هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

افزایش راندمان دینامیکی شناورهای تندرو با استفاده از سیستم کنترل اتوماتیک

محمدحسین کریمی

کارشناس ارشد طراحی و مدیر مرکز طراحی و تحقیقات J.M.I

MHKCOM480@yahoo.com

چکیده:

مسئله افزایش راندمان دینامیکی شناورهای تندرو را می توان به عنوان یکی از مسائل مهم و اساسی در طراحی و ساخت و توسعه این شناور ها درنظر گرفت . نیاز به افزایش سرعت و تعادل دینامیکی مناسب در سرعت های بالا در آب آرام از یک طرف و بهبود کیفیت دریانوردی در دریای مواج از نقطه نظر کاهش حرکات دینامیکی رول و پیچ و شتابهای عمودی از طرف دیگر همواره مدنظر طراحان و سازندگان شناورهای تندرو بوده است در این میان ابداع روش های نوین موثر و مطمئن به عنوان گام اساسی در دست یابی به این مهم به عنوان مسئله روز طراحان مدنظر بوده است . در این مقاله مفهوم یکی از روش ها از نقطه نظر تئوری ارئه شده است این روش موسوم به سیستم کنترل اتوماتیک (A.C.I) می باشد که توسط سیستم اتوماتیک کنترل رفتار با استفاده از تغییرات فشار کف شناور و از طریق تاثیر تیغه های عمودی باعث تغیر اپتیموم موقعیت شناور تندرو شده و نهایتا راندمان دینامیکی را افزایش می دهد پس از تشریح نحوه عملکرد و معرفی سیستم فوق از نظر تئوری ، نتایج تست و مطالعات تجربی جهت اندازه گیری میزان اثر بخشی این روش در شناورهای نمونه ارائه شده است.

کلمات کلیدی : شناورهای تندرو - A.C.I – راندمان دینامیکی

مقدمه:

با توجه به روند روبه رشد فن آوری های مربوط به طراحی شناورهای تندرو ، ابداع روشهای خاص جهت بهبود رفتار دینامیکی این گونه شناورها نیز همواره با فناوری های مربوطه رشد نموده است اصول اولیه و مفاهیم علمی اکثر این گونه روش ها با توجه به هدف واحد تمامی آنها تقریبا یکسان است به عنوان مثال کاهش سطح خیس شده شناورها هدف نهایی تمامی روش های افزایش سرعت می باشد[1].

باتوجه به تنوع متدها و روش های اشاره شده درصد موفقیت هر کدام به میزان ارتباط این روش ها با فیزیک حاکم بر شناورهای تندرو وابسته است روش کنترل اتوماتیک و بهبود رفتار از جمله روش هایی است که بر اساس استفاده سیستم از توانایی های فیزیکی شناور های تندرو کیفیت دینامیکی را بهبود می بخشد در این روش که تشریح تئوری ان در در بخش بعد آمده است با استفاده از توزیع فشار کف شناور و تغییر در فرم آن موقعیت شناور در سطح آب به وضعیت بهینه نزدیک می شوند و رفتار شناور اصلاح می شود .

با توجه به این که در سرعت های بالا $V>35knots$ فشار دینامیکی کف شناور با توان دوم سرعت تغییر می کند لذا نیروی ناشی از این فشار بالا نیرویی است که با در نظر گرفتن شرائط فیزیکی حاکم به آن بکار گرفته شود، می تواند کمک موثری در کنترل و اصلاح بهینه رفتار شناور داشته باشد و نحوه کنترل رفتار در این روش از نظر مفهومی تابع سه پدیده فیزیکی ذیل می باشد:

۱- تغییر توزیع فشار کف شناور از نظر توزیع طولی فشار
۲- ایجاد عدم تقارن در توزیع فشار عرضی در عرض شناور
۳- ایجاد رابطه میان توزیع فشار و رفتار دینامیکی شناور

نحوه ایجاد عدم تقارن توزیع فشارعرضی و تغییرات توزیع فشار طولی با استفاده از حرکت عمودی تیغه های با ابعاد کوچک می باشد که بسته به نوع طراحی در یک یا چند نقطه(یا مقطع) از شناور به تعداد قرار می گیرند و نکته قابل ذکر که بعدا نیزاجمالا بیان می شود این نکته است که تعداد این تیغه ها در عرض شناور و در مقطع بکار رفته عموما در هر نیم عرض شناور بیش از دو می باشد و با ایجاد قابلیت حرکت هر کدام می توان همزمان در یک مقطع عرضی توزیع فشار نا متقارن ایجاد نمود که با استفاده از آن حرکات رول و پیچ شناور کنترل می شوند و افزایش سرعت نیز

با استفاده از کاهش سطح خیس شده و جایگزین هوا به جای آب در پشت تیغه های عمودی بدست می آید در بخش های بعد تشریح تئوری حاکم بر این روش ارائه خواهد شد.

تشریح تئوری عملکرد روش A.C.I

استفاده از توزیع فشار کف و تغییرات آن جهت کنترل رفتار شناورهای تندرو از حیث افزایش سرعت و کاهش حرکات دینامیکی شناور و در امواج همواره موضوع مورد بحث بین طراحان و محققان این شاخه از فناوری بوده است و اساس و مفهوم استفاده از گوه و پله های عرضی در شناور های با عدد فروید بالا جهت کنترل تریم و کاهش سرعت به همین روال طرح ریزی شده است.[1]

نتایج تحقیقات تئوری و تست های تجربی تایید کرده است که در شرائطی که در مقاطعی از شناور با سرعت بالا V>35-40 نات تیغه های عمودی از کف شناور به سمت پایین امتداد داده شوند در جلوی این تیغه ها مناطق با فشار بالا ایجاد می شود و سادگی این مفهوم در شکل -۱ بیان شده است و مطابق این شکل در دو نقطه شناور و در عرض مقاطع درنقطه مورد نظر و تیغه های عمودی موسوم به BI که معرف تیغه های عمودی سینه شناور و SI که معرف تیغه های عمودی در پاشنه می باشد تعبیه شده اند.

همانطور که در شکل -۱ نشان داده شده است و پروفیل فشار بدون اثر BI،SI و با در نظر گرفتن اثرات این تیغه ها نشان داده شده است در حالت بدون اثر تیغه ها تریم و میزان بالا آمدن شناور روی سطح آب به همراه سطح خیس شده شناور بر اساس معادلات موقعیت شناور با توجه به سطح خیس شده شناور و تریم دینامیکی از یک طرف و بحث تعادل طولی از طرف دیگر محدود می شود با پایین آوردن تیغه های عمودی BI،SI در جلوی این تیغه ها افزایش فشار زیادی حاصل می شود که از نظر تئوری در سرعت مساوی ، ماکزیمم فشار ایجاد شده در جلوی تیغه ها با فشار حداکثر در حالت بدون اثر آن قابل مقایسه است و در پشت BI با توجه به جدایی جریان هوا جریان می یابد با توجه به تغییرات توزیع فشار درمجموع نیروها و ممانهای وارده بر شناور تغییر می یابند و لذا بر اساس نتایج حاصله که در بخش تست نتایج آن ارائه می شود ، مقاومت شناور بین 20-10 در صد کاهش می یابد و کیفیت دینامیکی شناور بهبود می یابد ذکر این نکته لازم است که نیروها و ممانهای عمل کننده روی کف شناور در این حالت نه تنها به سرعت شناور بلکه به عوامل ذیل وابسته است:

- میزان امتداد تیغه ها بصورت عمودی در کف شناور
- موقعیت نسبی و تعداد و ارنجمنت تیغه ها نسبت به مرکز ثقل شناور
- نوع جانمایی و تعداد تیغه ها در عرض شناور

با کنترل موقعیت تیغه ها در عقب و جلوی شناور و کنترل تریم اپتیموم و زوایای دینامیکی در موج و رفتار بهینه در آب آرام ، می توان رفتار مناسب در دریای مواج را نتیجه گرفت.

نهایتا بر اساس موارد فوق که مبانی و مفهوم تئوری روش A.C.I می باشد ; گام اصلی این است که این تئوری در شرائط واقعی به چه نحوی استفاده می شود که ذیلا تشریح می شود.

شرائط کاربرد تئوری A.C.I در شرائط عملکرد واقعی

علیرغم سادگی و قابل درک بودن تئوری این روش و قابلیت اطمینان از اثر بخشی آن نکته اساسی نحوه به کارگیری آن در شرائط واقعی می باشد عموما این نوع مباحث صرف نظر از موارد پیچیده محاسبات تئوری با مدل تست و تصدیق طرح های تئوری با استفاده از نتایج کارهای آزمایشگاهی و تحقیقات همراه است و بطور خلاصه از نظر عملکردی سوالات ذیل در رابطه با کاربرد این روش مدنظر می باشد:

- میزان اثر بخشی A.C.I و تصدیق آن
- نحوه کنترل آن و رابطه آن با حرکات شناور
- مکانیزم و سخت افزار مربوطه

در این رابطه طبق تحقیقات انجام شده بر روی شناورهای نمونه و تحقیقات گسترده انجام شده توسط مرکز تحقیقات کریلف روسیه میزان اثربخشی این روش به اثبات رسیده که در بخش مربوطه ارائه می شود و در رابطه با نحوه کنترل و انجام آن با استفاده از تست مدل شناور طیق مراحل ذیل به انجام می رسد:

- تعین منحنی رفتار شناور بر اثر عملکرد و اندرکنش میان BI،SI و شناور و ثبت رفتار خروجی آب آرام و موج .
- محاسبات مربوط به طراحی سیستم کنترل با استفاده از تابع تبدیل خروجی شناور بر اثر عملکردA.C.I

- تعین محدودیت ها و معیارهای مقبولیت رفتاری شناور
- طراحی و ساخت مکانیزم مربوط به اندازه گیری و کنترل رفتار که مستقیما به تیغه ها وصل است
- تست نمونه واندازه گیری اثربخشی و بهینه سازی

مراحل فوق وابسته به نوع شناور و رفتار آن انجام می شود و نهایتا شکل-۲ نحوه عملکرد واقعی این سیستم را نشان می دهد.

نهایتا بر اساس دیاگرام شکل -۲ در شناور واقعی پس از اندازه گیری حرکت سیستم کنترل اتوماتیک A.C.I بر اساس تابع تبدیل بدست آمده از مدل تست بصورت اتوماتیک و منوال با حرکات موزون تیغه ها توسط سیستم هیدرولیک که به سیستم کنترل اصلی متصل است رفتار اپتیموم را برای شناور تضمین می کند.

دامنه کاربرد سیستم A.C.I و ترکیب مورد استفاده

باتوجه به تحقیقات و کارهای عملی انجام شده این سیستم قابل کاربرد بر روی شناورهای تندرو با مشخصات ذیل می باشد:

- Displacement: 10-2000 tons
- Planing – semi planing hull form
- Speed: 20-80 knots

دامنه کاربرد این سیستم برای انواع شناورهای تندرو شامل موارد ذیل کاربرد دارد:

- شناورهای سریع السیر گشتی و پلیس
- شناورهای نیروبر و مسافربر
- شناورهای تندرو نجات در دریا
- شناورهای تندروی نظامی کوچک و متوسط
- شناورهای مسابقه ای و تفریحی

لازم به ذکر است که نوع ترکیب تیغه ها و ارنجمنت و تعداد آنها دقیقا به طول شناور ، وزن ، ماموریت شناور، مرکز ثقل، سرعت، نیازمندیهای حرکت در دریای مواج، و شرائط حرکت شناور وابسته است ولی به عنوان یک قانون کلی

در شناورهای کوچک باوزن جدود ۱۰تن می توان سیستم SI را بدون سیستم کنترال اتوماتیک بکار برد و در حالت معمولی شناورهای مختلف دیاگرام شکل-۳- ترکیب های احتمالی نحوه قرارگیری و تعداد تیغه ها را در سینه و پاشنه شناورها نشان میدهد به عنوان مثال در این شکل عبارت 4B2S بیانگر وجود ۴ عدد تیغه در مقطع سینه (BI) با دو تیغه در طرفین و ۲عدد تیغه در پاشنه با یک تیغه در هر طرف می باشد.

ارائه نتایج تست و تعین میزان اثربخشی سیستم A.C.I

باتوجه به ماهیت تجربی بودن این روش و ذکر این نکته که عملا بدون انجام یکسری تست ها و آزمایشات تجربی حداقل برای هر نمونه از شناورها سیستم مناسب با مشکلات فراوانی همراه خواهد بود ، لذا در این بخش نتایج تست های انجام شده بر روی مدل و شناور اصلی به عنوان چند نمونه از مصداق های نیز کاربرد سیستم A.C.I جهت افزایش راندمان دینامیکی شناورها جهت تصدیق اثربخشی این روش ارائه می شود و نهایتا مزایای رقابتی آن معرفی می شوند.

این نتایج در دو نمونه شناور ، یکسری شناور یا شناورهای تست شده توسط مرکز تحقیقات کریلف و نوع دوم شناورهای طراحی شده توسط نگارنده که تست مدل با همکاری نگارنده و این مرکز انجام شده است ارائه می شود.

۱. مرکز تحقیقات کریلف روسیه تحقیقات و آزمایشات زیادی جهت تعین میزان اثربخشی سیستم A.C.I انجام داده است و گراف نشان داده شده در شکل ۴- رابطه میان دامنه نسبی پیچ و حرکت عمودی شناور را بصورت نسبت این مقادیر با اثر و بدون اثر سیستم A.C.I بصورت تابعی از عدد فروید نشان می دهد و این گراف ها نتیجه تست های انجام شده بر روی مدل شناورهای مختلف می باشد که بر اساس آن بسته به سرعت شناور کاهش نوسانات حرکت دینامیکی شناور از ۵۰-۴۰٪ می باشد. لازم به ذکر است که اکثر مدل شناورهای استفاده شده در این گراف شناورهای بابدنه سرعتی بوده اند.[2]

۲. نتایج مشابه برای شناورهای تندرو با Fn=2.70 در دریای مواج (H=2.om) نشان میدهد که دامنه حرکت پیچ تاحدود ۶۰٪ و رول تا ۳-۲ برابر کاهش یافته است. نتیج تست نشان میدهد که سرعت این شناور ۲نات افزایش یافته که در سرعت ثابت با ۱۰٪ کاهش توان همراه می باشد .[2].

۳. نتایج تست شناور با وزن ۲۵۰تن با سیستم A.C.I بصورت کاهش حرکات دینامیکی در حالت مختلف دریا و اثرات مربوطه بر A.C.I به روی سرعت و قدرت موتور در شکل ۵ نشان داده شده اند.

۴. نمونه دوم شناور کاتاماران ۱۵ متری می باشد که پس از طراحی و ساخت مدل در مرکز تحقیقات کریلف تست شده است و با وزن حدود ۲۰تن و سرعت ۵۰ نات با سیستم A.C.I تست شده است و کاربرد این روش به روی شناور اثرات مثبت قابل توجهی را همراه داشته است که به شرح ذیل می باشند:[3]

- با توجه به عدم تعادل طولی در Xg=0.30 (موقعیت نسبی مرکز ثقل) در حالت عادی ، با استفاده از AC.I تریم در این مرکز ثقل کاهش یافته و تعادل طولی به ازاء سرعت های بالاتر بدست آمد.
- با استفاده از A.C.I دامنه حرکات رول و حرکت عمودی شناور قابل توجه کاهش یافت.
- نتایج کاهش حرکات دینامیکی این شناور درا شکا ل ۶و۷نشان داده شده است.
- با توجه به نتایج تست می توان در نظر گرفت که حرکات دینامیکی ۴-۲ برابر کاهش یافته است.

نهایتا به اساس نتایج تست های انجام شده مزایای رقابتی ذیل را می توان از جمله نقاط قوت این سیستم در نظر گرفت:

- کاهش رول به نسبت ۵-۲ وکاهش پیچ به نسبت ۱,۵-۱,۲ برابر
- کاهش شتاب عمودی بین ۵۰-۲۰٪
- کاهش مقاومت شناور بین ٪۲۰-۵ و افزایش ٪۱۵-۵ سرعت در موج و آب آرام
- کاهش مقاومت و نهایتا توان لازم برای عبور از مقاومت hump به اندازه ۲۰٪ برای شرائطی که مرکز ثقل به عقب نزدیک باشد

قابل توجه است که وزن کل مجموعه A.C.I از (۰,۴-۰,۰۸)٪ وزن شناور تغیر می کند که به ازاء راندمان مربوطه نا چیز است .

جمع بندی و نتیجه گیری

باتوجه به مفاهیم تئوری و نتایج تست ارائه شده و اثربخشی کاربرد سیستم کنترل اتوماتیک A.C.I جهت بهبود رفتار شناورهای تندرو ، به عنوان جمع بندی می توان این روش را به عنوان یکی از موثرترین روشها با توجه به شرائط و جروجی های آن جهت افزایش راندمان شناورهای تندرو در آب آرام و موج درنظر گرفت که درطراحی شناورهای جدید و کاربرد در شناورهای موجود قابل استفاده است.

تشکر و قدردانی

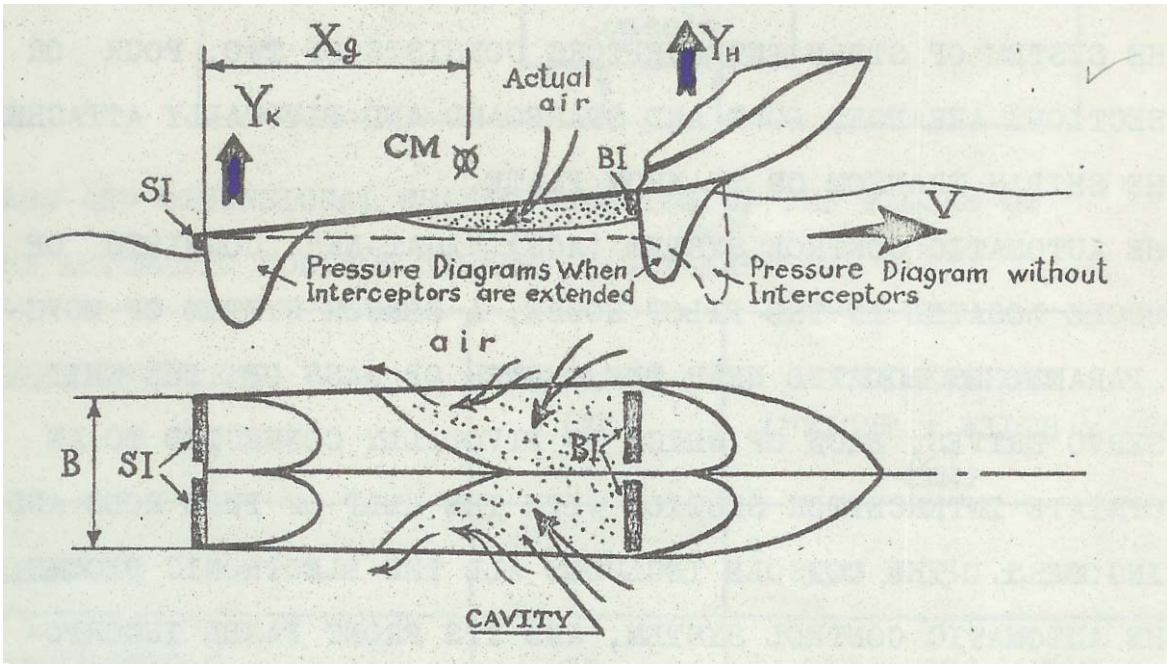
از زحمات و همکاری مسئولین و محققان آزمایشگاه هیدرودینامیک مرکز تحقیقات کریلف که در رابطه با تست و مشاوره همکاری نموده اند تقدیر و تشکر به عمل می آید.

منابع ومراجع

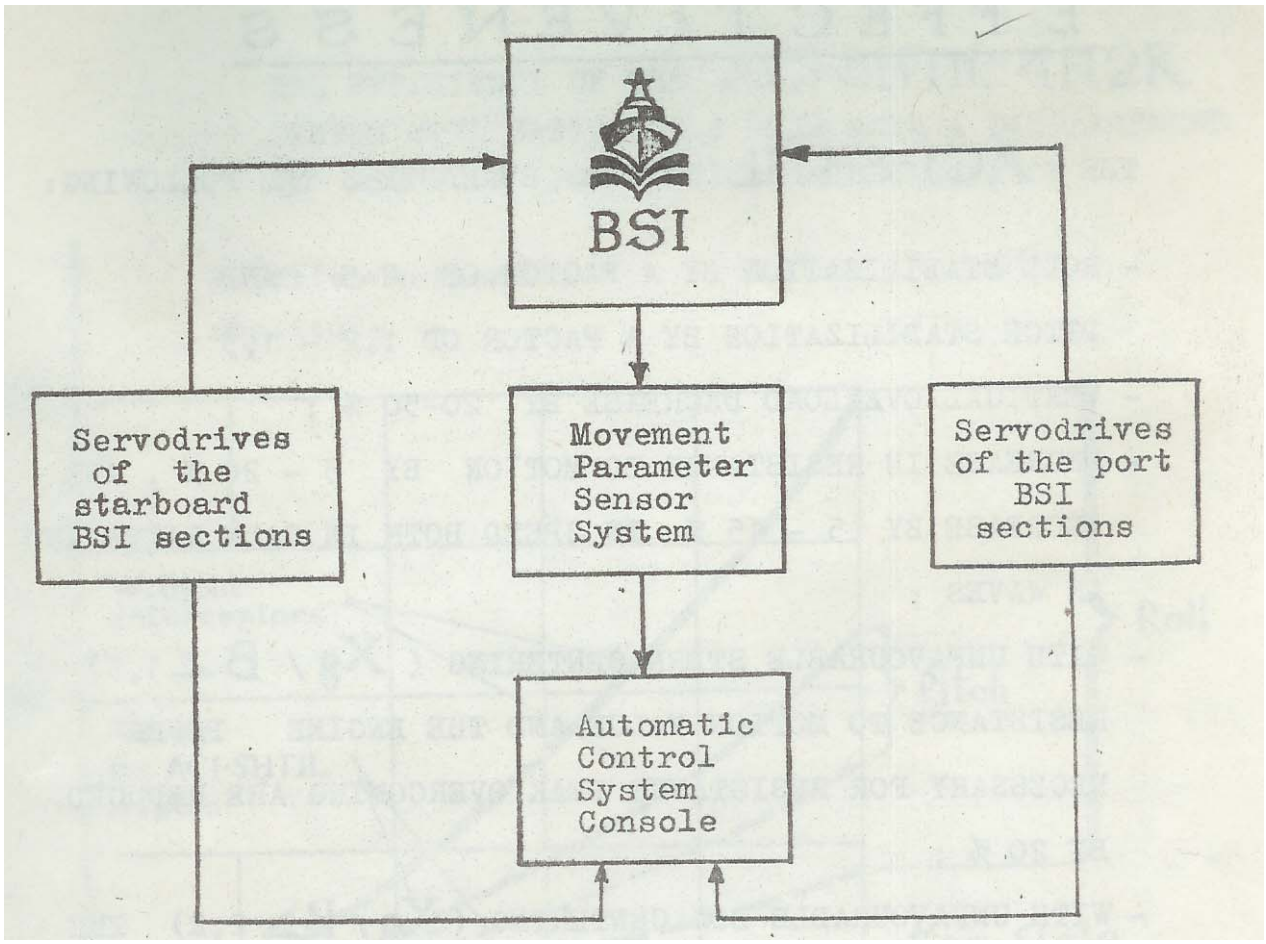
[1]-Mohammad Hossein Karimi,"Hydrodynamic quality improvement techniques for high speed planning crafts",7thconferenceon marine industries,Tehran,Jan.2006.

[2]-KSRI,"A radically new system for high speed ship motion stabilization and speed increase based on Automatically controlled interceptors",Report.2002.

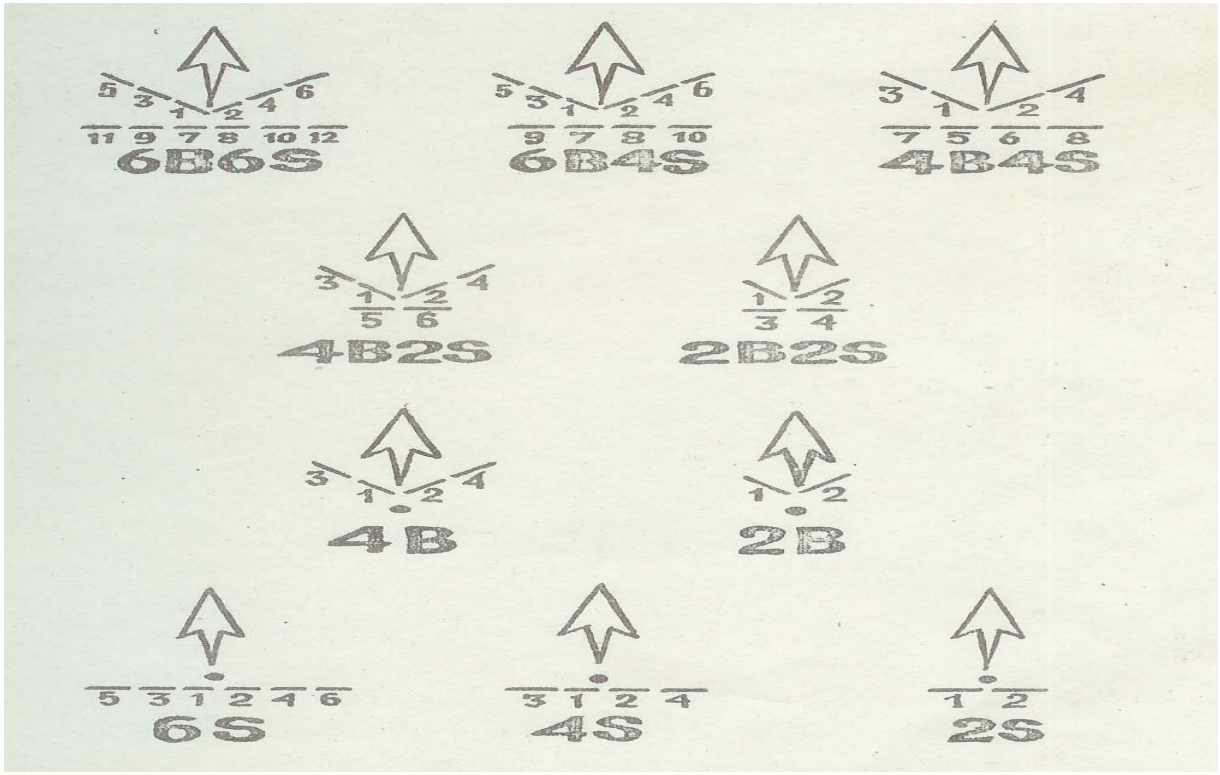
[3]-KSRI,"Evaluation of effectiveness of automatically controlled interceptors for decrease of oscillations of high speed catamaran",Report.2004.



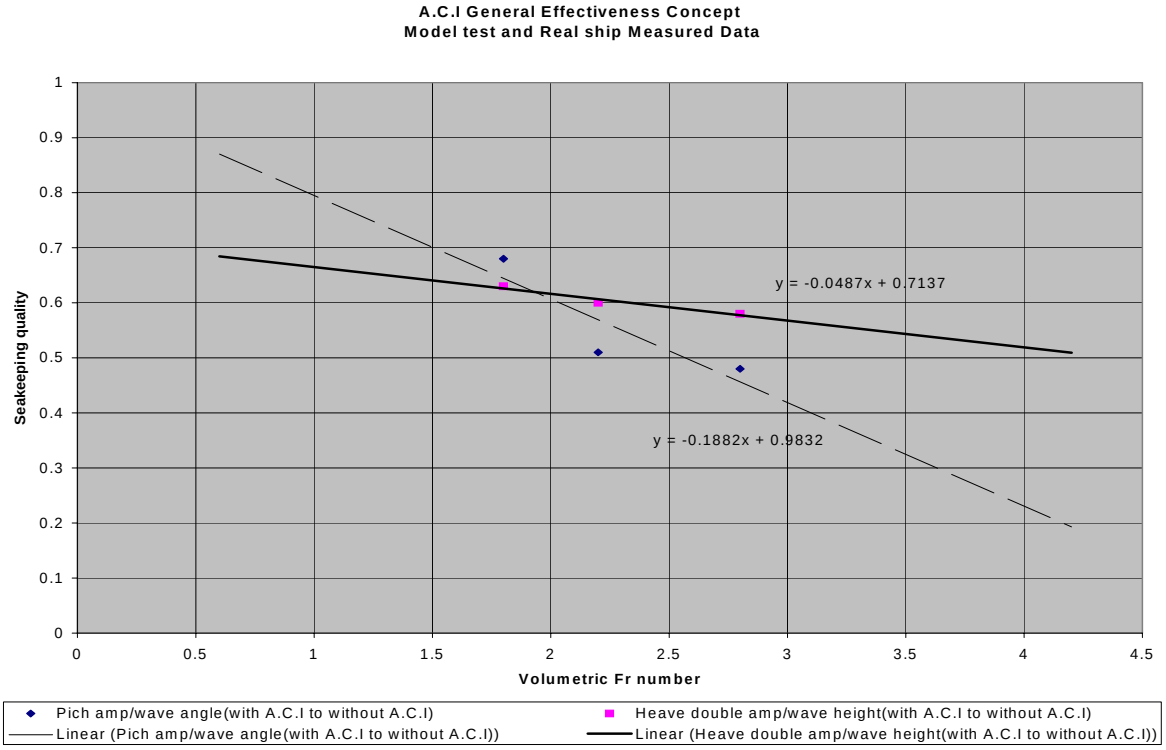
شکل -۱- نحوه عملکرد تیغه ها در سینه و پاشنه شناور



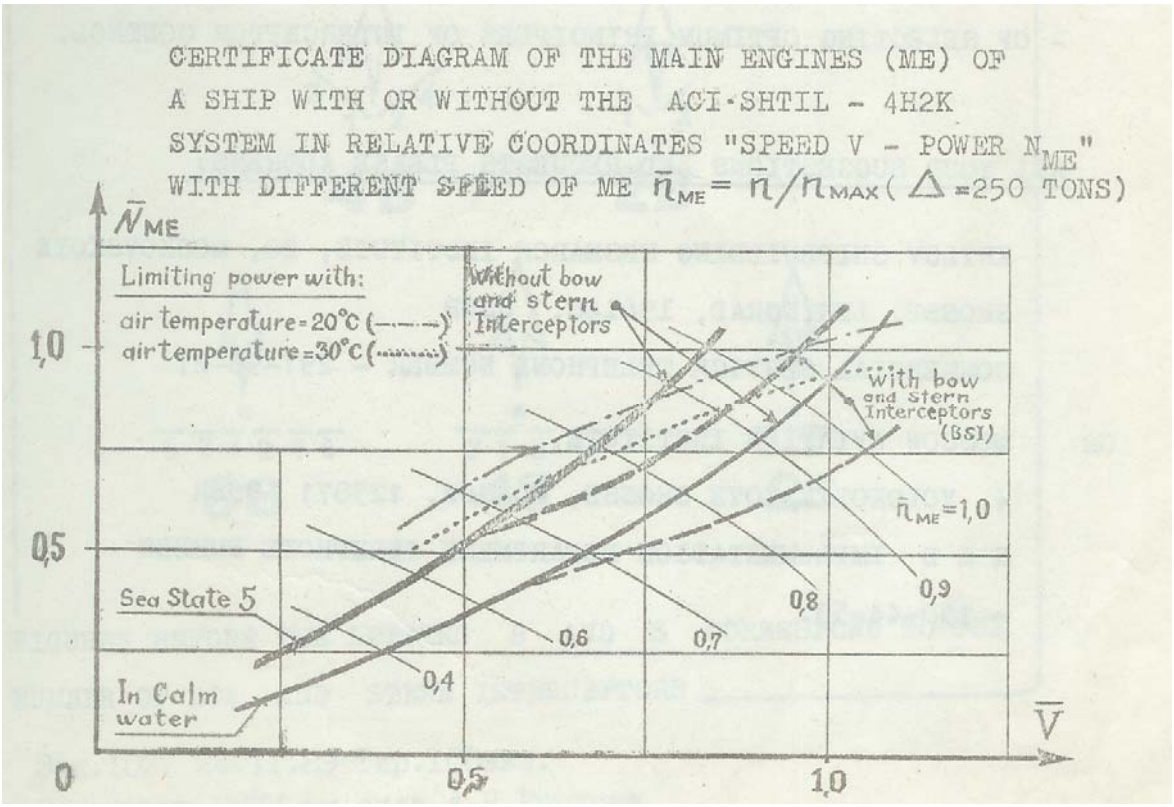
شکل-۲- دیاگرام نحوه عملکرد سیستم A.C.I



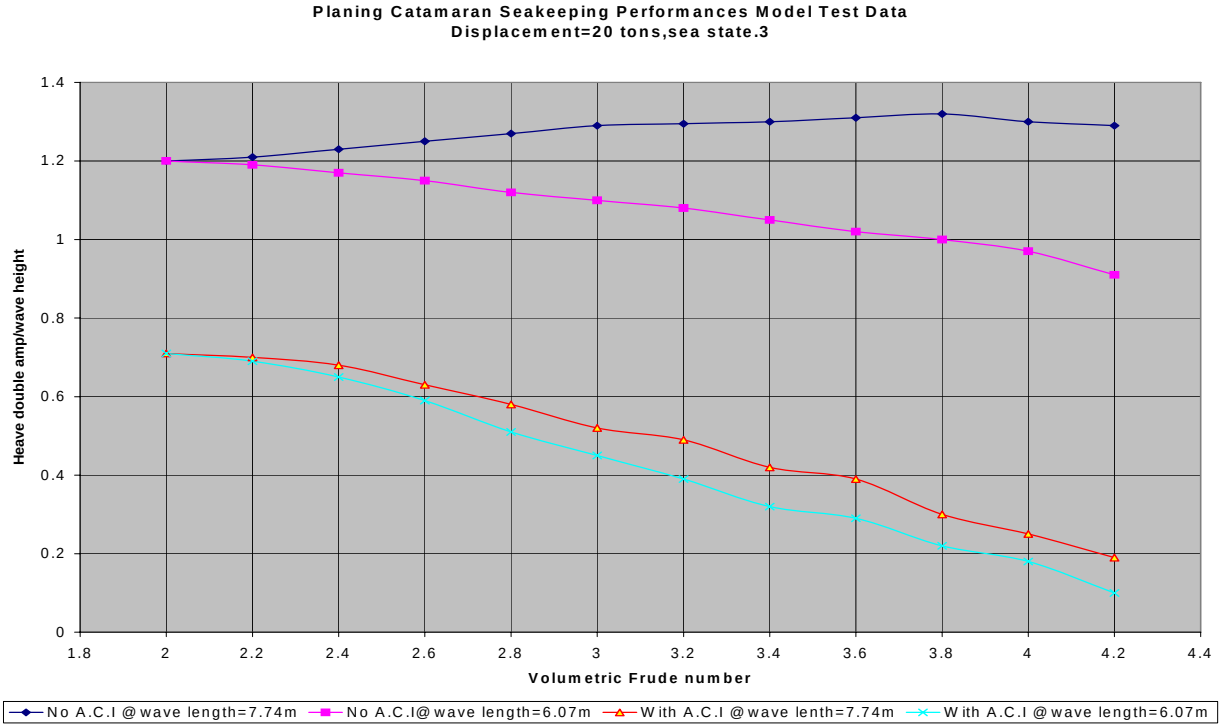
شکل-۳- ترکیب های احتمالی نحوه قرارگیری تیغه ها



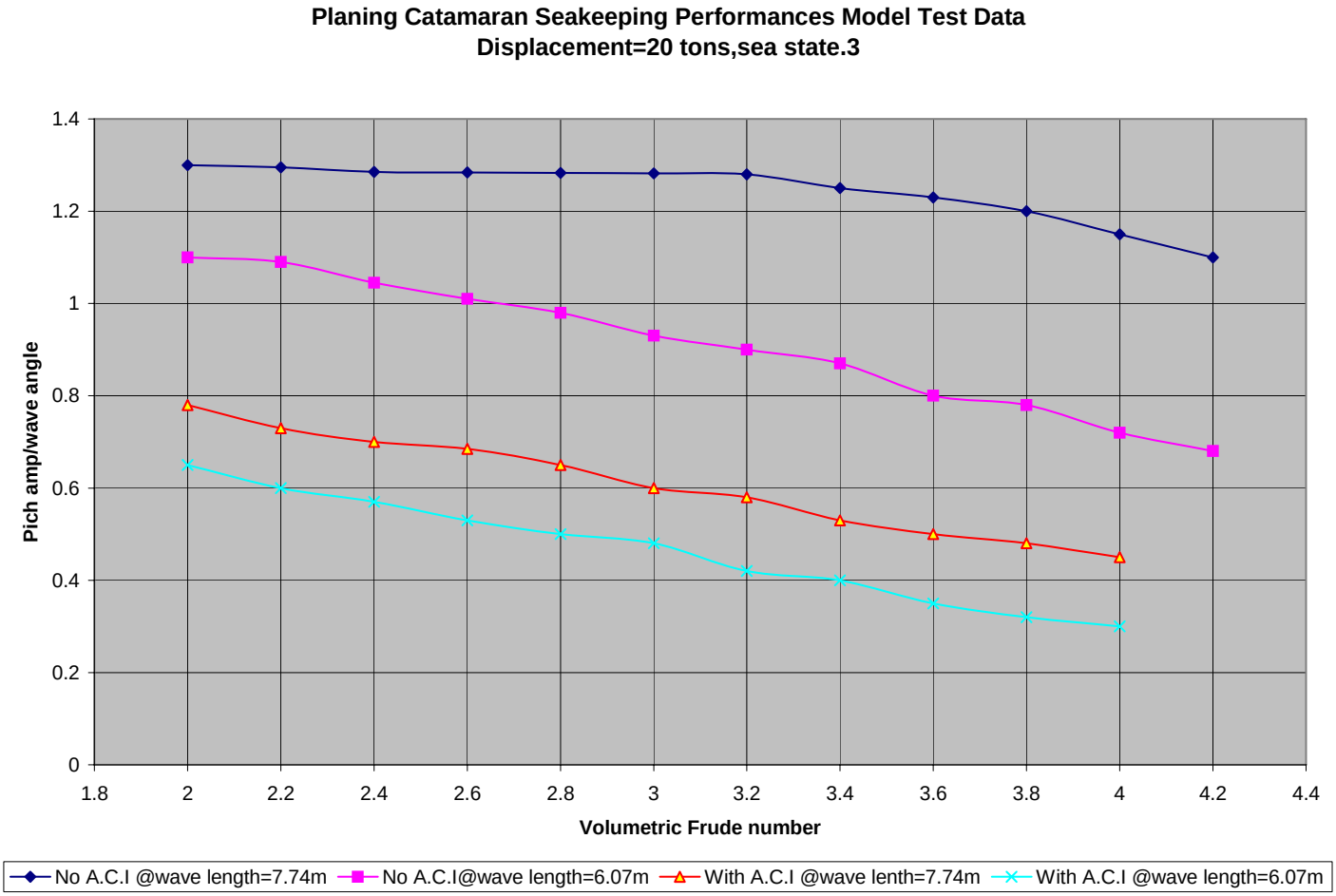
شکل ۴- مفهوم اثربخشی سیستم A.C.I براساس نتایج تست



شکل-۵- نتایج تست شناور ۲۵۰تن و افزایش سرعت



شکل-۶-نتایج تست شناور کاتاماران و کاهش حرکت عمودی



شکل-۷-نتایج تست شناور کاتاماران و کاهش حرکت pitch