداره می کنند ؛ به وسیله NR انتخاب می شوند و بر طبق شرایط و اصول NR تعلیم و آموزش داده می شوند . اما سومین گروه (سازمانهای پشتیبانی) ، عموماً توسط پیمان کاران صنعتی اداره می شوند . با این استثنا که کارخانجات کشتی سازی متعلق به دولت هستند .

همه فعالیت‌های NR ، شامل تحقیق ، توسعه ، طراحی ، ساخت ، آزمایش ، آموزش ، راه اندازی ، نگهداری و در نهایت ، از رده خارج کردن ، تماماً با انجام گفتگو و همکاری فنی و نزدیک بین NR و آزمایشگاهها ، ناوگانهای دریایی و و پیمان کارانش صورت می‌گیرد . در رابطه با آزمایشگاهها و پیمان کاران ، NR هرگز نقشی به عنوان مشتری یا تهیه کننده کالا یا خدمات ندارد . فقط DOE در ارتباط با پیمان کاران است . NR استانداردهایی را برای تعیین مشخصات محصولات تهیه و آن را تصویب می‌کند ؛ و آزمایشگاهها و پیمان کاران تجهیزات مورد نیاز را فراهم می‌کنند .

NR عقیده دارد انجام این کار به مهندسان و قابلیت مدیریت فنی پرسنلش نیاز دارد . بنابراین برنامه ای کامل را فراهم کرده بود که بهترین پرسنل ممکن است انتخاب شوند ، آموزش ببینند و بدانند که چگونه از تکنولوژی استفاده کنند و کاملاً با تجهیزات کار کنند . NR برنامه ای به وجود آورده بود که آموزش ها و تمرینات را با انجام امتحانات سنجش صلاحیت ، معتبر می‌ساخت و مسئولیت ها را به افراد مناسب واگذار می‌کرد .

## - گزینش :

گزینش ، شاید مهمتر از 2 دسته ذکر شده دیگر در بالا، یعنی آموزش و تعیین صلاحیت باشد . یک فرد بیمار ، مطمئناً نمی‌تواند آموزش داده شود یا صلاحیت لازم و شرایط مناسب را برای قبول مسئولیت و نظارت اجرایی بر نیروگاه هسته ای یا اشتباهی که رخ می‌دهد بدست آورد . در مورد پرسنل مرکز فرماندهی ، یک شخص بیمار ، هرگز برای راهنمایی کردن و انجام کارهای فنی برنامه های هسته ای مناسب نخواهد بود . بنابراین ، فرایند گزینش اعضای NR ، به ثبات و پایداری آن منتهی می‌شود .

وقتی که NR در اوایل 1949 به طور رسمی تاسیس شد ؛ کاپیتان Rickover ، از میان افسران نیروی دریایی و پرسنل غیرنظامی که سابقه کار در پروژه های دیگر انرژی اتمی را داشتند ؛ افرادی را بکار گرفت . اما بعدها ، با رشد و توسعه سازمان ، پرسنل دیگری را از میان کسانی که از آزمایشگاه های ملی و انجمن های افسران مهندسی دریا (EDO) داوطلب شده بودند ؛ برای انجام ماموریت های نیروگاه های هسته ای انتخاب کرد .

Rickover بزودی دریافت که برای توسعه برنامه خود به پرسنل متخصص بیشتری نیاز دارد . بنابراین یک انجمن آموزشی برای آموزش فارغ التحصیلان مهندسی هسته ای (Massachusetts institute of technology ( دانشگاه MIT

(، در DOE ، به وجود آورد . فراهم بودن برنامه آموزشی فارغ التحصیلان ، نه تنها ثبت توانایی های پرسنل را بهبود می بخشد ، بلکه قطعاً راه را در بکار گیری نیروی تازه هموار می کرد .

Rickover با دقت و حساسیتی که در انتخاب افسران و خدمه نخستین زیردریایی هسته ای ( USS Nautilus ) به خرج داد ؛ اهمیتی را که برای نقش نیروی انسانی در برنامه های انرژی هسته ای قائل بود ؛ اثبات کرد . او به عنوان دریا سالار و فرمانده NR و فردی که اولین ناوگان هسته ای را به وجود آورده بود ؛ به سیستم منظمی برای انتخاب پرسنل نیاز داشت . بنابراین در انتخاب فرد پرسنل ، از یک کارمند غیر نظامی گرفته تا هر یک از افسران عملیاتی ، نقش عمده ای را ایفا می کرد و این فرایند تا امروز ادامه دارد .

بنابراین NR با تقویت استانداردها و ساختارهای موجود نیروی دریایی ، بر فرایند گزینش داوطلبان تاثیر می گذارد . داوطلبان همگی باید فارغ التحصیلان رتبه های بالا باشند و در آزمایشات عملی و تست های هوش ، نمرات بالایی کسب کنند .

## 1. گزینش پرسنل ناوگان :

در ابتدا ، برای Nautilus ، کارکنان از میان گروهی از افسران آکادمیک که دارای تجربه کاری در زیردریایی ها بودند ؛ انتخاب شدند . ابتدا سوابق آنها توسط افسران با تجربه در NR مورد بررسی کلی قرار می گرفت و سپس به دایره امور پرسنل دریایی معرفی می شدند . سپس سوابق آنها برای بررسی نهایی به NR فرستاده میشد . داوطلبان می بایست بیش از نیمی از کلاسهای خود را گذرانده بودند و همچنین باید داشتن لیاقت صعود به مراحل بالاتر را اثبات می کردند .

همینطور که تعداد کشتی های رانش هسته ای زیاد شد ؛ تعداد نیروی مورد نیاز هم افزایش می یافت . در 1960 تقاضا برای نیروی آنقدر زیاد شد (خصوصاً با روی کار آمدن برنامه موشکهای مغناطیسی ) که NR نتوانست مانند قبل ، به طور دقیق بر روی گرفتن نیروی تازه تمرکز کند . بنابراین اولین قدم در زمینه پذیرش داوطلبان ذخیره برداشته شد و به فارغ التحصیلان (به ترتیب) دانشکده نیروی دریایی ، سپس NROTC و سرانجام مدرسه افسران داوطلب نیروی دریایی (OCS) اجازه داده شد برای مأموریت در قسمتهای مختلف برنامه وارد شوند . موفقیت این نیروی تازه و افراد دیگری که بعداً وارد برنامه شدند نظیر افسران داوطلب انرژی اتمی (NPOC) آنچنان موثر بود که دیگر نیازی به پذیرش نیرو از منابع دیگر مرتبط با نیروی دریایی احساس نشد .

## 2. گزینش پرسنل مرکز فرماندهی کل :

جریانی مشابه با فرایند گزینش پرسنل ناوگان ، برای پرسنل مرکز فرماندهی سازمان NR نیز دیده می شود . همانطور که در بالا اشاره شد ، اولین افسرانی که Rickover به کار گرفت ؛ عمدتاً از انجمن EDO بودند ، افسرانی که در زمینه طراحی سیستم های کشتی و ساخت و نگهداری آن تخصص داشتند . با این وجود ، به تدریج این منبع استعداد ناکافی به نظر می رسید و بنابراین توجه به سمت فارغ التحصیلان مهندسی و علوم پایه NROTC جلب شد . افسرانی که مایل بودند برای مرکز فرماندهی انتخاب شوند ؛ می بایست جزء 10% برتر از میان دانشجویان یک دانشکده معتبر بودند . تعدادی از پرسنل هم که قرار بود موقعیت های خاصی را اشغال کنند ؛ توسط سازمان های پیمانکار معرفی شدند . به این ترتیب ، همینطور که برنامه رشد می کرد و جلومی رفت ؛ NR مجبور می شد در جاهای بیشتری به دنبال استعداد بگردد .

## 3. مصاحبه :

یکی از مهم ترین مراحل گزینش ، مصاحبه با پرسنل در مرحله های مختلف است . اهمیتی که Rickover برای این کار قائل بود ؛ از دقت و توجهی که در انتخاب مصاحبه کنندگان نشان می داد ، آشکار می شد . او آنها را از میان برترین و با تجربه ترین پرسنل NR ( افسران و غیر نظامیان ) انتخاب نمود . اهمیت قابل توجهی نیز برای دستیابی به تعادل در هر گروه مصاحبه کننده ، از نظر تنوع آرا و عقاید قائل بود . روزهای مداوم ، جلسات مصاحبه نمونه ، در مرکز فرماندهی برگزار میشد و دریا سالار Rickover شخصاً بر آنها نظارت می کرد و الگوهای مصاحبه را ارائه میداد .

مصاحبه در NR ، در مجموع شامل 3 مرحله مقدماتی است که بیشتر فنی است و توسط 3 گروه ترکیبی گوناگون از افسران و کارمندان غیر نظامی NR انجام می شود . این گوناگونی در ترکیب گروه ها برای آن است که داوطلبان با دیدگاه های متفاوتی مورد ارزیابی قرار گیرند . بنابراین ، ابعاد مختلف نیازهای سازمان در نظر گرفته می شود و صلاحیت هر شخص کاملاً ارزیابی می گردد . آخرین مصاحبه ، که سرنوشت ساز است توسط شخص دریا سالار انجام می شود .

هیچ گونه مقررات اداری یا مجموعه سوالات از پیش تعیین شده در مصاحبه ها اعمال نمی شود. در واقع، مصاحبه کنندگان وظیفه دارند درباره صلاحیت و موقعیت يك داوطلب قضاوت کنند؛ که يك زن یا مرد داوطلب می تواند با موفقیت ماموریت های فنی، یا مسئولیت هایی را که در مرکز فرماندهی NR یا ناوگان به او واگذار می شود به انجام برساند یا خیر. برای کسب یک شناخت کلی از داوطلبان، اطلاعات کلی که شامل: توصیه نامه دانشکده، سوابق تحصیلی نظیر معدل، شهرت کلاسی، و نمراتی که در دوران تحصیل بدست آورده، در اختیار مصاحبه کنندگان قرار می گیرد.

سوالاتی که در مصاحبه مطرح می شود؛ معمولاً شامل حل مسائل ریاضی، توضیح يك قانون ترمودینامیک، فیزیک یا شیمی، یا تشریح یک مسئله مکانیکی مربوط رشته تخصصی داوطلب در دانشکده است. با این وجود، NR افرادی را که به اصطلاح "کرم کتاب" هستند، جستجو نمی کند. معمولاً سوالاتی درباره موضوعات جهانی، سرگرمی ها یا اوقات فراغت نیز، با داوطلب مطرح می شود تا آگاهی او از دنیای اطرافش را بسنجند. در مصاحبه ها، بر روی توانایی استدلال منطقی شخص تمرکز می شود و سعی میکنند يك ویژگی خاص را در وی بیابند. نظیر هوش، درک عمومی، درک فنی، شخصیت قوی و قدرت مدیریت، رهبری منطقی، سخت کوشی و احساس مسئولیت و تعهد. هر چند که همه این صفات، بسیار اهمیت دارند؛ اما هوش و شخصیت قوی، مهم ترین ویژگی ها برای عبور از مرحله مصاحبه محسوب می شوند.

## - آموزش:

### 1. آموزش پرسنل مرکز فرماندهی NR :

آموزش پرسنل مرکز فرماندهی از سال سوم دوره آموزشی شروع می شود. در طول 6 ماه اول، مهندسان يك دوره مقدماتی در سیستم هسته ای دریایی را می گذرانند. این دوره توسط پرسنل ارشد آموزش داده می شود و همه مسائل اساسی برای درک تکنولوژی هسته ای را شامل می شود. هدف این دوره، آشنا کردن مهندسان با تکنولوژی هسته ای و ارائه يك طرح کلی برای کار و آموزش های آینده است.

بعد از تکمیل این دوره 6 تا 12 ماهه در NR، مهندسان به آموزشگاه مهندسی راکتور Bettis (اختصاراً BRES) فرستاده می شوند که به وسیله یکی از آزمایشگاههای پیشرفته مهندسی هسته ای NR بر پا شده است. این دوره تحصیلات

، شامل ریاضیات ، فیزیک هسته ای ، مکانیک سیالات ، علم مواد ، نوترونیهای هسته ، آمار ، رادیو لوژی مهندسی ، تأسیسات و کنترل است .

محور اصلی این دوره ها ، پروژه طراحی یک راکتور دریایی بود . این پروژه با مباحث گوناگون ، از طراحی مکانیکی و محاسبات هیدرولیک گرمایی گرفته ، تا تحلیل های امنیت درگیر بود و هسته مرکزی مجبور بود با یک برنامه روشن و از پیش طرح شده پروژه را آغاز کند .

علاوه بر تکمیل این دوره های تحصیلی در BRES ، پنج هفته آموزش عملی دیگر هم وجود داشت . 3 هفته ، در یک نیروگاه هسته ای نمونه برای بدست آوردن یک احساس از عملیات در یک راکتور واقعی ؛ و 2 هفته دیگر ، در یک کارخانه کشتی سازی برای آشنا شدن با ساختمان هسته ای کشتی و نگهداری آن

## 2. آموزش پرسنل ناوگان دریایی :

خدمه و افسران Nautilus و Seawolf ( اولین زیر دریایی های رانش هسته ای ) ، بیشتر در آزمایشگاههای Bettis و آزمایشگاه های انرژی اتمی Knolls ( اختصاراً KAPL ) آموزش دیده بودند . ( این دو آزمایشگاه بترتیب ، KAPL ، BETTIS شناخته شده اند . ) مراحل آموزشی پرسنل شخصاً توسط RICOVER و مهندسان ارشد NR بررسی میشد .

NR است یک روش 2 فازی را برای آموزش پرسنل ابداع کرده تا بتواند کشتی های رانش هسته ای نیروی دریایی را به کار بگیرد . فاز اول ، شامل آموزش نظری و فنی دروس مورد نیاز لازم برای طراحی نیروگاه راکتور در آموزشگاه انرژی هسته ای ( NPS ) می باشد . دروسی نظیر: فیزیک هسته ای ، انتقال حرارت ، متالورژی ، تأسیسات و کنترل ، خوردگی ، حفاظت تشعشعات و غیره . بعد از اتمام دوره ها ، داوطلبان به آموزشهای بیشتر و کارهای عملی در یک راکتور نمونه آزمایشی می پردازند . این نمونه ها به طور کامل ، راکتور هایی هستند که به طور عملی نیرو تولید می کنند و طرح ها و عملیات راکتور را در کشتی شبیه سازی میکنند . در سالهای اخیر ، زیر دریایی هایی که از رده خارج شده اند به عنوان وسایل آموزشی مورد استفاده قرار می گیرند . NR قاطعانه معتقد است که آموزش عملی بر روی وسایل واقعی تنها راه برای کار آموزان است تا با شرایط واقعی عملیات و خطر هایی که در شرایط کاملاً مشابه در دریا وجود دارد ، آشنا شوند .

این دوره کار آموزی 6 ماه طول میکشد . آموزش در NPS و در نمونه ها بسیار سخت است . فلسفه آموزش در NPS در آغاز و حتی در مراکز آموزشی کنونی با این شعار اعلام شده است که : " در این آموزشگاه ، حتی باهوش ترین ها ، باید به

سختی آنان که مبارزه می کنند ؛ کار کنند تا قبول شوند . " در NPS ، برای بیشتر دانشجویان ، گذراندن این دوره مشکل تر از هر چیزی دیگری است که تا کنون با آن مواجه شده اند . 6 ماه آموزش عملی در نمونه ها آسان نیست . در آنجا داوطلبان هم از نظر فنی و عملی و هم تحصیلات دانشگاهی باید در بالاترین سطح قرار داشته باشند .

دانشجویان واجد شرایط ، در پایگاه های نظارت مختص رشته شان ، به کار گمارده می شوند . دانشجویان افسری ، قبل از اینکه افسر مهندس ناظر باشند در این پایگاه های نظارت ، آموزش داده می شوند . از افسران انتظار می رود که یک درک جامع از هر وظیفه تعیین شده برای هر یک از افراد - هم در نیروگاه های نمونه و هم در دریا - داشته باشند . علاوه بر این از دانشجویان از طرح و عملیات نیروگاهی که در آن آموزش می بینند، امتحان عملی ، کتبی و شفاهی به عمل می آید .

تقریباً 10 درصد دانشجویان از نظر تحصیلات دانشگاهی مردود می شوند . که این نتیجه انتخابهای دقیق ، مصاحبه ها و امتحانات است . ضمن اینکه ، هیچ افسری بدون اجازه دریا سالار به مراحل دیگری از NR صعود یا حتی نزول نمی کند . در این روش دریا سالار می داند چطور و چگونه شخصی را قبول یا رد کند .

## - تایید صلاحیت :

هنگامی که یک داوطلب ، دوره آموزشی و تمرینات سخت و مداوم برنامه NR را به پایان میرساند ؛ نوبت به طی مراحل جهت اخذ مدرک صلاحیتشان برای خدمت در موقعیت های مختلف در NR می رسد ؛ که در آن قابلیت های هر شخص در عمل مورد ارزیابی قرار می گیرد.

### 1. مدرک صلاحیت پرسنل نیروی دریایی:

آموزش پرسنل و افسران ناوگان ، با تکمیل دوره های آموزشی پایان نمی پذیرد و پرسنل ناوگان ، مجدداً آموزشهایی گسترده و انبوهی از امتحانات کتبی و شفاهی را پشت سر می گذارند ؛ که در صورت کسب موفقیت در آنها ، درجه افسر مهندس (engineer officer) را اخذ می کنند.

پس از آن ، افسرانی که قرار است در آینده فرماندهی کشتی های هسته ای را بر عهده گیرند ؛ باید دوره های 3 ماهه ی آموزشی را در مرکز فرماندهی NR همراه با مجموعه امتحانات دیگری که جامع تر از امتحانات افسران مهندس است ،

بگذرانند . این دوره در NR به وسیله افسران مهندس ارشد آموزش داده می شود . آموزش ها ، مطالعه و ارزیابی در زمینه های : فیزیک و طراحی راکتور ، ترمودینامیک ، متالورژی و جوشکاری ، کنترل رادیولوژی ، حفاظت ، شیمی و قانون های کار را شامل می شود و سرانجام دریا سالار تصمیم نهایی مربوط به پذیرش سر مهندسین و افسران فرمانده جدید را اتخاذ می کند .

## 2. مدرک صلاحیت پرسنل مرکز فرماندهی NR :

پرسنل مرکز فرماندهی سازمان ، در راکتور کاری انجام نمی دهند ؛ بنابراین شرایط برنامه برای آنها که اساس کار اصلی است همانند ناوگان نیست . با این وجود برنامه ای جامع در مرکز فرماندهی NR برای نظارت بر عملکرد آنها وجود دارد ، که تمرکز اولیه آن بر روی توانایی هایی برای فراهم کردن دستورات فنی بر اساس استانداردهای NR و فهم صحیح فنی موقعیت ها و مشکلات مختلف است . چنین تصمیماتی - با توجه به تاثیرشان بر امنیت - باید توسط اشخاصی تدوین شوند که در هر موقعیت ، همانند پرسنل ناوگان که در راکتورها کار می کنند ؛ به شایستگی عمل نمایند .

بنابراین مراحل برای پیشرفت وجود دارد که ارزیابی و صلاحیت در عملکرد اجرایی پرسنل فنی مرکز فرماندهی را می طلبد . این مراحل شامل ماموریت های فنی برای پرورش پرسنل و انجام مصاحبه هایی است که به وسیله مهندسان ارشد در زمینه های مختلف انجام می شود . مهندسین تازه کار ، توسط ماموریت ها و تاثیر تصمیماتشان بر عملکرد ناوگان ، ارزیابی می شوند . مرحله ماقبل آخر برای مهندسان NR ، بدست آوردن امتیاز اعطای مجوز است .

این امتیاز به مهندسان اجازه میدهد از طرف NR طرح ها را تایید کنند و مستقیماً بر تصمیمات و دستورالعمل های داده شده برای عملکرد ناوگان و سیستم پیشرانده هسته ای ، تاثیر می گذارد . این امتیاز ، درجات مختلف دارد و اهمیت مجوز های صادر شده همراه با درجات امتیاز ، فرق می کند . علاوه بر گرفتن این امتیاز ، ماموریت هایی نظیر شرکت در بازرسی عملکرد پیمان کاران و کارخانجات کشتی سازی ، شرکت در امتحانات عملی حفاظت از راکتورها و کشتی های نیروی دریایی و موارد مشابه ، دوره هایی هستند که باید توسط مهندسین طی شود .

پیشرفت پرسنل فنی در مرکز فرماندهی به بالاترین مقام مدیریتی در سازمان ( که دریا سالار متصدی آن است ) گزارش می شود . مرکز فرماندهی به پرسنلی که به سختی این مراحل را طی می کنند ؛ کمک می کند تا بتوانند صلاحیت خود را ثابت

کنند . با این وجود اگر آنها اثبات کردند که نمی توانند در کار خود موفق شوند ، از آنها برای باقی ماندن در دوره ها دعوت نخواهد شد .

## NR - وپیمان کارانش :

همانند DOE ، بیشتر کارهای اجرایی در بر نامه NR بوسیله پیمان کاران انجام می شود .

آزمایشگاه Bettis به وسیله Westinghouse اداره می شود ؛ هسته ها بوسیله Babcock و Wilcox ساخته شده است ؛ تجهیزات اولیه ، زیر نظر ناظران Bettis از منابع مختلف خریداری شده است و در نهایت ، نیروگاه هسته ای در کارخانجات کشتی سازی به خصوصی ساخته شده و باز بینی و تعمیر کشتی در کارخانجات نیروی دریایی انجام می شود .

NR رابطه ای طولانی مدت با واحدهای پیمان کار خود - که نامشان در بالا ذکر شد - دارد . Westinghouse از زمان آغاز برنامه ، آزمایشگاه Bettis را بنیان نهاد ؛ Electric Boat ، Nautilus را ساخت و پس از آن هم ، ساخت همه زیر دریایی های NR و همچنین نیروی دریایی را بر عهده گرفت ؛ Newport News همه کشتی های هسته ای را ساخت و..... بیشتر این پیمان کاران ، بعد از مذاکرات طولانی با NR و به صورت انحصاری قرارداد را پذیرفته اند .

این ثبات ، در طول همکاری های فنی کارکنان مرکز فرماندهی NR ، به یک ارتباط دوستانه و کاری فوق العاده مؤثر میان NR و پیمانکارانش منجر شده است . پیمان کاران ، بدون هماهنگی های اولیه با طرف معامله خود در NR ، در ترکیب پرسنل اصلی خود تغییری به وجود نمی آورند . از طرف دیگر ، NR هرگونه (.....) را چه در نتیجه کمبود بودجه باشد و یا در مورد تکمیل کلاس یک کشتی ، به پیمانکاران گزارش میدهد . این رابطه های کاری ، باعث موفقیت NR در امور کارشناسی فنی برنامه هایش شده است .

برای تعدادی از کارمندان پیمان کار که نقش های اساسی را در ایمنی هسته ای ایفا می کنند ، NR مجموعه قوانینی جهت انتخاب و تعلیم آنها تدوین کرده که پیمانکاران باید از آن تبعیت کنند . به عنوان مثال آزمایشاتی که مهندسان در کارخانجات کشتی سازی خصوصی و نیروی دریایی به عمل می آورند .

شرایط و نیازهای اساسی نیز برای این مسایل در مجموعه قوانین فنی که توسط مرکز فرماندهی NR تدوین میگردد ؛ توضیح داده می شود . اجرای این قوانین در محل

اجرای قرارداد ، بوسیله طبقه خاصی از پرسنل مرکز فرماندهی NR - نمایندگان گروه - بررسی می شود .

### - نقش نماینده گروه :

NR ، يك گروه بازرسی برای بررسی عملکرد اجرایی پیمان کاران در هر يك از مکان های ایجاد میکند . رئیس هر يك از این ادارات در مرکز فرماندهی ، يك مهندس ناظر با تجربه است که آموزش های مخصوص دیده و شرایط لازم را برای این پست کسب کرده است .

برای انتخاب شدن به عنوان نماینده گروه ، يك مهندس باید علاوه بر دارا بودن برتری فنی در رشته تخصصی خود ، علاقه و قابلیت شرکت جستن در زمینه های مختلف برنامه NR را نشان دهد ؛ و البته زیرکی و اقتدار خود را اثبات کند . انتخاب شدن به عنوان نماینده گروه بسیار پرفشار است و به عنوان يك درجه قابل ملاحظه چشمان بسیاری را به دنبال خود دارد . بیشتر مدیران ارشد NR دارای سابقه و تجربه نمایندگی و نظارت هستند .

(.....)

### - فلسفه :

میان برنامه ی راکتورهای دریایی DOE و NR به طور آشکارا تفاوت هایی وجود دارد . هر چند که هر دو مسئولیت ایمنی هسته ای این راکتورها را بر عهده دارند و هدف نهایی هر دو مشترک است ، اما الزاماً از روش های یکسانی در حوزه مدیریت و تعلیم پرسنل استفاده نمی کنند . در این میان ،وجه اشتراك ، همان ایدئولوژی مبنا ، یعنی سود و تعلیم فنی پرسنل در سطح بسیار بالا است .

اما، دلیل این همه تأکید NR ، بردقت درانتخاب ، آموزش و تربیت پرسنل چه بود ؟ NR طرح های بسیاری برای راکتورهای هسته ای قابل استفاده در ناوگان های دریایی ، و پشتیبانی و ساماندهی آن ها ، در دست داشت . راکتورهایی که باید در هر وضعیت کشتی ، چه در حال ورود و خروج از يك بندر و یا در شرایط تاکتیکی جنگی ، به بهترین نحو عمل می کردند .

برجسته ترین هدف NR صلاحیت های فنی بود . کشتی ها اغلب در دریا و هنگام عملیات ، به خاطر مسایل استراتژیک ، مجبور بودند ارتباط رادیویی را قطع کنند . در چنین شرایطی ، برای اینکه راکتور با امنیت کامل کار کند ، لازم بود که خدمه

ي روي کشتي لحظه به لحظه از وضعیت مکانیکی و ساختاری راکتور ، مسایل فیزیکی راکتور و دلیل و مبناي هر مرحله از عملیات آگاه باشند . هر گاه وضعیت نیروگاه از حالت عادي خارج مي شد ، پرسنل باید مي دانستند چگونه در کمترین زمان آن را به شرایط عادي بازگردانند ؛ و نیز تشخیص دهند که چه آسیب های فني ممکن است به آن وارد شده باشد .

NR عقیده دارد که هر افسر عرشه ، از نظر دانش فني و توانمندی باید هم سطح با افسران ارشد و فرماندهان عملیات باشد . در مجموع ، افسران ارشد ( یعنی کاپیتان ، افسر اجرایی و سر مهندس ) باید از نظر فني ، سر آمد همه کارکنان باشند تا بتوانند در شرایط اضطراری ، بدون فوت وقت تصمیم صحیح را اتخاذ کرده و به اجرا بگذارند .

تصمیم صحیح ، نه تنها بر اساس تجربه ، که بر اساس آگاهی های آن ها در مورد دینامیک نیروگاه و نیز محدودیت های عملیاتی گرفته می شود . بنابراین NR ، در امر انتخاب پرسنل ، به دنبال شناسایی کسانی است که علاوه بر سخت کوشی و گذراندن دوره های مختلف ، از ضریب هوشی بسیار بالا ، قدرت تفکر آرام در شرایط تحت فشار و استرس و نیز روحیه ی پذیرش مسئولیت تصمیمات گرفته شده ، برخوردار باشند .

منابع :

**1. World Nuclear Association Information and Issue Briefs  
Nuclear-Powered Ships**

**2. Nuclear propulsion ( from military analysis network)**

**3. Naval Reactors (NR) , a potential model for Improved  
Personnel Management in the Department of Energy  
(DOE)**

**4. Naval Nuclear Propulsion Program Classification Review**

**5. Nuclear power for commercial ships**