



مهار سکوی نیمه شناور امیر کبیر در آب‌های عمیق دریای خزر؛ چالش‌ها، طراحی و اجرا

تهیه کنندگان: علی کریمی، سعید رحمانلو • شرکت نفت خزر

مقدمه

نیمه‌شناور به دلیل سطح تماس کمترشان با آب، در برابر نیروهای وارده حساسیت بیشتری دارند و به همین علت مهار آنها نیز پیچیده‌تر است. مهم‌ترین نیروهای مؤثر بر پایداری سازه‌های شناور نیروهای ناشی از جریان زیرسطحی آب‌های دریا و اقیانوس، جریان باد و موج آب هستند. بنابراین مهار سکوه‌های نیمه‌شناور را می‌توان فرآیندی عنوان کرد که با پیش‌بینی نیروهای مؤثر بر سکو آغاز گردیده، با تعیین اثر این نیروها بر پایداری سکو برنامه‌ریزی و طراحی شده و در نهایت با اجرای طرح ارائه شده خاتمه می‌یابد.

۱- سکوی نیمه‌شناور امیر کبیر

وزرات نفت جمهوری اسلامی ایران در راستای خودکفایی هرچه بیشتر و به‌منظور بهره‌برداری از ذخایر نفت و گاز کشور، در سال ۱۳۸۰ ساخت یک دستگاه سکوی حفاری نیمه‌شناور به نام امیر کبیر را در دستور کار قرار داد که این سکو در سال ۱۳۸۸ عملیات حفاری نخستین چاه حوضه‌ی خزر جنوبی را آغاز کرد. سکوی نیمه‌شناور امیر کبیر که توسط شرکت GVA طراحی و توسط شرکت صدرا ساخته شد نسل چهارم سکوه‌های نیمه‌شناور است. مهم‌ترین مشخصات این سکو در جدول ۱ ارائه شده است.

ارائه‌ی برنامه‌ی مهار سکو تشریح می‌شود تا بخشی از تفاوت‌های عملیات حفاری در آب‌های عمیق با حفاری در خشکی یا آب‌های کم‌عمق مشخص گردد.

بیشترین کاربرد سکوه‌های نیمه‌شناور در حفاری و بهره‌برداری از میدان نفت و گاز در آب‌های نیمه‌عمیق تا عمیق است. نخستین سکوی نیمه‌شناور در ۱۹۶۱ میلادی ابداع گردید و تا کنون شش نسل از آنها ساخته شده است. در مقایسه با سایر سازه‌های شناور، سکوه‌های

سکوی امیر کبیر تنها سکوی نیمه‌شناور ایران است که به‌منظور انجام عملیات حفاری اکتشافی و توسعه‌ای در دریای خزر ساخته شده است. به دلیل شناور بودن این دستگاه، مهار آن در محل حفاری اهمیت ویژه‌ای دارد. در این گزارش ضمن معرفی مشخصات سکوی نیمه‌شناور امیر کبیر و نحوه‌ی لنگراندازی آن، نیروهای محیطی مؤثر بر پایداری سکو بررسی و نحوه‌ی تعیین اثر آنها مشخص خواهد شد. در نهایت نیز نحوه‌ی طراحی و

مشخصات سکوی نیمه‌شناور امیر کبیر

Parameter	Value
Weight (T)	14922
Overall Length (m)	98.6
Overall Width (m)	78.8
Number of Columns	4
Columns Heghi (m)	28.5
Columns Diameter (m)	12.9
Number of Pontoons	2
Pontoons Length (m)	80.56
Pontoons Width (m)	18.68
Pontoons Heghi (m)	7.5
Mast Heghi (m)	50
Main Power (kw)	11200
Drawworks Power (hp)	3000
Bop Wotking Pressure(psi)	15000
Max Draft (m)	19.5
Max Water Depth (m)	1000
Max Drilling Depth From RT(m)	7620

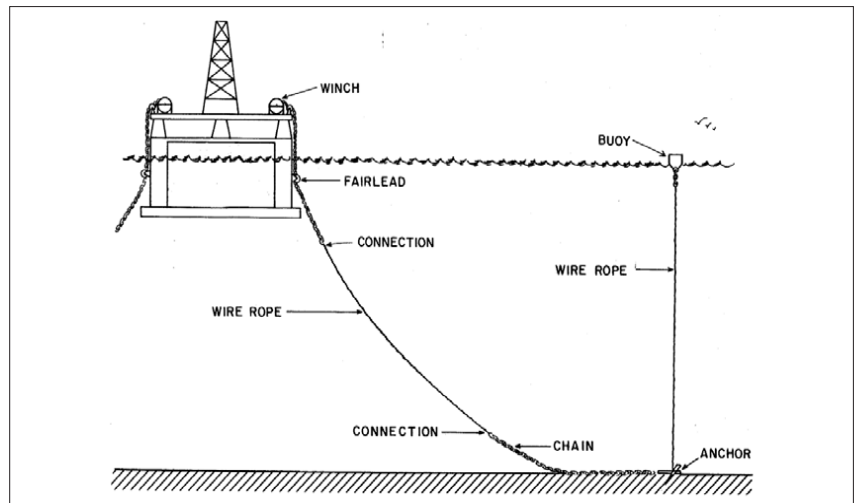
۲- مهار سکو

۱-۲- عملیات لنگراندازی

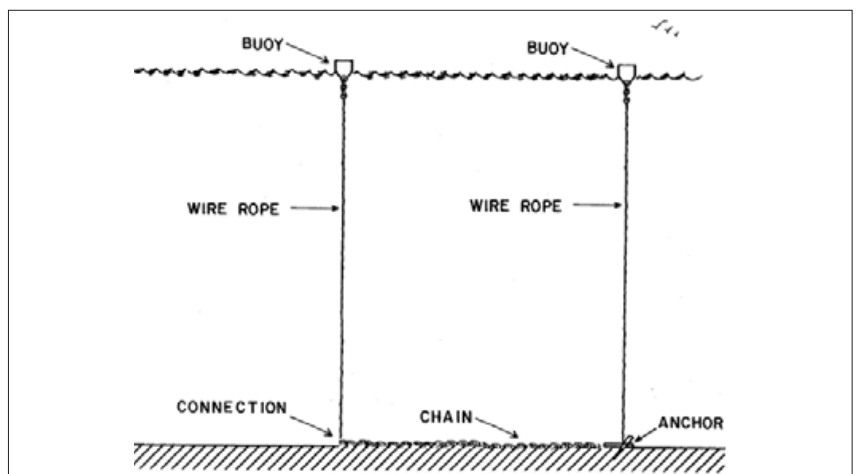
شکل ۱- نمای کلی وضعیت سکو و یکی از لنگرها را نشان می‌دهد. عملیات لنگراندازی سکوی نیمه‌شناور امیرکبیر توسط دو فروند شناور انجام می‌شود و شامل دو عملیات پیش‌لنگراندازی و لنگراندازی نهایی است. عملیات پیش‌لنگراندازی امکان قرار دادن سکو در محل چاه را فراهم می‌کند و با عملیات لنگراندازی نهایی، سکو در محل مورد نظر مهار می‌گردد.

در عملیات پیش‌لنگراندازی، چهار لنگر از هشت لنگر سکوی نیمه‌شناور به نحوی به موقعیت‌های از قبل تعیین شده در چهار طرف سکو انداخته می‌شوند که محل هر لنگر توسط بویه (Buoy) قابل تشخیص بوده و انتهای زنجیر نیز توسط کابل اتصال (Wire Rope or Insert Wire) و بویه‌ی متصل به آن در سطحی قابل دسترس باشد. شکل ۲- وضعیت نهایی هر لنگر را در مرحله‌ی پیش‌لنگراندازی نشان می‌دهد. انداختن لنگر در ته دریا نیز توسط دو شناور انجام می‌شود تا هم موقعیت و هم کشیدگی لنگر و زنجیر آن قابل تنظیم باشد.

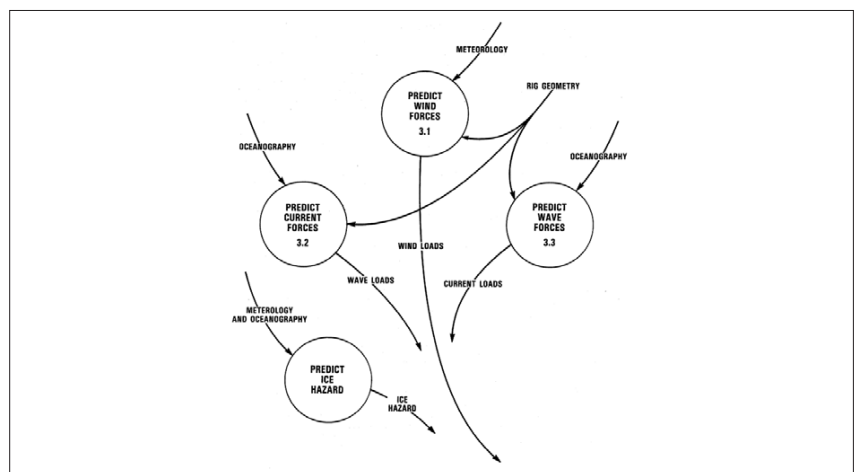
در عملیات لنگراندازی نهایی پس از اینکه سکو توسط دو شناور به محل مورد نظر انتقال داده شد، شناور-۱ کابل متصل به انتهای زنجیر لنگر را گرفته و شناور-۲ نیز به زنجیر سکو که همسوس با لنگر است متصل می‌گردد. سپس شناور-۲ زنجیر سکو را به کابل اتصال لنگر متصل می‌کند. این به معنی کامل شدن مجموعه‌ی لنگر است (شکل ۱). این عمل برای سه لنگر دیگر نیز انجام می‌شود تا از قرارگیری



شکل ۱ | نمای کلی نحوه‌ی مهار سکوی نیمه‌شناور امیرکبیر



شکل ۲ | وضعیت لنگرها در مرحله‌ی پیش‌لنگراندازی



شکل ۳ | نحوه‌ی تعیین نیروهای محیطی مؤثر بر سکوی نیمه‌شناور امیرکبیر



سکو در محل چاه اطمینان حاصل گردد. سپس چهار لنگر باقیمانده به ترتیب در محل خود به درون آب انداخته شده و بلافاصله به سکو متصل می‌شوند. پس از اینکه همه‌ی لنگرها به سکو وصل شد با تنظیم مقدار کشش لنگر توسط Winch نشان داده شده در شکل-۱، عملیات مهار به پایان می‌رسد.

۲-۲- طراحی مهاربندی سکوی امیرکبیر

همان‌طور که گفته شد مهار سکوی امیرکبیر بدون تعیین نیروهای محیطی وارد بر آن امکان‌پذیر نیست. شکل-۳ نحوه‌ی تعیین نیروهای محیطی مؤثر بر سکو را نشان می‌دهد.

جهت پیش‌بینی هر یک از نیروهای باد، جریان آب و موج ابتدا باید بررسی آماری وضعیت آب و هوای دریای خزر در محل حفاری انجام شود. جدول-۲ بخشی از اطلاعات دریای خزر را نشان می‌دهد که جهت طراحی مهاربندی سکوی امیرکبیر در موقعیت‌های قبلی استفاده شده‌اند.

پس از بررسی آماری این اطلاعات، نیروهای محیطی وارد بر سکو تخمین زده می‌شوند. نیروهای ناشی از جریان هوا و آب توسط رابطه‌ی ۱- قابل محاسبه‌اند [۵].

$$F = \frac{1}{2} D_f A_p v^2 \quad (1)$$

که F نیروی ناشی از برخورد جریان سیال (آب یا هوا) به بخش مورد نظر از بدنه‌ی سکو، D_f ضریب اصطکاک متناظر با بخش مورد نظر، A سطح تأثیرگذار، ρ چگالی سیال و v سرعت سیال است.

جدول ۲ | بخشی از اطلاعات آب و هوای دریای خزر جهت استفاده در مهار سکوی امیرکبیر

Data	15-09-1989	15-09-1989
Time	17:53	14:53
Air Temperature (C)	24.4	23.8
Air Pressure (mBar)	1020.4	1019.4
Sea Temperature (C)	28.1	28.1
Wind Speed (Knots)	5.3	10
Wind Gust (Knots)	10	13
Wind Direction (deg)	345	352
Heave Mean (m)	0.8	0.9
Heave Significant (m)	1.2	1.3
Heave Max (m)	1.9	2.1
Period Significant (sec)	6.5	6.5
Period Mean (sec)	5.5	6
Sec Current Angle (deg)	127	110
Sec Current Speed (m/sec)	0.15	0.15

جدول ۳ | ضرایب مورد استفاده جهت محاسبه‌ی نیروهای جریانی وارد بر سکو

Shape	Drag Coefficient (D_f)	Refrance Area for "A"
Cylinder	0.85	Projected
Hull (Beam)	0.11	Wetted Surface
Hull (Bow-on)	0.0056	Wetted Surface
Riser	1	Projected
Wire Rope	1.4	Projected
Chain	2.5	Projected
Other	2	Projected

جدول ۴ | مشخصات سکوی نیمه‌شناور امیرکبیر

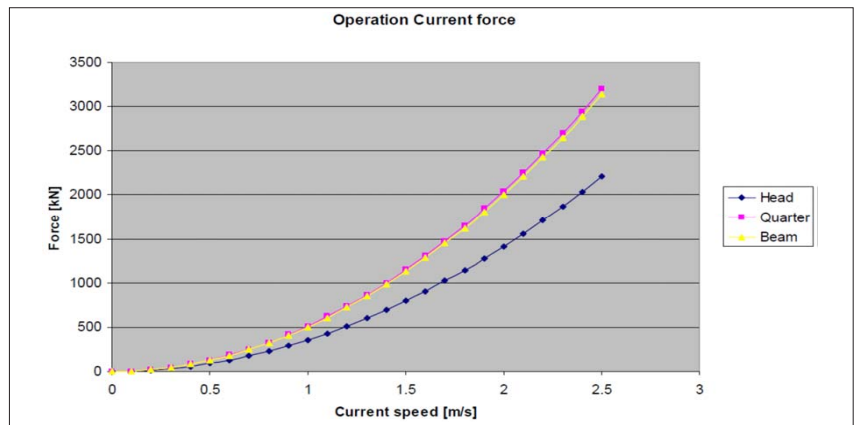
Rarametor	Vaone
Winche Holding Capacity (Ton)	550
Anchore Chain Length (m)	1100+900
Anchore Chain Length (mm)	76
Anchore Chain Breaking Load (Ton)	550
Inser Wire Length (m)	1000
Inser Wire Diameter	83
Inser Wire Breaking Load (Ton)	550
Anchor Weight (Ton)	20

سطح تأثیر گذار و ضریب D_f نیز طبق جدول ۳ تعیین می شوند.

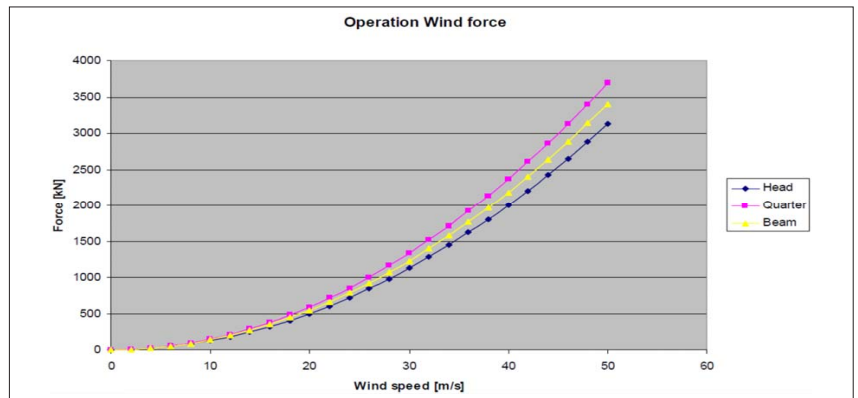
نیروهای ناشی از امواج نیز توسط رابطه‌ی موريسون (Morison Equation) محاسبه می شوند. بر اساس روش توضیح داده شده و مشخصات سکوی نیمه شناور امیرکبیر، نیروهای ناشی از جریان آب، باد و موج برای شرایط مختلف طبق نمودارهای شکل های ۴ و ۵ و ۶ و ۷ می توان نیروهای محیطی وارد بر سکو را تخمین زد.

در نهایت مجموع نیروهای وارد بر سکو به صورت یک بار معادل (Design Load) جمع بندی می شوند و برنامه ریزی و طراحی نحوه‌ی مهار سکو بر اساس همین بار معادل انجام می گردد. شایان ذکر است که برنامه‌ی مهار در اصل، تعیین موقعیت لنگرها و کشش آنهاست و مهاربندی به گونه‌ای طراحی می شود که پس از لنگراندازی در محل مناسب، با اعمال کشش مناسب در لنگرها، مقدار انحراف سکو از موقعیت چاه در محدوده‌ی عملیاتی قابل اجرا (Watch Circle) باقی بماند. طبیعی است که برنامه‌ی مهار بستگی مستقیم به خصوصیات لنگر (مجموعه‌ی زنجیر و کابل مهار) خواهد داشت. جدول ۴- خصوصیات سیستم لنگر سکوی نیمه شناور امیرکبیر را نشان می دهد.

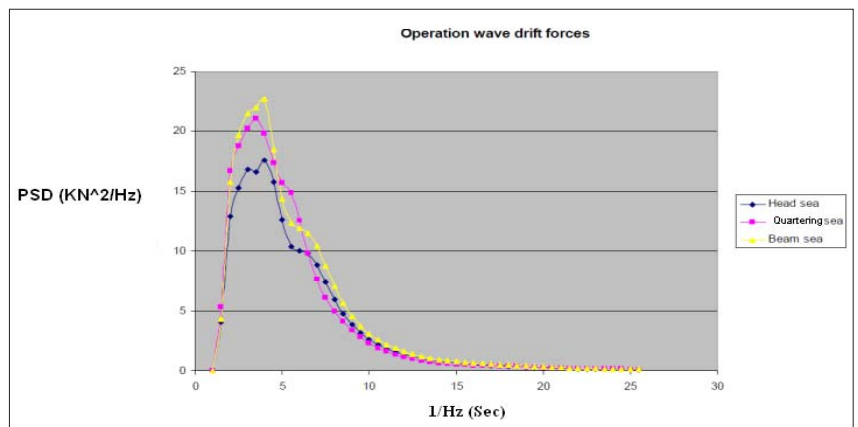
در شکل ۷- نحوه‌ی تأثیر نیروهای محیطی و کشش لنگرها بر مقدار انحراف سکو از محل حفاری نشان داده شده است. طبیعی است که با تغییر کشش لنگر (H_p)



شکل ۴ | نیروی وارد ناشی از جریان آب بر سکوی نیمه شناور امیرکبیر (Head: قرارگیری سکو در راستای جریان، Quarter: قرارگیری سکو در راستای مایل بر جریان، Beam: قرارگیری سکو در راستای عمود بر جریان)



شکل ۵ | نیروی وارد ناشی از جریان باد بر سکوی نیمه شناور امیرکبیر (Head: قرارگیری سکو در راستای جریان، Quarter: قرارگیری سکو در راستای مایل بر جریان، Beam: قرارگیری سکو در راستای عمود بر جریان)



شکل ۶ | نیروی وارد ناشی از موج بر سکوی نیمه شناور امیرکبیر (Head: قرارگیری سکو در راستای جریان، Quarter: قرارگیری سکو در راستای مایل بر جریان، Beam: قرارگیری سکو در راستای عمود بر جریان)



موقعیت سکو نیز تغییر خواهد کرد. نمای کلی این موضوع در شکل ۸- نشان داده شده است. لازم به ذکر است که بر اساس طرح فعلی سیستم مهار، بهترین زاویه هر خط لنگر سکوی نیمه شناور امیر کبیر نسبت با لنگر مجاور، ۴۵ درجه تعیین شده است.

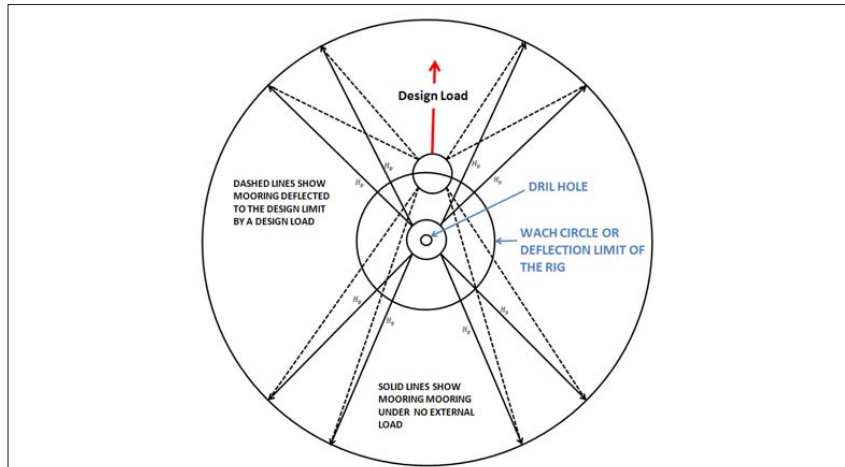
جمع بندی

حفاری در آب های عمیق مقوله ای است که با توجه به شرایط ویژه ی محیط حفاری، تفاوت چشمگیری با حفاری در خشکی و حتی آب های کم عمق دارد. مهم ترین عامل این تفاوت نیز معلق بودن دستگاه حفاری در آب دریاست. مهار سکوی حفاری در آب های عمیق موضوعی است که به دلیل شناور بودن سکو پیچیدگی خاصی دارد. به همین دلیل مهار سکوی نیمه شناور امیر کبیر ملزوماتی به شرح زیر دارد:

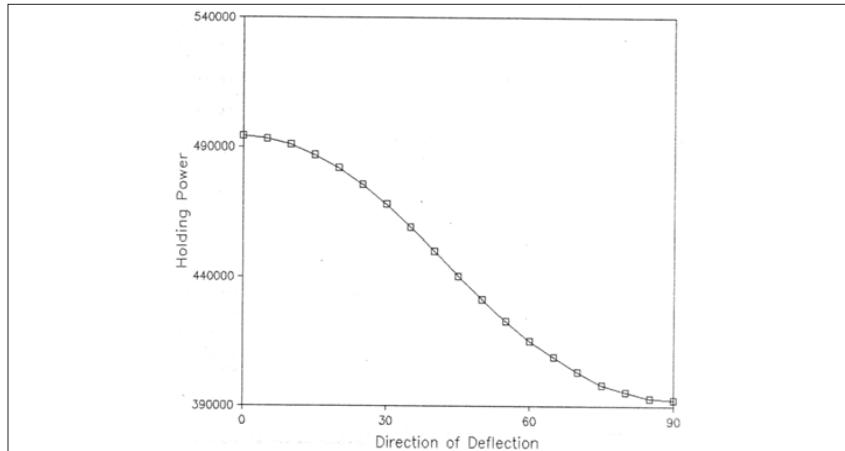
- وجود سخت افزار و نرم افزار مناسب
- به منظور جمع آوری و بررسی آماری شرایط آب و هوایی منطقه ی مورد نظر جهت حفاری
- تعیین نیروهای محیطی ناشی از جریان باد، آب و موج
- برنامه ریزی و طراحی محل و کشش لنگرها

- وجود ادوات سخت افزاری مناسب
- به منظور اجرای برنامه ی مهار

ویژگی های فیزیکی سکوی نیمه شناور امیر کبیر به گونه ای است که بهترین راستای قرارگیری سکو همان راستای جریان باد در منطقه است. همچنین با توجه به شرایط محیطی دریای خزر، وجود حداقل دو فروند شناور با قدرت مناسب جهت اجرای عملیات پیش لنگراندازی و لنگراندازی نهایی الزامی است. ■



شکل ۷ | نحوه ی تاثیر نیروهای محیطی و کشش لنگرها بر مقدار انحراف سکوی نیمه شناور امیر کبیر از محل حفاری



شکل ۸ | نمای کلی نحوه ی تنظیم محل سکو از طریق تغییر نیروی کشش لنگرها Hp



شکل ۹ | سکوی نیمه شناور در امیر کبیر