

## مبانی بارگذاری سیستم های پهلوگیری ثابت در سواحل و بنادر

محمد واقفی<sup>۱</sup>، حامد خیری<sup>۲</sup>، حسن باقری<sup>۳</sup>

[Vaghefi52@gmail.com](mailto:Vaghefi52@gmail.com)

۱- استادیار سازه های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس بوشهر

۲- دانش آموخته ی مهندسی سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

۳- اداره کل بنادر و دریانوردی استان بوشهر

### چکیده

امروزه با افزایش ظرفیت و ابعاد کشتی ها و همچنین لزوم پهلوگیری شناورهای با رده های بالا در بنادر، نیاز به سیستم های ضربه گیر با ظرفیت جذب انرژی مناسب به طرز چشمگیری در اسکله های بنادر مشاهده می گردد. عملکرد اصلی فنر ها ( ضربه گیر ها) آنست که در حین فرآیند پهلوگیری از بروز صدمه و خسارت به کشتی و اسکله جلوگیری بعمل آورد. بار وارده از ناحیه ی کشتی (در حین پهلوگیری) ممکن است بصورت یک ضربه ی دینامیکی، واکنشی ساینده و یا فشار مستقیم باشد لذا چنانچه این اثرات به بکار گیری تمهیداتی خنثی نگردند ممکن است موجب آسیب گسترده ی سازه ای (سازه ی کشتی و یا اسکله) گردند. بطور کلی میزان انرژی جذب شده و حداکثر ضربه ی وارده از جمله معیار های طرح اولیه ی ضربه گیر ها می باشند و در عین حال تأثیرات عوامل محیطی در پهلوگیری و نا مناسب بودن شکل، جنس و هندسه ی برخی ضربه گیرها باعث مشکلاتی در زمان پهلوگیری کشتی ها و تخریب این سازه ها می گردد. از این رو این مقاله با توجه به معیارهای و انجام یک مطالعه ی موردی به تعیین میزان این انرژی جهت ۱۰ محموله بر می پردازد.

### کلمات کلیدی

ضربه گیر، فنر، پهلوگیری، کشتی.

تاریخ دریافت مقاله : ۹۳/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۳/۰۸/۱۰

## ۱ - مقدمه

جایگاه ضربه گیرها در صنعت امروزه، به ویژه در حمل و نقل دریایی همواره دارای رشدی صعودی و سیری تکامل یافته بوده است. عملکرد اصلی فنر ها (ضربه گیر ها) آنست که در حین فرآیند پهلوگیری از بروز صدمه و خسارت به کشتی و اسکله جلوگیری بعمل آورده و بعبارت دیگر به عنوان یک تکنانگیر؛ به وسیله ی جذب انرژی پهلوگیری کشتی؛ انرژی ناشی از ضربه ی کشتی را به میزان قابل توجهی کاهش دهند [۱-۴]. بار وارده از ناحیه ی کشتی (در حین پهلوگیری) ممکن است بصورت یک ضربه ی دینامیکی، واکنشی ساینده و یا فشار مستقیم باشد و لذا چنانچه این اثرات با به بکار گیری تمهیداتی خنثی نگردند ممکن است موجب آسیب گسترده ی سازه ای (سازه ی کشتی و یا اسکله) گردند. با توجه به رشد اخیر آیین نامه های ساحلی و فراساحلی در خصوص سیستم های ضربه گیر اسکله ها میتوان اینگونه بیان نمود که عوامل بسیاری در انتخاب و اتخاذ یک سیستم پهلوگیری دخیل می باشند که برخی از مهم ترین ایشان عبارتند از؛ خصوصیات محیطی و اقلیمی اسکله، جانمایی اسکله در حوضه ی بندر، نوع و پیکر بندی کشتی ها، سرعت و جهت پلوگیری، نوع سازه ی تکیه گاه و حتی مهارت سکاندار کشتی از آن جمله می باشد. بدین ترتیب اتخاذ یک سیستم ضربه گیر مناسب، کمک می کند تا بتوان از عملیات پهلوگیری بدون اشکال اطمینان یافت و در این راستا مهم آنست که با فرض آنکه شرایط محیطی، جانمایی اسکله، پیکربندی کشتی ضارب، سازه ی تکیه گاه و مهارت سکاندار در حالت ایده آل می باشند، اولویت اصلی را به انتخاب سیستم ضربه گیری می دهیم که بر مبنای جذب انرژی طرح می گردد تا بدینوسیله بتوان بطور حقیقی کل هزینه ساخت ابزار پهلو گیری را با انتخاب ضربه گیرهای کم هزینه کاهش داد [۱، ۳، ۵]. از این رو این مقاله به بیان

مبانی بارگذاری و طرح فنر های دریایی بر اساس جذب انرژی می پردازد.

## ۲- مروری بر تحقیقات

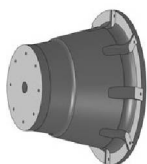
پیشتر کشتی ها از چوب ساخته می شدند و با کمک باد یا نیروی انسانی دریاها را می پیمودند، لذا به هنگام پهلوگیری در بنادر و اسکله ها عملاً استفاده از ضربه گیرهایی غیر از ضربه گیرهای چوبی لزومی نداشت. با رسیدن فناوریهای پیشرفته بعد از انقلاب صنعتی، کشتی ها بوسیله موتورهای بخار یا موتورهای دیزلی به جلو رانده شده و بدنه کشتی بواسطه قراردادن فولاد در چوب تولیدگردید. بدنبال آن با ارتقاء دانش مهندسی کشتی سازی در ساخت کشتی های دارای اندازه ی بزرگتر، ساختار بدنه ای نازک تر و ضعیف تر و همچنین دیدگاه به حداقل رساندن هزینه ها، کشتی های بزرگ مجبور بودند در لنگرگاهها لنگر ببندازند و محموله بوسیله قایق های کوچک یا کرجی انتقال می یافت. ناچاراً، تنها کشتی های بزرگی که ساختار بدنه ای قوی تری داشتند قادر به پهلو گیری در اسکله بودند. تا اینکه به فراخور زمان با توسعه صنعت حمل و نقل حجمی، بکار گیری روش هایی در خصوص کاهش صدمات ناشی از پهلوگیری مورد توجه کارفرمایان و پژوهشگران واقع گردید. این امر تا بدان جا قوت یافت که امروزه کشورهای انگلستان، آمریکا، ژاپن و بسیاری از کشور های دیگر استانداردی را برای طراحی فنر های دریایی ارائه نموده اند [۱ و ۶]. علاوه بر آن در دهه های اخیر نیز مطالعات چشمگیری در این زمینه انجام پذیرفته است، بعنوان مثال در سال ۱۹۹۳ گروه مشاور شیباتا پژوهش هایی در زمینه ی سیستم های ضربه گیر و طراحی فنر های دریایی براساس جذب انرژی، نیروی واکنش تکیه گاهی، انحراف مجاز و فشار بدنه ی کشتی انجام نمود تا بلکه بتوان به تناسب نیاز نوعی از فنر را بکارگرفت [۷]. علاوه بر آندر سال ۲۰۰۵، نِسِر و همکاران پس از پژوهشی در خصوص دینامیک کشتی ها و

### ۳- گونه های مختلف سیستم های جذب انرژی در اسکله

ضربه گیرهایی که به طور رایج در اسکله ها و سکوها و کشتی های سراسر دنیا و ایران استفاده می شوند عبارتند از ضربه گیرهای چوبی، ضربه گیرهای لاستیکی، ضربه گیرهای بادی، ضربه گیرهای مکانیکی و غیره. برخی از کاربردی ترین ضربه گیر های لاستیکی و مدرن عبارتند از؛

#### ۳-۱- فنر های مخروطی<sup>۱</sup>

امروزه یکی از گونه های پیشرفته ی فنرها، فنر های مخروطی شکل می باشند (شکل ۱)، این سیستم در واقع از پیشرفته ترین تکنولوژی های دریایی در صنعت ضربه گیرها به شمار می رود بطوریکه نسبت جذب انرژی به واکنش آن از دیگر گونه ها به مراتب بیشتر است. از دیگر بهره وری های بالای این گونه آنست که به هنگام طراحی اجازه ی ترکیب فاکتورهایی از قبیل اشغال فضای کمتر نسبت به دیگر گونه های متناظر و کاهش هزینه های اعمال لاستیک کمتر در مرحله ی ساخت و تولید را به طراح می دهد. این فنر در هنگام سرویس دهی به اندازه ی ۷۰٪ از ارتفاع خود دچار تغییر شکل الاستیک شده و انعطاف پذیری مناسبی از خود به نمایش می گذارد (شکل ۵). این فنر معمولاً با استفاده از یک صفحه ضربه گیر بکار گرفته می شود تا انرژی ضربه ی وارده را به طور یکنواخت جذب نماید [۷ و ۱۰].



شکل (۱) یک نمونه فنر مخروطی [۷ و ۱۰]

ضربه گیرها در حین پهلوگیری با فرض آنکه سیستم متشکل از سه بخش اصلی سپر، فنر و کشتی است به این مهم دست یافتند که تکان کشتی ناشی از موج اعمالی پس از ضربه به فنر به طور مجازی قابل دستیابی است و همچنین بین نیروهای ماکزیمم فنر و تکان های کشتی رابطه ای خطی موجود می باشد بطوریکه یک سیستم ضربه گیر دریایی قابل تنظیم می تواند به گونه ای اساسی برای ایمن نمودن پهلوگیری و لنگر اندازی کشتی ها با جابه جایی مختلف آبی در سرعت های بالا و یا پایین تحت شرایط باد، موج و جریان متغیر مشارکت نماید [۲]. پس از آن در سال ۲۰۰۶، موجالی در خصوص آنالیز سیستم ضربه گیر با استفاده از نرم افزار Ansys به این مهم دست یافت که طراحی مدل های ضربه گیر بایستی براساس مقاومت ایمن و قابلیت جذب انرژی ضربه گیر صورت گیرد و انرژی پتانسیل ضربه گیر را براساس آنالیز تنشی توسط نرم افزار را بدست آورد و از بین دو سیستم فولاد و چوب و آنالیز آن دو، ضربه گیر فولادی توسط نرم افزار انتخاب گردید و علل این انتخاب را به طریقه ی عددی و مقایسه دو سیستم با یکدیگر ارائه نمود [۸]. همچنین در همان سال ساکاکاکی باراپژوهشی در زمینه ی پهلوگیری کشتی های بر روی ضربه گیرها انجام داد و بر طبق نتایج ایشان تغییر مکان های زمانمند در مراحل مختلف از مراحل تحلیل بیانگر آن است که سیستم مورد مطالعه برای پهلوگیری ایمن کشتی و اسکله مناسب می باشد [۴]. اخیراً در سال ۲۰۱۰ میلادی ژبو جیانگ و همکاران تحقیقی را در زمینه ی نمونه ای از ساختار ضربه گیر فولادی انجام دادند و پس از آنالیزهای مختلف این نوع ضربه گیر را برای ساختار ضربه گیر مناسب دانستند [۹]. این مقاله با الهام و جمع بندی آیین نامه های رایج و تحقیقات پیشین به بیان مبانی بارگذاری و تئوری طرح سیستم های ضربه گیر دریایی (فنر ها) می پردازد.

<sup>۱</sup>Cone Fender

چشمگیر مواجه است بکار گرفته می شود (شکل ۳). این فنر در سایز و ابعاد متنوعی ارائه گشته است و بصورت پیچو مهره یا بروش<sup>۴</sup> UHMWP به بدنه ی اسکله قید و پیوست گردد. همانند فنر سلولی در هنگام سرویس دهی به اندازه ی ۵۲٪ از ارتفاع خود دچار تغییر شکل الاستیک شده و انعطاف پذیری نسبتا مناسبی از خود به نمایش می گذارد (شکل ۵) [۷ و ۱۰].



شکل (۳) نمونه یک فنر ۷ شکل

### ۳-۴- فنر های استوانه ای<sup>۵</sup>

یکی از دیگر گونه های رایج و سنتی ضربه گیرها، نمونه ای استوانه ای آن می باشد (شکل ۴)، این نمونه حداکثر به اندازه ی ۵۰٪ از ارتفاع خود دچار تغییر شکل الاستیک شده و این در حالی است که به اندازه ی ۱۰۰ درصد از ظرفیت تکیه گاهی خود واکنش نشان داده است (شکل ۵). بکارگیری آن در اسکله ها محدود به کشتی های با ظرفیت و تناژ پایین است [۷ و ۱۰].

<sup>4</sup>Ultra High Molecular Weight Polyethylene

<sup>5</sup>Cylindrical Fenders

### ۳-۲- فنر های سلولی<sup>۲</sup>

این فنر یکی از گونه های رایج، پر کاربرد و قابل اطمینان می باشد که تا کنون طراحان در اسکله های بیشماری آن را بکار گرفته اند و صحت این موضوع در تاریخچه ی صنعتی سازی سواحل و بنادر به وفور نمایان است. عمر سرویس دهی این فنر بر پایه ی تحقیقات پژوهشگران بیش از ۱۰ سال در اسکله های با ترافیک بالا تخمین زده شده است که این خود یک ویژگی منحصر به فرد در خانواده ی ضربه گیر ها می باشد. این فنر در هنگام سرویس دهی بیش از ۵۲٪ از ارتفاع خود دچار تغییر شکل الاستیک شده و انعطاف پذیری نسبتا مناسبی از خود به نمایش می گذارد (شکل ۵). شکل ۲ نمونه ای از این فنر را به تصویر کشیده است [۷ و ۱۰].



شکل (۲) یک نمونه فنر سلولی [۷ و ۱۰]

### ۳-۳- فنر های کمانی<sup>۳</sup> (شکل ۶)

این نمونه (شکل ۶)، گونه ی بهینه سازی شده از ساختار سنتی آن بمنظور افزایش جذب انرژی می باشد و کاربرد آن در جایی که فشار مجاز بدنه ی کشتی بسیار بالا تعریف شده و همچنین در نصب و جاگزینی آن طراح با محدودیت هایی

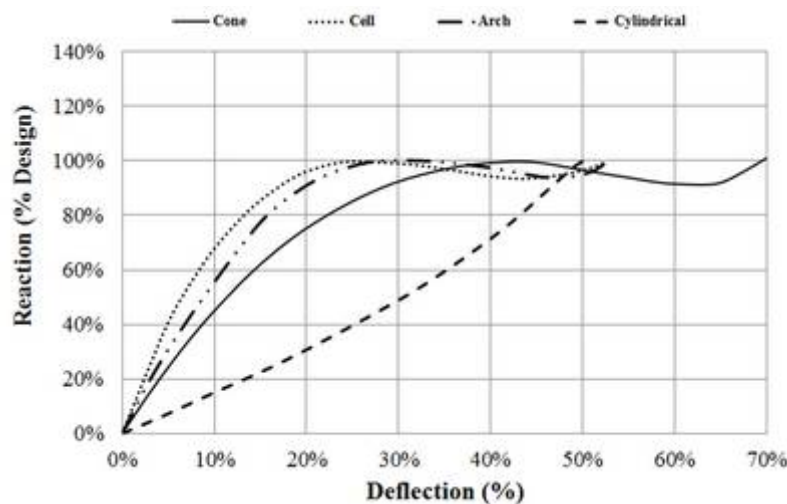
<sup>2</sup>Cell Fenders

<sup>3</sup>Arch Fenders

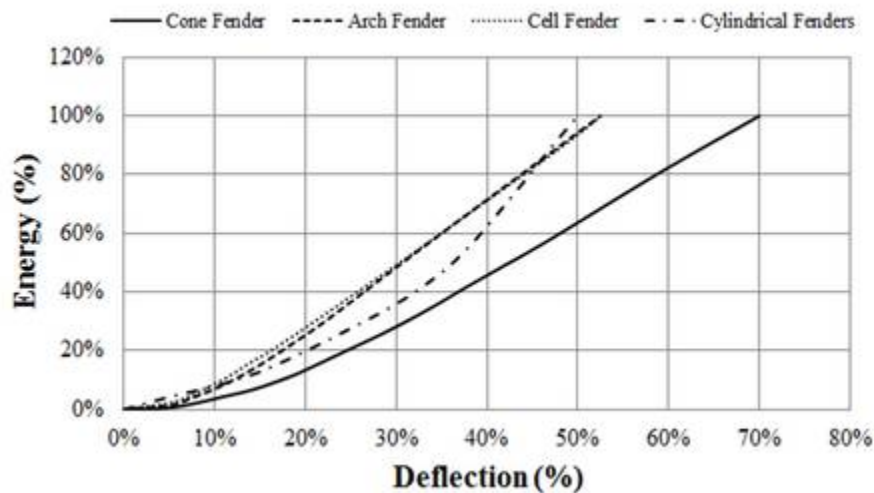
علاوه بر آن نمودارهای شکل ۵ حداکثر واکنش تکیه گاهی و تغییر شکل متناظر را برای فنرهای مخروطی، سلولی، کمانی و استوانه ای به ترتیب ۴۵٪، ۲۷٪، ۳۲٪ و ۵۰٪ گزارش می دهد، این کمیت نسبی پیشگام بودن فنرهای سلولی در پاسخگویی به انرژی را نسبت به دیگر گونه های آن اعلام می دارد. همچنین نسبت های تغییر شکل و میزان جذب انرژی این گونه ها در شکل شماره ی ۶ نشان داده شده است. آنچه در این نمودارها حائز اهمیت می باشد رفتار تقریباً مشابه فنرهای کمانی و سلولی است، عبارت دیگر کل انرژی وارد شده به سیستم با شیبی یکسان بیش از ۵۲٪ تغییر شکل را به همراه داشته است و این در حالی است که فنر استوانه ای این انرژی را حداکثر با ۵۰ درصد تغییر شکل جذب نموده است. در خصوص فنرهای مخروطی شکل نیز همانگونه که پیشتر اشاره شد جذب انرژی وارد شده به سیستم در مقایسه با دیگر گونه ها دارای حداکثر تغییر مکان می باشد (شکل ۶) [۷ و ۱۰].



شکل ۴: نمونه یک فنر استوانه ای شکل

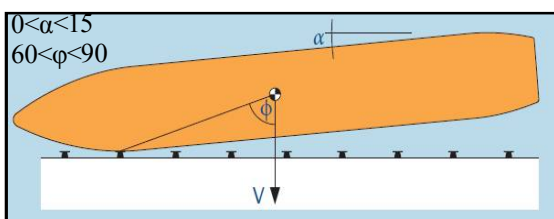


شکل ۵) مقایسه درصد های تغییر شکل و واکنش تکیه گاهی در فنرهای مخروطی، سلولی، کمانی و استوانه ای [۷ و ۱۰]

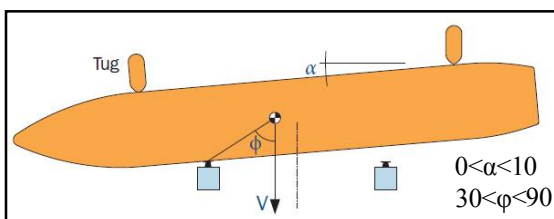


شکل (۶) مقایسه درصد های تغییر شکل و جذب انرژی در فندره های مخروطی، سلولی، کمانی و استوانه ای [۷ و ۱۰]

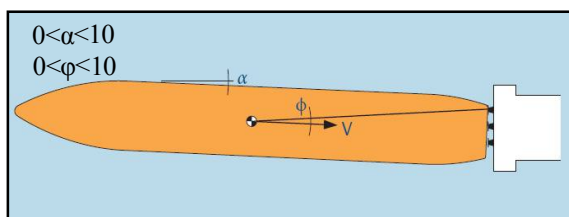
ی پهلوگیری ( $\alpha$ ) از اهمیت به سزایی در تعیین میزان دقیق انرژی جنبشی ناشی از پهلوگیری برخوردار است که این انرژی مبنای طراحی فندرها تعریف شده است [۱۰].



الف) پهلوگیری از کنار



ب) پهلوگیری دلفینی



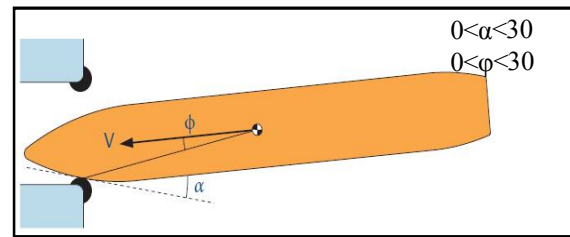
ج) پهلوگیری از انتها

#### ۴- مبانی طرح فندر های لاستیکی

تنها دلیل ساده ای که می توان برای توجیه لزوم بکارگیری فندر ها بیان داشت آنست که؛ عدم بکار گیری آن خسارات اقتصادی را تا چندین برابر افزایش می دهد و این در حالی است که تقریباً استاندارد سازی طراحی فندره های دریایی بدلیل آنکه هر بندر [در سراسر دنیا] دارای ویژگی های منحصر به فرد خود می باشد غیر عملی است. لذا می توان با در نظر گیری برخی رضایتمندی های تجربی از سیستم های ضربه گیری که در گذشته استفاده شده است بمنظور کنترل هزینه های طرح، نصب، راه اندازی و نگهداری آن استفاده نمود. شکل ۷ چارت طراحی فندره های دریایی را پیشنهاد نموده است که شاخه های آن مهمترین ارکان پیش بینی شده در استاندارد های طراحی سواحل و بنادر می باشند. بطور کلی در مرحله نخست بایستی از سایت بازدید بعمل آورد تا بتوان داده هایی همچون سرعت باد، دمای هوا، ارتفاع موج، توپولوژی، میزان جذر و مد، خوردگی و غیره را بمنظور اعمال در فرضیات طراحی و تعیین عمر سرویس دهی ضربه گیرها استفاده نمود. در مرحله ی بعد با در نظر استراتژی

بندر و اسکله یک روش پهلو گیری از میان روش هایی که در شکل ۸ نشان داده شده است برای سایت انتخاب می شود. لازم به توضیح است در هریک از این روش ها زاویه

مقابل خرابی سازه تکیه گاه، سایز و نوع کشتی های پهلوگیر، نوع مسافری و ارزش محموله های کشتی را دارد. در هر حال استاندارد *PIANC* توصیه می کند که حداقل و حداکثر میزان آن را به ترتیب ۱/۱ و ۲ در نظر گرفته شود (جدول ۱) [۱۱].



د) پهلوگیری با بست ورودی

جدول (۱) ضرائب پیشنهادی *PIANC* برای  $F_S$  [۱۱]

$F_S$	سایز	نوع کشتی
1.25	بزرگترین	مخزنی، حجیم و دارای محموله
1.75	کوچک ترین	
1.50	بزرگترین	کانتینر
2.00	کوچک ترین	
1.75		محموله بر عمومی
>2.00		<i>Ro-Ro</i> و کشتی
2.00		یدک کش ها ، قایق های عملیاتی و غیره

#### ۴-۱- تعیین میزان انرژی طبیعی ناشی از پهلوگیری

میزان انرژی جنبشی ناشی از برخورد کشتی با فندر بایستی بوسیله ی معادله ی (۱) محاسبه شود. اکثر پهلوگیری ها دارای یک انرژی کوچکتر یا مساوی بامقدار بدست آمده از معادله ی (۱) می باشند. در این رابطه  $E_n$ ؛ میزان انرژی طبیعی می باشد که بایستی توسط فندر جذب شود و  $M$ ؛ وزن کشتی،  $V$ ؛ سرعت پهلوگیری،  $C_M$ ؛ ضریب جرم،  $C_E$ ؛ ضریب گریز از مرکز،  $C_C$ ؛ ضریب ساختار پهلو،  $C_S$ ؛ ضریب نرمی می باشند [۱، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۲].

$$E_n = 0.5 \times M \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S \quad (1)$$

#### ۴-۲- میزان انرژی ناشی از پهلوگیری غیرعادی

ضربه غیرعادی زمانی بوقوع می پیوندد که انرژی طبیعی از آنچه پیشتر تعریف شد، بیشتر شود. از جمله علل وقوع آن عبارتند از؛ خطاهای انسانی، عملکرد نامناسب فندرها بدلیل فنی، شرایط نامناسب جوی و یا ترکیبی از عوامل فوق الذکر. استاندارد *PIANC* برای محاسبه ی میزان انرژی غیرطبیعی معادله ی (۲) را پیشنهاد نموده است؛

$$E_A = E_n \times F_S \quad (2)$$

که در آن  $E_n$ ؛ میزان انرژی طبیعی، و  $F_S$  ضریب اطمینان انرژی غیرعادی می باشد که انتخاب آن بستگی به عوامل متعددی همچون میزان استفاده از فندر، آسیب پذیری در

#### ۴-۳- سرعت پهلوگیری ( $V$ )

سرعت پهلوگیری یکی از مهمترین فاکتورهای طراحی سیستم های ضربه گیر می باشد که بسته به شرایط پهلوگیری و وزن مرده ی کشتی متغیر خواهد بود. بطور کلی شرایط پهلوگیری توسط استاندارد های آمریکا و انگلستان به پنج دسته ی ذیل تقسیم بندی می شوند (شکل ۹)؛

- a) شرایط پهلوگیری خوب ، محافظت شده.
- b) شرایط پهلوگیری سخت ، محافظت شده.
- c) شرایط پهلوگیری آسان ، محافظت نشده.
- d) شرایط پهلوگیری خوب ، محافظت نشده.
- e) سختی شرایط ناوبری ، محافظت نشده.

این اشکال بایستی با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند [۳، ۷، ۱۰ و ۱۲].

#### ۴-۴- ضریب جرم هیدرودینامیکی

ضریب جرم هیدرودینامیکی امکان می دهد که حرکت آب اطراف کشتی در زمان محاسبه انرژی کل کشتی بوسیله

<sup>6</sup>Normal Energy

استخراج گردد و در هر حال نباید بیشتر از ۱ و کمتر ۰/۳ در نظر گرفته شود [۱۱ و ۱۰].

$$C_E = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \phi}{K^2 + R^2} \quad (۴)$$

بطوریکه  $K$ ، بعنوان شعاع دوران کشتی در هنگام پهلوگیری و اعمال ضربه بوده و از معادله ی (۵) استخراج می گردد و  $R$  فاصله مرکز ضربه از مرکز جرم کشتی می باشد (شکل ۱۱).

$$K = (0.19C_b + 0.11)L_{BP} \quad (۵)$$

در رابطه ی (۴)،  $C_b$  ضریب انسداد (استخراجی از جدول ۲) و  $L_{BP}$  طول کل کشتی می باشد (شکل ۱۱) [۱۱ و ۱۰].

جدول (۲) ضرایب  $C_b$  برای BS [۱]

نوع کشتی	$C_b$
Tanker/bulk	0.72 to 0.85
Container	0.65 to 0.70
Ro-Ro	0.65 to 0.70
Passenger	0.65 to 0.70
Dry cargo/combi	0.60 to 0.75
Ferry	0.50 to 0.65

#### ۴-۶- ضریب ساختار پهلو (CC)

ضریب پیکربندی پهلو ("عامل زیر سازی") اختلاف بین یک ساختار باز (مثل اسکله ای با انباشت اشیاء در فضای اسکله) و ساختار بسته (مثل دیوار اسکله) را نشان می دهد. برای پهلوگیری باز و گوشه های دیوار اسکله  $C_C$  عموماً ۱.۰ و برای دیوار اسکله، ۰.۹ در نظر گرفته می شود [۶، ۷ و ۱۲].

#### ۴-۷- ضریب نرمی (CS)

هنگامی که سختی فنر نسبت بدنه کشتی تا حدی بیشتر است که در اثر پهلوگیری بدنه دستخوش تغییر شکل های الاستیک می گردد و بعبارت دیگر بخشی از انرژی توسط بدنه جذب شده است،  $PIANC$  توصیه می کند چنانچه تغییر شکل بدنه بیشتر از ۱۵۰ میلیمتر باشد مقدار این ضریب ۱ و در غیر این صورت ۰/۹ در نظر آورده شود [۱۱].

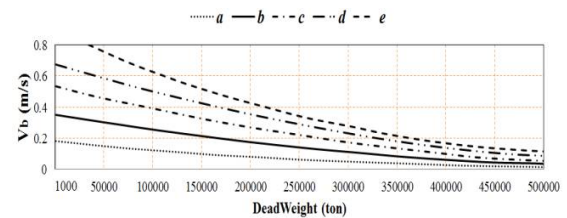
افزایش جرم سیستم احتساب شود [۱، ۶، ۷، ۱۲ و ۱۳]. ضریب جرم هیدرودینامیکی  $C_M$  می تواند بوسیله معادله (۳) محاسبه گردد؛

$$\frac{K_C}{D} \leq 0.1 \rightarrow C_M = 1.8 \quad (۳)$$

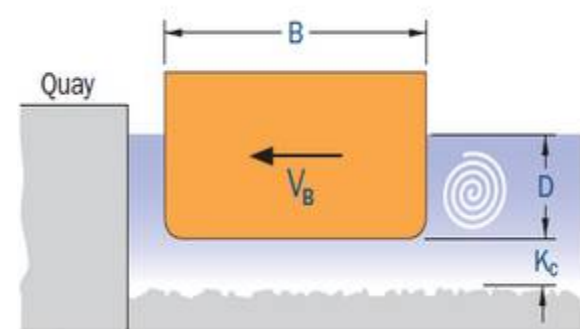
$$0.1 \leq \frac{K_C}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_M = 1.875 - 0.75 \left[ \frac{K_C}{D} \right]$$

$$\frac{K_C}{D} \geq 0.5 \rightarrow C_M = 1.5$$

که در آن  $K_C$  فاصله ی آزاد زیر کشتی،  $D$  ارتفاع  $draft$  می باشد (شکل ۱۰). همچنین لازم به توضیح است که استاندارد  $PIANC$  برای حالت پهلوگیری از انتها این ضریب را ۱/۱ توصیه کرده است [۱۱].



شکل (۹) شرایط پهلوگیری و استخراج سرعت پهلوگیری با اعمال شرایط ۵ گانه ی پهلوگیری [1,13]



شکل (۱۰) پارامترهای تعیین ضریب جرم هیدرودینامیکی [۱۰]

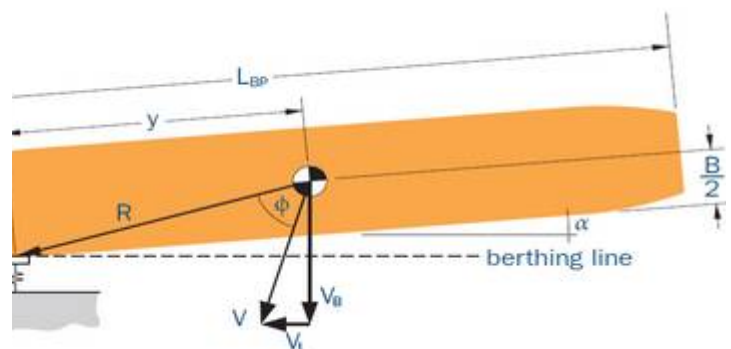
#### ۴-۵- ضریب گریز از مرکز ( $C_E$ )

از آنجا که معمولاً یک کشتی بازآویه ای معین پهلو می گیرد و در زمان اولین تماس تغییر جهت می دهد. مقداری از انرژی جنبشی کشتی به فنر و مابقی به اطاق کشتی انتقال می یابد. لذا ( $C_E$ ) بعنوان یک ضریب کاهنده انرژی در جایی که نقطه ی اثر ضربه ی ناشی از پهلوگیری در مقابل مرکز جرم قرار ندارد بایستی از معادله ی (۴)



## ۵- مطالعه موردی

در این بخش به منظور مطالعه ی موردی، اسکله ای از بندر بوشهر به طول ۱۸۰ متر با حداکثر و حداقل ارتفاع آب به میزان ۲ و ۰/۳ متر، بابالا ترین ارتفاع عرشه به میزان ۳ متر برای طراحی ضربه گیر در نظر گرفته شده است (شکل ۱۲). کدهای ارتفاعی آب و جانمایی فنر در شکل ۱۳ نشان داده شده و قرار است که ضربه گیرها برای سرویس دهی



شکل (۱۱) پارامترهای تعیین ضربه گریز از مرکز [۱۳]

به ۱۰ محموله بر با  $DWT$  به اندازه ی مقادیر ارائه شده در جدول ۳ بکار گرفته شوند. با استفاده از مرجع [۱۱] وزن مرده و جابجایی وزنی استخراج خواهد شد و مقادیر آن وزن کشتی ( $M$ ) برای بکارگیری در رابطه ی (۱) جمع خواهد شد. بدین ترتیب با فرض نسبت  $\frac{K}{K}$  طرح حداکثر ۰/۱ مقادیر  $C_M$  با تقریب مناسبی بکمک مرجع [۷] در نظر گرفته شده و در جدول ۳ خواهد شد، علاوه بر آن ضریب  $C_E$  با استفاده از روابط ۳، ۴ و جدول ۲ به اندازه ی ۵۰٪ در نظر گرفته شده است. همچنین ضریب  $C_S$ ، با فرض آنکه تغییر شکل بدنه بیشتر از ۱۵۰ میلیمتر نمی باشد به اندازه ی ۹۰٪ در نظر گرفته شده است، بهمین منوال ضریب  $C_C$  با فرض آنکه تکیه گاه جداره ای از اسکله می باشد ۹۰٪ اعمال گردیده است. و در نهایت مقدار سرعت کشتی در لحظه ی برخورد  $V_b$ ، با فرض آنکه شرایط پهلوگیری خوب و محافظ شده (نوع  $a$ )، از

گونه های پنج گانه ی ارائه شده در مرجع [۱۱و] می باشد از گراف های شکل ۹ استخراج شده است که در جدول شماره ی ۳ درج شده است. بدین ترتیب انرژی طبیعی پهلوگیری بدست خواهد آمد، شکل (۱۴) به تشریح رابطه ی گنجایش بار مرده کشتی ها نسبت به انرژی پهلو گیری می پردازد، بدیهی است که افزایش این گنجایش موجب افزایش میزان انرژی در لحظه ی پهلو گیری خواهد شد و این مهم در روند صعودی نمودار شکل (۱۴) به وضوح مشخص می باشد. امروزه پژوهش گران، محققان و دستگاه های مشاور با انجام آزمایش های عددی و تجربی جداولی حامل ابعاد فنر و انرژی متناظر پهلوگیری در اختیار طراحان قرار داده اند که بکمک آن طراح می تواند با استفاده از انرژی پهلوگیری بدست آمده از معادله های (۱) الی (۵) فنری با ابعاد دلخواه را بکار بندند.

## ۶- نتیجه گیری

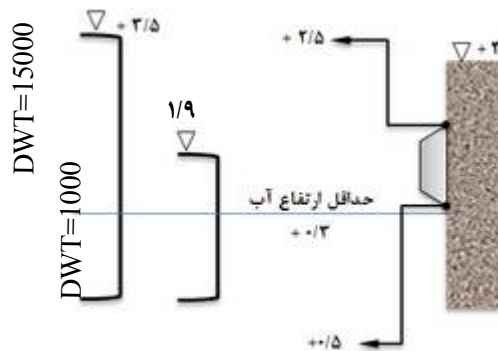
در طرح یک سیستم ضربه گیر پیش از هر چیز پیشینه ی ضربه گیرهای بکار گرفته شده در گذشته بمنظور کنترل هزینه های طرح، نصب، راه اندازی و نگهداری از اهمیت بسزایی برخوردار است.

فنر های مخروطی با تغییر شکلی به اندازه ی ۷۰ درصد طول خود، بعنوان شکل پذیر ترین گونه ی موجود شناخته شده اند.

۶-۳- عوامل اثر گذار در میزان انرژی وارده به فنر ها عبارتند از وزن کشتی، سرعت پهلوگیری، ضریب جرم، ضریب گریز از مرکز، ضریب ساختار پهلو، ضریب نرمی.

۶-۴- روابطه ی ارائه شده در آیین نامه ی  $PIANC$  در خصوص ضریب جرم نسبت به دیگر استانداردها از ضریب اطمینان مناسب تری برخوردار است.

۶-۵- گنجایش وزنی بار مرده دارای رابطه ای مستقیم با میزان انرژی که یک کشتی در لحظه ی پهلوگیری به فنر وارد خواهد نمود.



شکل (۱۳) کندهای ارتفاعی حداقل ارتفاع آب  
محموله بر عمومی و اسکله

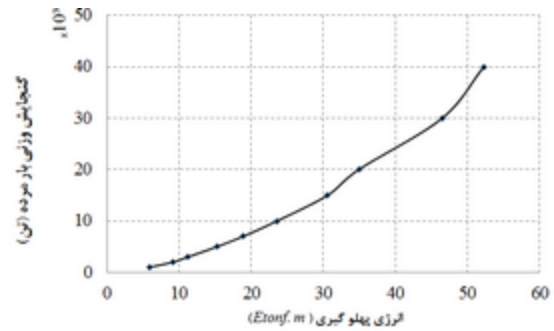


شکل (۱۲) نمایی از اسکله شهر بوشهر  
به منظور طراحی ضربه گیر

گنجایش بار مرده $DWT$ (تن)	گنجایش وزنی جابجایی (تن)	ضریب نرمی $C_s$	ضریب ساختار پهلو $C_c$	ضریب جرم هیدرودینامیکی $C_M$	ضریب گریز از مرکز $C_E$	سرعت $V_0$ (m/sec)	انرژی پهلویی $E$ (tonf. m)
1000	2690	0.9	0.9	1.72	0.5	0.25	5.97
2000	5250	0.9	0.9	1.75	0.5	0.22	9.2
3000	7750	0.9	0.9	1.76	0.5	0.2	11.26
5000	12690	0.9	0.9	1.8	0.5	0.18	15.28
7000	17600	0.9	0.9	1.8	0.5	0.17	18.9
10000	24800	0.9	0.9	1.8	0.5	0.16	23.6
15000	36600	0.9	0.9	1.8	0.5	0.15	30.6
20000	48400	0.9	0.9	1.84	0.5	0.14	34.93
30000	71600	0.9	0.9	1.86	0.5	0.13	46.5
40000	94500	0.9	0.9	1.86	0.5	0.12	52.25

جدول (۳) تعیین میزان انرژی پهلویی

- [8] Hourani, M. Fenders system selection using and system, 2006.
- [9] Jiang, Z., &Gu, M. Optimization of a fender structure for the crashworthiness design. *Materials & Design*, Vol. 31, No. 3, pp. 1085-1095, 2010.
- [10] Marine Fender Design, terlleborg marine Fender, Technical Report of terlleborg Ltd andConsulting Engineer, 2010.
- [11] PIANC, Guidelines for the Design of Fender Systems, Marcom Report of WG33, 2002.
- [12] International navigation association, guidelines for the design of Fender systems, 2002.
- [13] Port works design manual, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, March 2004.



شکل (۱۴) رابطه گنجایش بار مرده کشتی ها نسبت به انرژی پهلو گیری

#### ۷- مراجع

- [1] British Standard, Maritime structures, Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems, 2002.
- [2] Neşer, G., &Ünsalan, D."Dynamics of ships and fenders during berthing in a time domain", *Ocean engineering*, Vol. 33, N. 14, pp. 1919-1934. 2006.
- [3] Parker, N. A., Ansari, F., Ghosn, M., Subramaniam, K., Meja, S. J., & Quinlan, B. Bridge Appurtenances: Part A. Energy Absorbing Fender Systems, Part B. Pre-Cast or Prefabricated Bridge Deck Systems, Part C. Smart Bridges (No. FHWA-NJ-2003-011), 2003.
- [4] Sakakibara, S., & Kubo, M. Ship berthing and mooring monitoring system by pneumatic-type fenders. *Ocean engineering*, Vol. 34, No. 8, pp. 1174-1181, 2007.
- [5] Ueda, S., Hirano, T., Terasaki, M., Yamamoto, S., Shiraishi, S., & Yamase, S. Statistical design of fenders for berthing ship. *Tottori DaigakuKogakubuKenkyuHokoku(Reports of the Faculty of Engineering, Tottori University)*, Vol. 32, pp. 55-62, 2002.
- [6] Wan, M., Kaneko, M., Yazaki, F. Investigating iso17357 non-compliance. The Yokohama Rubber Co., Ltd, Japan, 2002.
- [7] Technical Report of Shibata industrial G.Ltd andConsulting Engineer, Design conception of Shibata marine fender, 1993.

