نهمین همایش صنایع دریایی
یکم لغایت سوم آبانماه ۱۳۸۶
نور ـ استان مازندران
Archive of SID

بهبود رفتار دینامیکی شناور در موج با تغییر قسمت بالاتر از خط آب بدنه شناور

۱.نوشین گل افشان
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشتی سازی،دانشگاه صنعتی امیر کبیر
n_golafshan@yahoo.com
۲.حمید زراعتگر
استادیار دانشکده کشتی سازی،دانشگاه صنعتی امیر کبیر
hamidz@cic.aut.ac.ir

چکیده:

دینامیک کشتی در امواج تابع فاکتورهای مختلفی از جمله سرعت کشتی، سایز کشتی ،زاویه برخورد موج و ارتفاع موج است.این عوامل باعث ایجاد پدیده هایی چون خیسی عرشه، خروج پروانه از آب ،شتابهای بالا و اسلمینگ می شود که هر کدام نتایج منفی را برای سازه و خدمه و مسافر و بار در پی خواهد داشت.بنابراین رفتار کشتی در امواج دریا و پیش بینی این حرکات در شرایط مختلف از اهمیت بالا یی برخوردار است . در مرحله طراحی کشتی فاکتورهایی در نظر گرفته می شود که البته جوابگوی شرایط آرام دریاست.کنترل اصلی حرکات کشتی به عهده کاپیتان کشتی با در اختیار داشتن سرعت و زاویه هدینگ کشتی می باشد.در این مقاله سعی شده تا در مرحله طراحی با تغییر در خطوط بدنه در قسمت بالای خط آب رفتار دینامیکی شناور بهبود یابد. این بررسی توسط نرم افزار statek انجام شده ودرصد تغییرات دامنه حرکات در امواج منظم و نامنظم برای شناورهای سری ۶۰ استخراج شده است.

کلمات کلیدی: strip theory,seakeeping,statek

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه :

یکی از شاخه های هیدرودینامیک کشتی ،seakeeping یا دینامیک رفتار کشتی در امواج است. با توجه به اینکه کلیه مراحل طراحی و ساخت یک شناوربا فرض آب آرام در نظر گرفته می شود ،بایستی رفتار وحرکات کشتی در موج بطور جداگانه مورد تحلیل و بررسی قرار داد تا بتوان رفتار قابل قبولی را برای شناور درشرایط واقعی دریا تعیین کرد. کشتی به عنوان یک جسم صلب دارای شش درجه آزادی است. این درجات سه حرکت خطی سرج ،اسوی ، هیو و سه حرکت زاویه ای رول، پیچ و یاو می باشد.

بهینه سازی رفتار دینامیکی شناور در موج با تغییر فرم بدنه کشتی منجر به تغییر دیگر عملکردهای هیدرودینامیکی شناور میگردد. ایده ای که در اینجا مطرح است آنستکه فرم بدنه کشتی را چنان تغییر دهیم که تنها رفتار دینامیکی شناور در موج بهبود یابد. زمانیکه کشتی حرکات دینامیکی انجام میدهد، تنها قسمت زیر آب بدنه کشتی نیست که در مقدار دامنه حرکات کشتی موثر است، بلکه قسمت بالای خط آب کشتی بهنگام نوسانات در دینامیک رفتار شناور موثر است. قسمت بالای خط آب طراحی بصورت تئوریک تغییر داده شده (افزایش) و اثر آن بر روی رفتار دینامیکی شناور مورد مطالعه قرار میگیرد.

اساس کار بشرح زیر است:

۱- خطوط بدنه مشخصی همانند سری ۶۰ بصورت سیستماتیک انتخاب شده و دینامیک آن (عمدتا در صفحه عمودی) محاسبه میگردد.

۲- مقدار سطح صفحه آبخور بالاتر از خط آب طراحی بصورت سیستماتیک افزایش داده شده و مجددا رفتار دینامیکی شناور محاسبه میگردد.

۳-تغییرات بعمل آمده در دینامیک شناور بدلیل تغییر صفحه آبخور بالای خط آب طراحی ،آنالیز میگرددو بعنوان یک نتیجه ارائه میگردد.

مقاومت کشتی ناشی از فرم بدنه،ابعاد و سرعت کشتی است .پارامترهای زیادی برای بدنه کشتی جهت تحلیل مقاوت تعریف می شود .پارمترهای وابسته حذف می شود .معمولا یکی از طول ها

www.SID.ir

در نظر گرفته شده ودیگر ابعاد به غیر از سطح خیس شده حذف می گردند.وجود بالب سینه در اعداد فرود پایین کارایی بهتری برای کاهش مقاومت دارد. مقاومت برای سینه Uشکل وپاشنه Vشکل کمتر از سینه Vشکل وپاشنه Uشکل است. سینه و پاشنه Uشکل مقاومت کمتری نسبت به حالت Vشکل دارند.خطوط بدنه نامناسب در حالت کلی باعث افزایش مقاومت است.

دربحث مانور از آنجا که با ایمنی کشتی در ارتباط است ،شناور باید قابلیت مانور (حرکت در مسیرمستقیم، تغییر مسیر حرکت، دور زدن ،شتاب گرفتن ، ترمز کردن و به عقب حرکت کردن) بالا برای جلوگیری از تصادف و برخورد با موانع در شرایط مختلف عملیاتی داشته باشد.

طراح و سازنده کشتی برای حصول از اینکه مانور کشتی مناسی با معیارهای عملیات پذیری باشد در مرحله طراحی نسبت ابعادی مناسبی را در نظر می گیرد.فرم بدنه اگرچه بر اساس حداقل مقاومت و حداکثر راندمان سیستم رانش طراحی می گردد اما تا حدی به مانور نیز وابسته می گردد.نوع و هندسه سکان متناسب با نوع کشتی و شکل پاشنه طراحی می گردد.

به طور کلی مانور کشتی تحت تاثیر فرم بدنه، سیستم کنترلی وسیستم رانش می باشد.این فاکتورها بر روی رفتار هیدرودینامیکی شناور در مانور اثر می گذارد.کشتی های کوچک راحتر از خطر تصادف می گریزند.هرچه کشتی آبخور بیشتری داشته باشد از توانایی حفظ مسیر بهتری برخوردار است.کشتی های لاغر در مقایسه با کشتی های چاق توانایی حفظ مسیر بهتری دارند اما در مورد دور زدن کشتی های لاغر توانایی کمتری دارند.

دینامیک کشتی در امواج تابع فاکتورهای مختلفی از جمله سرعت کشتی، سایز کشتی ،زاویه برخورد موج و ارتفاع موج است.این عوامل باعث ایجاد پدیده هایی چون خیسی عرشه، خروج پروانه از آب ،شتابهای بالا و اسلمینگ می شود که هر کدام نتایج منفی را برای سازه و خدمه و مسافر و بار در پی خواهد داشت.

افزایش سرعت در فرکانس های مختلف تغییرات متفاوتی در دامنه حرکات دارد.دامنه حرکات با افزایش فرکانس (طول موج کوچکتر) کاهش می یابد. افزایش سرعت و فرکانس باعث کاهش دامنه حرکات رول، اسوی و یاو می شود.هرچه سایز کشتی بزرگتر باشدRMS حرکات کاهش بیشتری خواهد داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب دمپینگ حرکت رول به صفحه آبخور،شکل مقاطع و ضریب ظرافت بدنه بستگی دارد.هرچه صفحه آبخوربزرگتر باشد ضریب دمپینگ بزرگترخواهد بود.برای مقاطعVشکل ،مقدار این ضریب بزرگتر است.با افزایش سرعت و بزرگتر شدن ضریب ظرافت بدنه ضریب دمپینگ کاهش می یابد.

در مرحله طراحی برای دینامیک کشتی در امواج مواردی در نظر گرفته می شود که پاسخگوی حرکات کشتی در امواج نامنظم در شرایط مختلف دریا و پدیده های ناشی از موج نیست.برای جلوگیری از خیسی عرشه ،افزایش فری بورد و جهت مقابله با ضربه ها و تنش های ناشی از کوبش کف ،تقویت سازه ای را در نظر می گیرند.برای کاهش حرکات رول از انواع انواع متعادل کننده ها (فین،بیلج کیل،تانک و...)استفاده می گردد.خطوط بدنه بر اساس حداقل مقاومت در سینه و بالاترین کارکرد پروانه طراحی شده است.لذا در شرایط مختلف دریاو عملیاتی ،کاپیتان با تغییر سرعت و زاویه هدینگ کشتی ،دینامیک و حرکات آنرا کنترل می کند.

۲-تعریف مسئله

هدف ما در این مسئله بهبود رفتار دینامیکی یک کشتی در امواج است.به نظر می رسد تغییر شکل بدنه کشتی راهکار مناسبی باشد.اما باید در نظر داشت که تغییر شکل بدنه منجر به تغییر در مقاومت و عملکرد پروانه خواهد داشت.حتی می تواند رفتار مانور کشتی را تحت تاثیر قرار دهد.از آنجایی که بدنه بر اساس دیگر رفتارهای هیدرودینامیکی کشتی بهینه شده است،هر گونه تغییر در خطوط بدنه کشتی نگرانی جدی را در افزایش مقاومت کشتی و کاهش راندمان پروانه در پی خواهد داشت.سوال اساسی که در اینجا مطرح می شود آن است که چگونه می توان با تغییر فرم بدنه ،رفتار دینامیکی شناور را در موج بهبود بخشید ولی مقاومت و راندمان پروانه در همان شرایط قبلی حفظ کرد.این مقاله سعی در ارائه راه حلی بدین منظور دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-راه حل پیشنهادی

هنگامی که کشتی در آب آرام با سرعت ثابت در حال حرکت است علی رغم وجود Hogging و Sagging ، می توان فرض کرد که تنها بخش تاثیرگذار بدنه بر روی مقاومت شناور،قسمت زیر خط آب است.بنابراین هرگونه تغییردر قسمت های بالاتر از خط آب نباید تاثیری بر مقاومت شناور و کارکرد پروانه داشته باشد.با همین استدلال، مانورشناور در آب راکد نیز تاثیر قابل توجهی از هندسه بدنه بالای خط آب نمی پذیرد.

ایده ای که در این مقاله بدان پرداخته شده است آنستکه قسمت بالای خط آب کشتی را به گونه ای تغییر دهیم که کشتی به هنگام دینامیک و درگیر شدن سیال با این قسمت از بدنه (قسمت اصلاح شده بالای خط آب) در جهت کاهش رفتار دینامیکی شناور عمل کند.آیا این راه حل امکان پذیر است؟

برنامه Statek دینامیک حرکت کشتی را بر اساس قسمت زیر خط آب بدنه محاسبه می کند و هیچکدام از اطلاعات مربوط به قسمت بالای خط آب بدنه را برای انجام محاسبات دخیل نمی کند.در این راهکار ابتدا برنامه برای کشتی اصلی(عرض و ضریب مقطع و آبخورمشخص) در سرعت و زاویه برخورد موج معین اجرا و دینامیک کشتی در بازه فرکانس بدست می آید.سپس عرض و ضریب مقاطع بالای خط آب در دو مرحله جداگانه بصورت سیستماتیک افزایش می یابد.این افزایش بیشتر در قسمت سینه و پاشنه مشهود است.بعد از این اصلاح روی بدنه اطلاعات کشتی تغییر یافته به برنامه داده شده و دامنه حرکات مجددا استخراج می گردد.

از آنجا که برنامه فوق توانایی محاسبه دینامیک با استفاده از بخش زیر آبی را داراست وخط آب کشتی در هنگام دینامیک کشتی تغییر می کند،بنابراین صفحه آب کشتی نیز ثابت نخواهد ماند و با نوسان کشتی تغییر می کند.در نتیجه خط آب در تماس با قسمت تغییر یافته و اصلاح شده بدنه خواهد بود و متوسط صفحه آبخور نیز نسبت به کشتی اصلی بزرگتر می شود.ما این جابجایی خط آب و تغییرات صفحه آبخور را بصورت افزایش درصدی روی عرض و ضریب مقطع کلیه مقاطع در داده های ورودی برنامه در نظر می گیریم.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-مدل ریاضی ونرم افزارها و متغیرها

بـر ایـن اسـاس،تغییر خطـوط بدنـه در قـسمت بـالای خـط آب اسـت کـه رفتـار دینـامیکی کـشتی را بهبـودمی بخـشد.عـرض و ضـریب مقطـع در دو مرحلـه جداگانـه بـصورت سیـستماتیک افـزایش یافتـه و رفتـار دینـامیکی کشتی قبل از تغییر خطوط بدنه و بعد از تغییر خطوط بدنه بدست آمدو با یکدیگر مقایسه می شود.

بـرای انجـام محاسـبات و بدسـت آمـدن حرکـات از نـرم افـزار SATAEK اسـتفاده شـده کـه توانـایی محاسـبه حرکـات اسـوی،یاو،هیو،پیچ و رول، شـتاب وسـرعت نـسبی بـرای هـر تعـداد نقطـه و محاسـبه نیـروی برشـی و ممـان خمـشی ناشـی از امـواج در کلیـه مقـاطع کـشتی را داراسـت.البتـه نـرم افـزار خطـی مـورد اسـتفاده بـرای محاسـبه دینامیـک کـشتی در مـوج توانـایی دخالـت دادن قـسمت بـالای خـط آب را علـی القاعـده ندارنـد.در اینجـا بـا تغییراتـی در قالـب ایـن برنامـه داده شـده ،محاسـبات دینامیـک کـشتی بـا خطـوط بدنـه اصـلاح شـده بالای خط آب بدست آمده است.

۵-مطالعه نمونه

اساس کار به این صورت است کـه اطلاعـات مربـوط بـه بدنـه کـشتی بـرای سـه نمونـه کـشتی بـا ضـریب ظرافـت بدنه های ۰,۶و۰,۷و۰,۷۵ تهیه و از طریـق فایـل ورودی بـه برنامـه داده شـده اسـت.ایـن برنامـه بـر اسـاس تئـوری خطی نواری کلیه محاسبات را انجام وحرکات و دیگر موارد در فایل خروجی برنامه ذخیره می شود.

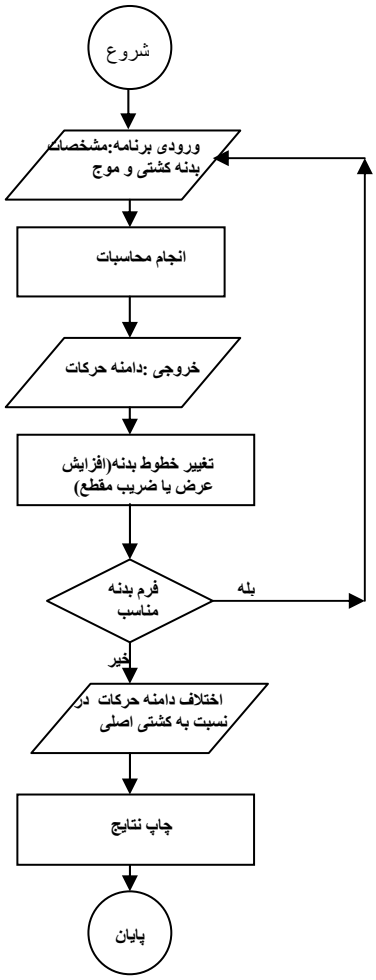
دینامیک حرکات کشتی های مفروض در مـوج مـنظم و نـامنظم بـا دامنـه یـک متـر صـورت گرفتـه اسـت.سـرعت کشتی ۳و۵و۷و۱۰متر بـر ثانیـه فـرض شـده اسـت.کلیـه حرکـات در بـازه فرکـانس ۰,۳تـا ۱,۵ در زوایـای برخـورد ۱۰۵،۱۲۰،۱۵۰و ۱۸۰بدسـت آمـده اسـت.بـرای امـواج نـامنظم از طیـف دوپـارامتری ITTCبـا ارتفـاع موثر۱و۳و۵ متر بـا پریودهـای۵،۶،۷،۸،۹ ثانیـه اسـتفاده شـده اسـت.بعـد از اجـرای برنامـه ،مقـادیر دامنـه حرکـات در کلیـه حـالات(افـزایش پـارامتر عـرض و ضـریب مقـاطع) اسـتخراج و توسـط برنامـه EXCLEنمودارهـای درصد تغییرات حرکات در بازه فرکانس تهیه و بررسی می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱-مشخصات سه کشتی مورد استفاده جهت محاسبات دینامیک کشتی در موج

C_B [-]	0.6	0.7	0.75
L[m]	100	200	350
B[m]	16.6	40	55
T[m]	6.6	12	15
H[m]	9.96	18	22.5
K_{XX}[m]	4.77	11.5	15.81
K_{YY}[m]	25	50	87.5
LE[m]	49.96	99.92	123.24
L.C.G[m]	-2	-1	3.5
M[ton]	6737.94	68880	221976.6
L/B[-]	6	5	6.4
B/T[-]	2.5	3.3	3.7
T/H[-]	0.66	0.66	0.66
BODY Form	Series 60	Series 60	Series 60



شکل ۱-فلوچارت حل مسئله

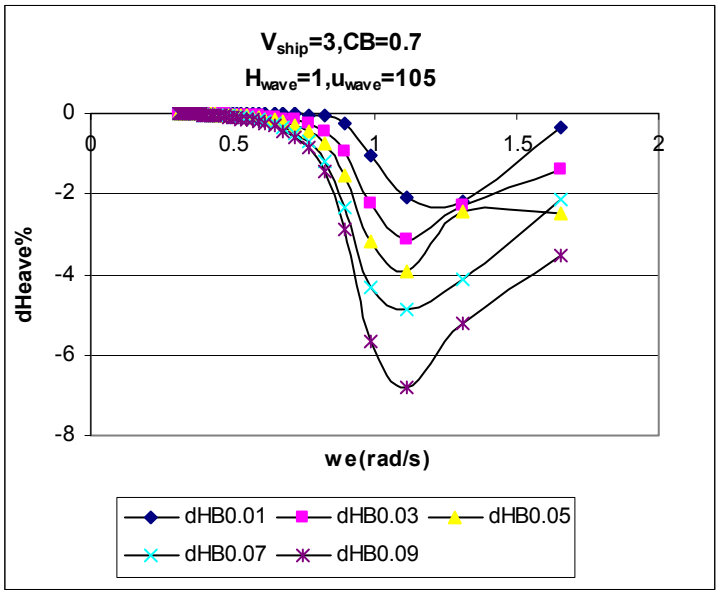
www.SID.ir

Archive of SID

۶-نتایج مطالعه نمونه

-اثر افزایش عرض مقاطع بر دینامیک کشتی در امواج منظم

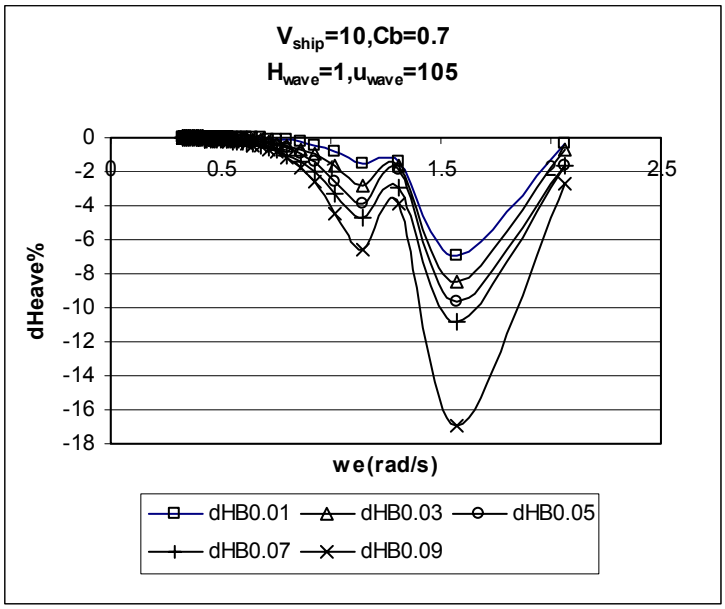
با بررسی حرکات هیو وپیچ در امواج منظم دیده می شود که دامنه حرکت هیو با افزایش عرض مقطع بصورت سیستماتیک در زاویه برخوردثابت ۱۰۵و۱۲۰و۱۵۰ درجه با افزایش سرعت کاهش زیادی داردو بیشترین کاهش با افزایش سرعت در فرکانس های بالا اتفاق می افتد. در زاویه ۱۸۰درجه این کاهش در محدوده فرکانس های خاصی دیده می شود.شکل۲،۳و۴ تغییرات دامنه حرکت هیو را با افزایش یک،سه،پنج،هفت و نه درصدی عرض را در سرعت و زوایای برخورد مختلف نشان می دهد.



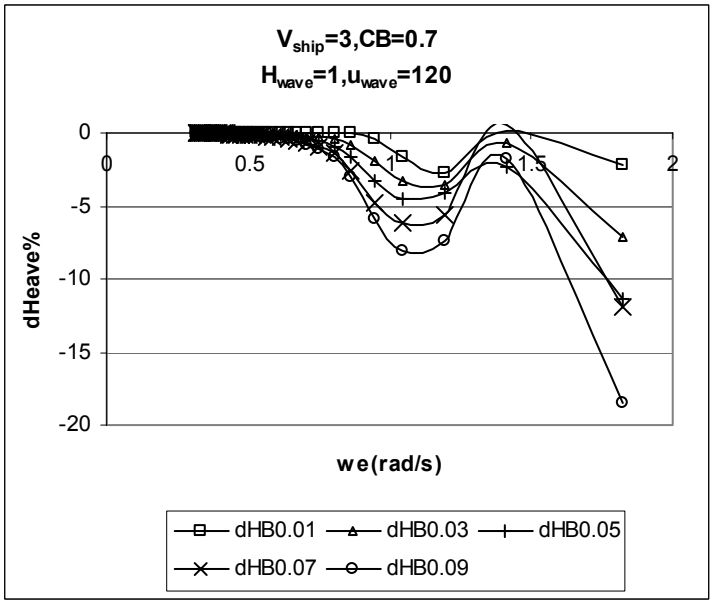
شکل۲-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش عرض در موج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت ۳m/sوزایه برخورد°۱۰۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش عرض درموج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت۱۰ m/s وزاویه برخورد۱۰۵°



شکل۴-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش عرض در موج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت ۳m/s وزاویه برخورد۱۲۰ °

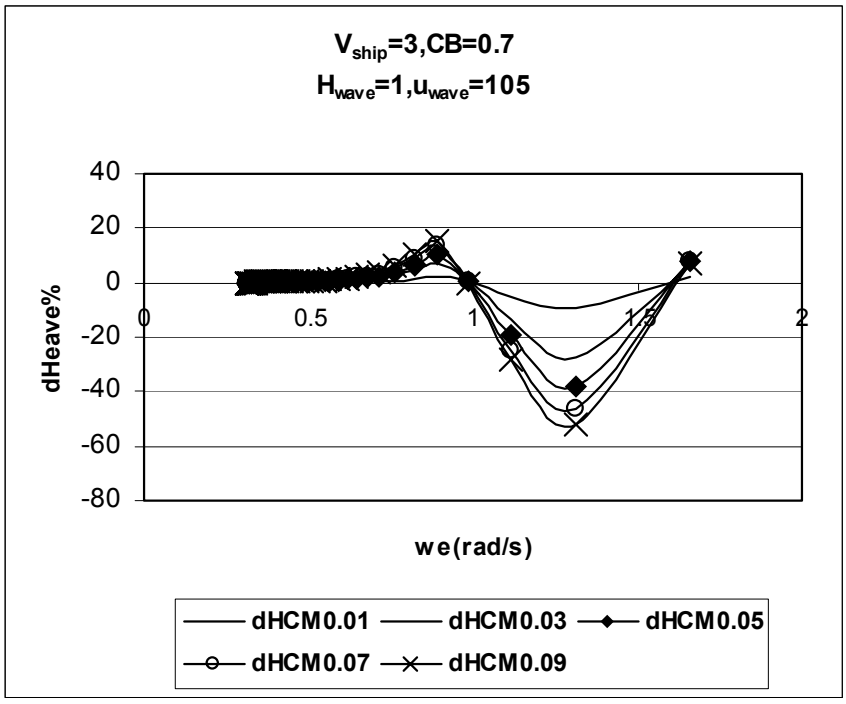
www.SID.ir

Archive of SID

در مورد حرکت پیچ تغییرات مشابه هیو است و برای زاویه برخورد ثابت با افـزایش سـرعت ،کـاهش بیـشتر دامنه حرکات داریم اما اینجا در هر دو زاویه ۱۵۰و۱۸۰ درجه کاهش دامنه در بازه فرکانسی محدودی داریم.

-اثر افزایش ضریب مقاطع بر دینامیک کشتی در امواج منظم

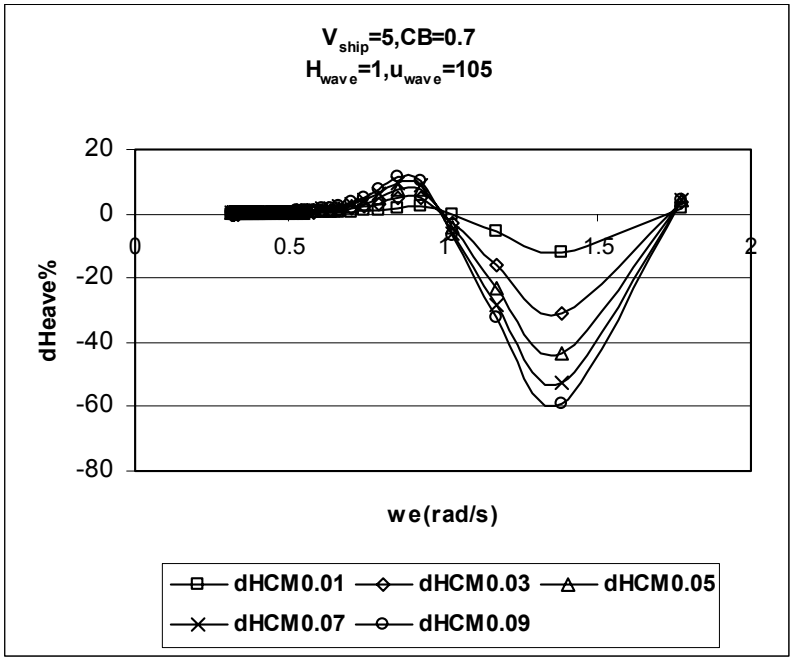
در حالت افزایش ضریب مقطع تغییرات دامنه حرکات اندکی با تغییرات ناشی از عرض متفاوت است.کـاهش دامنه حرکات معمولا در بازه فرکانسی 1-1.5 رخ می دهد.نمودار تغییرات دامنه حرکات هیـو دارای چنـدین نقطـه عطف است که نشان دهنده کاهش و افزایش دامنه حرکات هیو است و در یک سرعت ثابت با افزایش زاویه برخـورد درصد کاهش دامنه هیو کاهش می یابد.در مورد دامنه پیچ همین تغییرات دیده می شود.



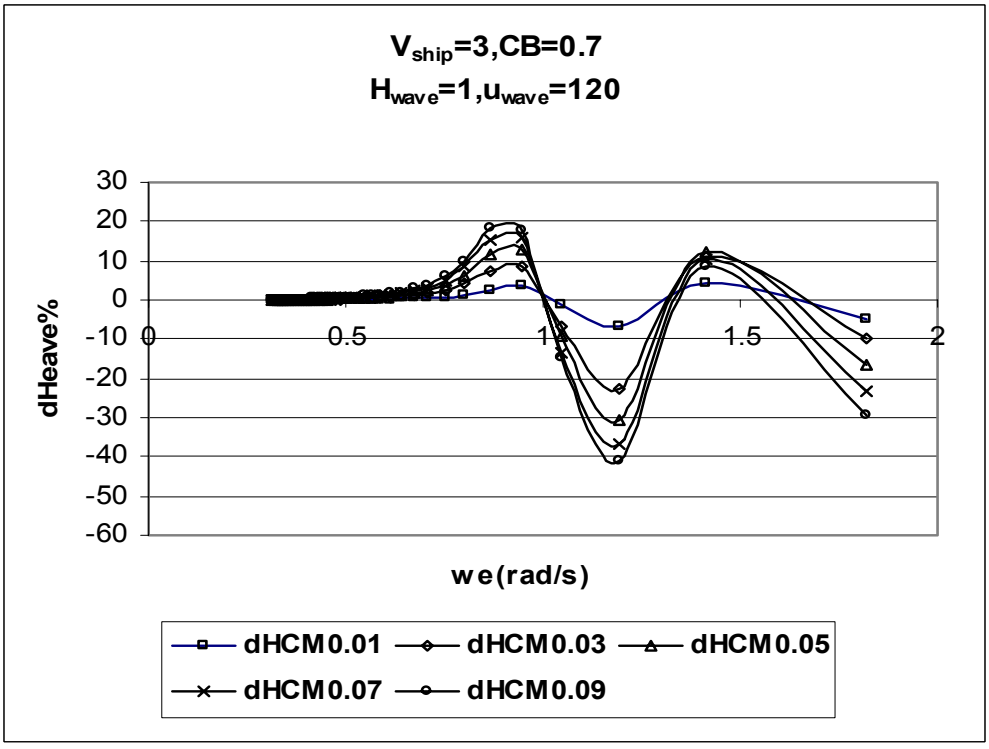
شکل۵-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش ضریب مقطع در موج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت ۳m/sوزاویه برخورد° ۱۰۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۶-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش ضریب مقطع در موج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت ۵m/sوزاویه برخورد° ۱۰۵



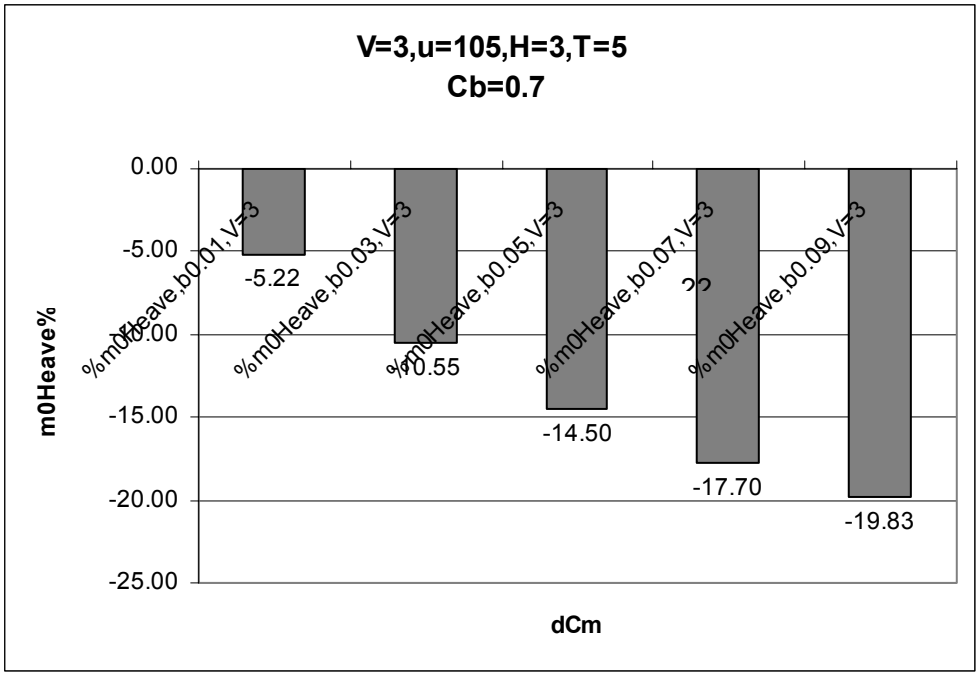
شکل۷-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش ضریب مقطع در موج منظم با ارتفاع۱متر برای کشتی با سرعت ۳m/sوزاویه برخورد°۱۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

-افزایش عرض و ضریب مقاطع بر دینامیک کشتی در امواج نامنظم

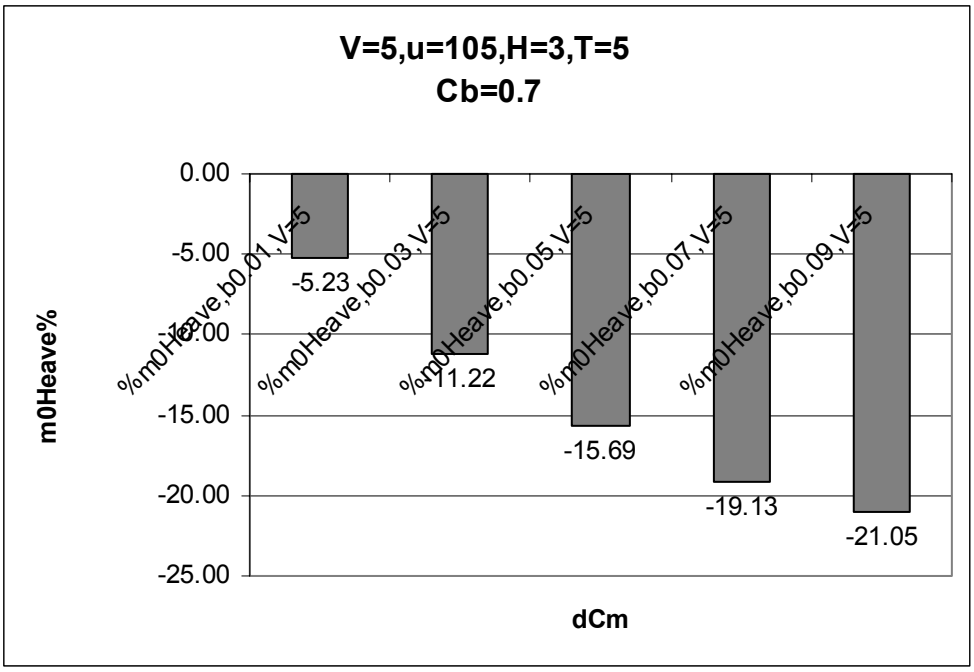
افزایش عرض مقطع نیز کاهش دامنه حرکات هیو وپیچ را بدنبال خواهد داشت. در یک زاویه برخورد ثابت و با افزایش سرعت شناور تغییرات دامنه حرکات هیو وپیچ بسیار نزدیک بهم است. برای سرعت ثابت بـا افـزایش زاویـه برخورد درصد کاهش تغییرات دامنه حرکات هیو وپیچ افزایش می یابد.افزایش ضریب مقطع اثر مشابهی چون تغییـر عرض دارد.در ادامه نمودار درصد تغییرات m_0 حرکات بر اساس تغییر سیستماتیک عرض و ضریب مقطع نـشان داده شده است.



شکل۸-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش ضریب مقطع در موج نامنظم برای کشتی با سرعت ۳m/s وزاویه برخورد ۱۰۵°

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹-نمودار تغییرات دامنه حرکت هیو با افزایش ضریب مقطع در موج نامنظم برای کشتی با سرعت ۵m/s وزاویه برخورد°۱۰۵

۷-جمع بندی و نتیجه گیری:

با استفاده از اصلاح قسمت بالای آب بدنه کشتی بصورت افزایش عرض و ضریب مقطع، حرکات هیو وپیچ کاهش زیادی دارد که البته در سرعت و زوایای برخورد این تغییرات تفاوت دارد.افزایش عرض و ضریب مقطع نتایج تقریبا مشابهی دارد و بقیه پارامترهای بدنه ثابت درنظر گرفته شده است.

۱- دامنه حرکات هیو وپیچ در موج منظم با افزایش عرض،در یک سرعت وزاویه برخورد معین،کاهش چشم گیری داردو این کاهش با بزرگتر شدن عرض بیشتر می شود.

۲- با افزایش عرض ،در زوایای برخورد ثابت با افزایش سرعت ،کاهش دامنه حرکات در موج منظم بیشتر می شود.

۳- کاهش دامنه حرکات در موج منظم در حالت تغییر عرض در زاویه ۱۸۰درجه بازه فرکانسی محدودی دیده می شودو منحنی تغییرات دامنه حرکات چندین نقطه عطف دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-کاهش دامنه حرکات هیو وپیچ در موج منظم با افزایش ضریب مقطع در کلیه زوایای برخورد و سرعت معمولا در بازه فرکانسی۱,۵- ۱ دیده می شود.

۵-در امواج نامنظم با افزایش عرض و ضریب مقطع در هر مرحله m_0 دامنه حرکات شناور کاهش مناسبی داشته که البته در زاویه برخورد ثابت و سرعت های متفاوت این تغییرات بسیار نزدیک بهم می باشد.

۸-مراجع:

۱-زراعتگر،حمید،"فرمان و قابلیت مانور کشتی"،دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی،دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۲-لوید،"دینامیک کشتی"،ترجمه محمد سعید سیف

3-Bhattacharyya,Rameswar,"DynMIC Of Marine Vehicles",1978

www.SID.ir