Archive of SID

مطالعه پارامتری دینامیک رفتار کشتی در موج

حمید زراعتگر
استادیار دانشکده کشتی سازی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
hamidz@cic.aut.ac.ir
رضا یوسف نژاد
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشتی سازی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده

متغیرهای مختلفی بر رفتار کشتی در موج موثر هستند. در این مقاله اثرات چهار متغیر اصلی شامل سرعت کشتی، زاویه برخورد موج با کشتی، سایز کشتی و ارتفاع موج نامنظم بر رفتار دینامیکی کشتی در موج مورد بررسی قرار گرفته است. جهت آنالیز اثر متغیرهای مذکور، هم امواج نامنظم و هم امواج منظم مورد بررسی قرار گرفته است. از میان حرکات کشتی و پدیده های ناشی از حرکت، تنها دامنه حرکات هیو، پیچ، اسوی، یاو و رول تحلیل شده است. نتایج مهمی ازجمله موارد ذیل حاصل شده است:

هرچه کشتی کوچکتر میگردد RMS کلیه حرکات کشتی بشدت افزایش مییابد. هرچه ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد، مقدار RMS کلیه حرکات افزایش مییابد که نسبت افزایش RMS حرکات بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد هرچه فرکانس امواج منظم افزایش مییابد، مقدار دامنه حرکات کشتی بشدت کاهش مییابد. افزایش سرعت کشتی همواره باعث کاهش دامنه رول، اسوی و یاو میگردد.

۱. مقدمه

دینامیک کشتی در موج باعث ایجاد پدیده هایی میگردد که عمدتا باعث کاهش کیفیت عملیات ناوبری میگردد. متغیرهای مختلفی بر رفتار کشتی در موج موثر هستند. برخی از این متغیرها بهنگام طراحی کشتی تا حدودی قابل تغییر هستند. دسته دوم متغیرها، متغیرهایی هستند که تنها در زمان ناوبری قابل تغییر هستند. معمولا زمانیکه

www.SID.ir

Archive of SID

رفـتار شـناور در مـوج فراتـر از تحمـل شـناور وخدمـه مـیگردد، کاپیتان کشتی بکمک تغییر این دسته از متغیرها تا حدودی رفتار کشتی را در کنترل خود قرار میدهد.

در ایـن مقالـه اثـرات چهـار متغـیر اصلی شامل سرعت کشتی، زاویه برخورد موج با کشتی، سایز کشتی و ارتفاع موج نامـنظم بـر رفـتار دینامیکی کشتی در موج مورد بررسی قرار گرفته است.جهت آنالیز اثر متغیرهای مذکور، هم امواج نامـنظم و هـم امـواج مـنظم مورد بررسی قرار گرفته است. از میان حرکات کشتی و پدیده های ناشی از حرکت، تنها دامنه حرکات هیو، پیچ، اسوی، یاو و رول تحلیل شده است.

بـرای انجـام محاسـبات از نـرم افزار STATEK که در حوزه فرکانس و بروش خطی بکمک تئوری نواری کار میکند استفاده شده است.

بدیـن مـنظور در یـک کـار تحقیقـی مسـتقل با انجام محاسبات، بیش از ۴۰۰ منحنی رفتار دینامیکی شناور در موج ترسیم گردیده است. جهت کوتاه نمودن مطالب تنها گوشه ای از آن در این مقاله ارائه گردیده است.

۲. نرم افزار و متغیرها

نرم افزار STATEK یک نرم افزار کنسولی DOS می باشد که قادر است پنج حرکت هیو، پیچ، اسوی، یاو و رول را در امواج منظم و نامنظم برای کشتی دلخواه محاسبه نماید. برنامه همچنین قادر به محاسبه حرکات نسبی ، سرعت نسبی ، شتاب نسبی برای هر تعداد نقطه دلخواه می باشد. از دیگر قابلیتهای برنامه می توان به محاسبه احتمال خیسی عرشه و احتمال پدیده اسلمینگ در هر نقطه دلخواه اشاره نمود. این نرم افزار قادر به محاسبه نیروی برشی و ممان خمشی در کلیه مقاطع کشتی ناشی از امواج منظم و نامنظم نیز میباشد.

برنامه اطلاعات مربوط به بدنه کشتی و نیز سایر دستورات را از طریق یک فایل ورودی متنی دریافت کرده ، محاسبات خواسته شده را انجام می دهد و نتایج محاسبات را در هشت فایل خروجی ذخیره می کند.

برای محاسبات امواج منظم دامنه موج ۱ متر ، زوایای برخورد موج با کشتی ۱۲۰، ۱۴۰ ، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه ، سرعت کشتی ۰ ، ۲ ، ۴ ، ... و ۱۶ متر بر ثانیه ، فرکانس زاویه ای موج از ۰٫۳۵ تا ۱٫۳۵ رادیان بر ثانیه با فاصله ۰٫۰۵ رادیان بر ثانیه در نظر گرفته شده است. علت در نظر گرفتن زوایای برخورد ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه آنستکه عمدتا کشتیها در حالت امواج از روبرو دریانوردی میکنند.

www.SID.ir

Archive of SID

برای موج نامنظم از طیف دو پارامتری ITTC با ارتفاعهای موثر ۳ ، ۶ و ۹ متر و پریود به ترتیب ۶ ، ۸ و ۱۰ ثانیه استفاده شده است. مقادیر سرعت کشتی ، فرکانس زاویه ای موج و زاویه برخورد موج با کشتی نظیر مقادیر استفاده شده برای موج منظم است.

همچنین سه کشتی با فرم بدنه گرفته شده از سری ۶۰ با ضریب ظرافت ۰٫۶ ، ۰٫۷ و ۰٫۸۲ در نظر گرفته شده است. جدول ۱ مشخصات کلی سه کشتی را نشان میدهد. بعد از تهیه جدول آفست، فایلهای ورودی برنامه تهیه گردیده، بعد از اجرای برنامه مقادیر موجود در فایلهای خروجی دسته بندی و مرتب شده، سپس بوسیله برنامه EXCEL نمودارهای دامنه حرکات هیو، پیچ، اسوی، یاو و رول برحسب سرعت و زاویه برخورد برای سه کشتی استخراج شده است .

برای موج نامنظم از RMS حرکات به عنوان معیاری برای شدت (مقدار) حرکات کشتی استفاده شده است.

لازم به ذکر است که در تمامی جداول و نمودارها دامنه حرکات هیو و اسوی بر حسب متر و دامنه حرکات پیچ ، رول و یاو بر حسب درجه می باشد. سرعتها بر حسب متر بر ثانیه ، فرکانس زاویه ای بر حسب رادیان بر ثانیه، دوره تناوب متوسط بر حسب ثانیه، زوایای برخورد موج با کشتی بر حسب درجه، طول و عرض و آبخور کشتی بر حسب متر و جرم کشتی بر حسب تن می باشد.

جدول ۱ : مشخصات سه کشتی مورد استفاده جهت محاسبات دینامیک کشتی در موج

CB [-]	0.6	0.7	0.82
L [m]	100	200	350
B [m]	16.67	33.33	58.33
T [m]	5.56	11.11	19.44
H [m]	8.34	16.67	29.17
Kxx [m]	5.5	11	19.25
Kyy [m]	24	48	84
LE [m]	50	80	87.5
L.C.G [m]	-1.0	-1.0	-1.0
M [ton]	5700.14	53137.52	333575.387
L/B [-]	6	6	6
B/T [-]	3	3	3
T/H [-]	2/3	2/3	2/3
Body Form	Series 60	Series 60	Series 60

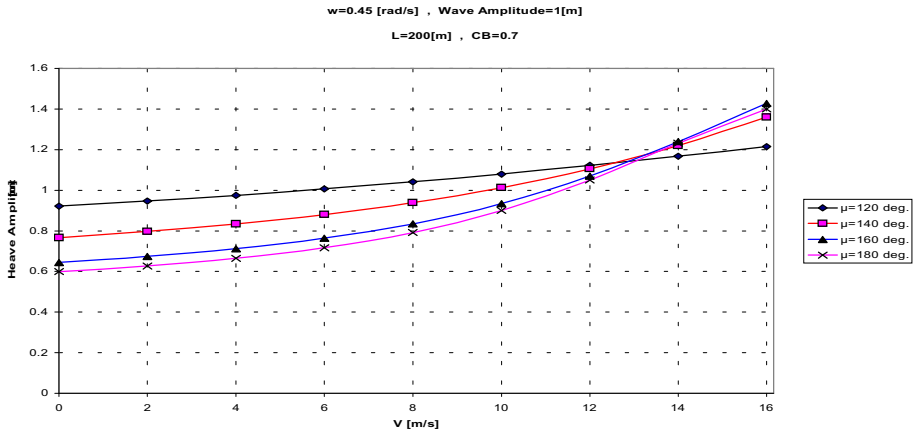
www.SID.ir

Archive of SID

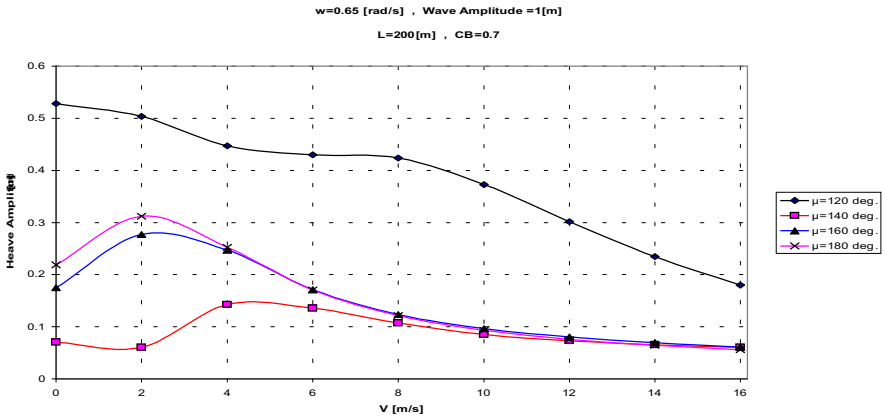
۳. اثر سرعت بر حرکات کشتی

۳-۱ اثر سرعت بر حرکت هیو

شـکل ۱، شـکل ۲ و شکل ۳ دامنه حرکت هیو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر بر حسب سرعت و زاویه برخورد به ترتیب در فـرکانس ۰/۴۵ ثانیه، ۰/۶۵ ثانیه و ۱/۰۵ ثانیه را نشان میدهد. بر این اساس، در فرکانس کم معادل پریود زیاد با افزایش سرعت کشـتی دامـنه حرکـت هیو افزایش مییابد. در فرکانسهای متوسط معادل پریود متوسط تغییر دامنه هیو با افزایش سرعت روند مشخصـی نـدارد. در فرکانسـهای زیـاد معادل پریود کم، افزایش سرعت دامنه حرکت هیو را بشدت کاهش میدهد. ضمنا مقدار مطلق دامنه حرکت هیو با افزایش فرکانس بشدت کاهش مییابد.



شکل ۱ : دامنه حرکت هیو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۴۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



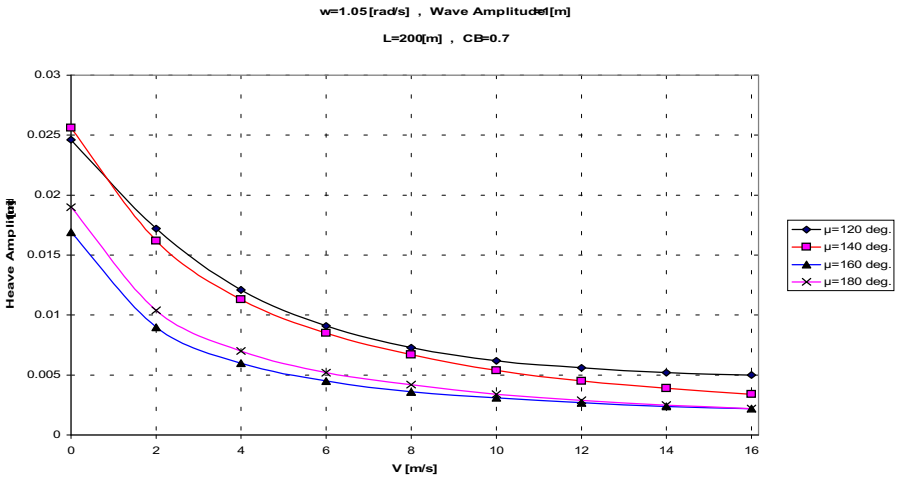
شکل ۲: دامنه حرکت هیو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۶۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

www.SID.ir

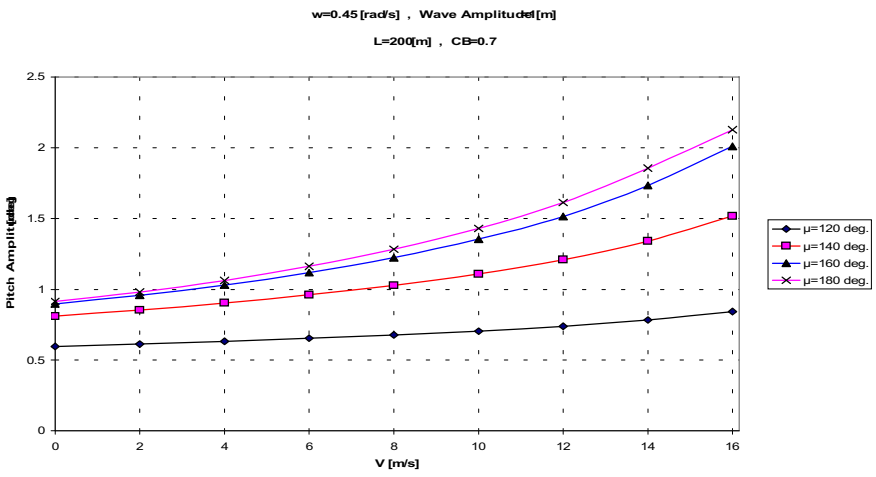
Archive of SID

۳-۲ اثر سرعت بر پیچ

شکل ۴، شکل ۵ و شکل ۶ دامنه حرکت پیچ در یک موج منظم با دامنه ۱ متر بر حسب سرعت و زاویه برخورد به ترتیب در فرکانس ۰/۴۵ ثانیه، ۰/۵۵ ثانیه و ۱/۰۵ ثانیه نشان میدهد. بر این اساس، در فرکانس کم معادل پریود زیاد با افزایش سرعت کشتی دامنه حرکت پیچ افزایش مییابد. در فرکانسهای متوسط معادل پریود متوسط تغییر دامنه پیچ با افزایش سرعت روند مشخصی ندارد. در فرکانسهای زیاد معادل پریود کم، افزایش سرعت دامنه حرکت پیچ را بشدت کاهش میدهد. ضمنا مقدار مطلق دامنه حرکت پیچ با افزایش فرکانس کاهش مییابد.



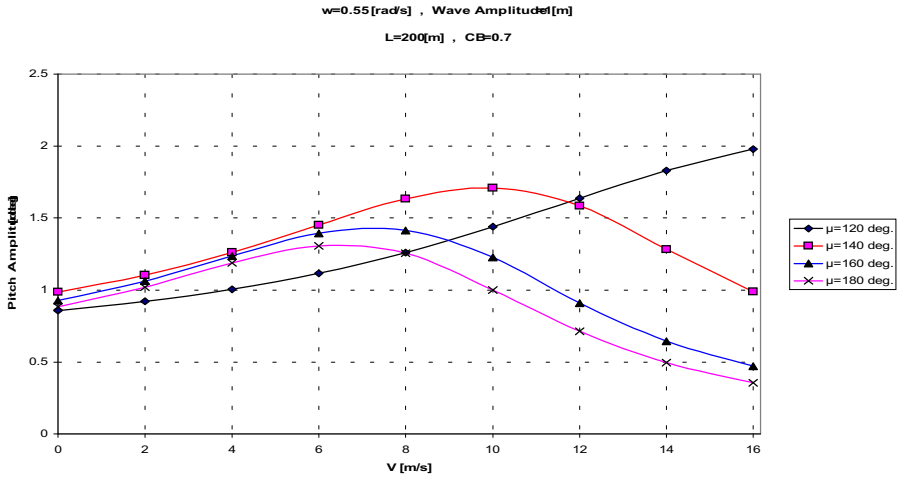
شکل ۳: دامنه حرکت هیو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۱/۰۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



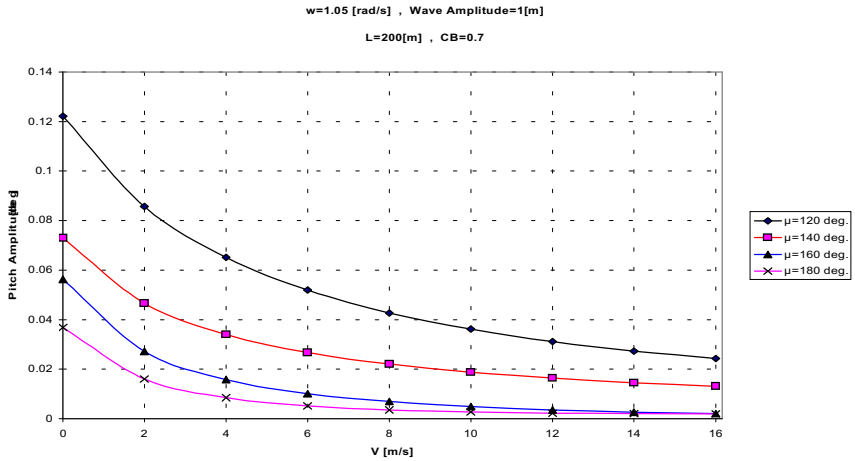
شکل ۴ : دامنه حرکت پیچ در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۴۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ : دامنه حرکت پیچ در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۵۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



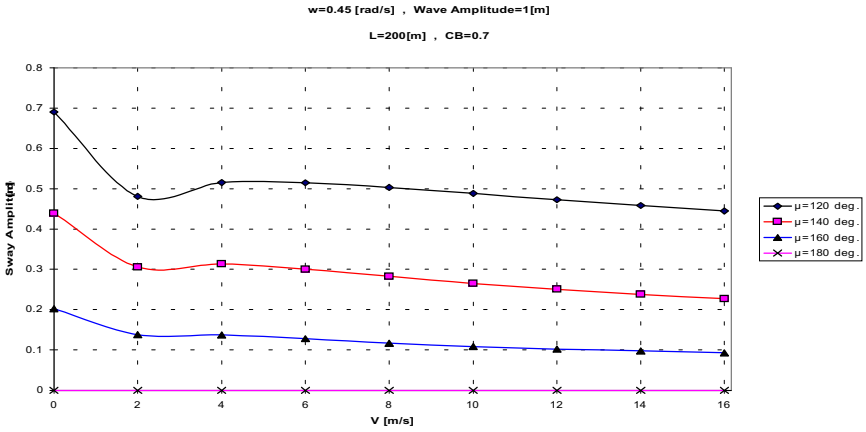
شکل ۶ : دامنه حرکت پیچ در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۱/۰۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

۳-۳ اثر سرعت بر اسوی

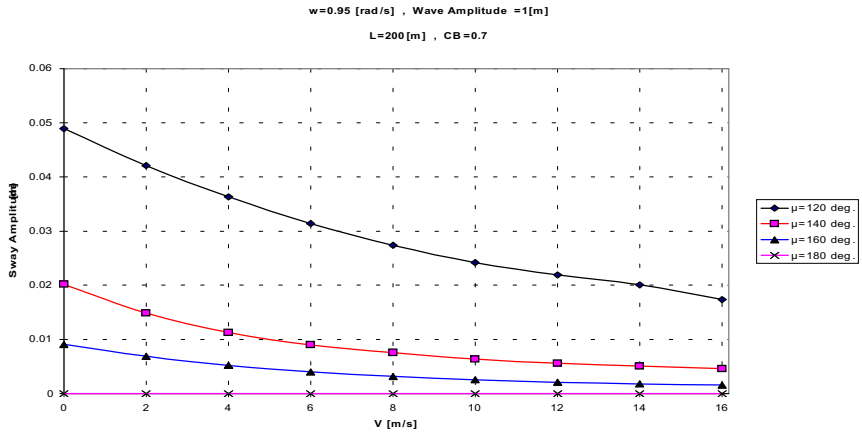
شکل ۷ و شکل ۸ دامنه حرکت اسوی در یک موج منظم با دامنه ۱ متر بر حسب سرعت و زاویه برخورد به ترتیب در فرکانس ۰/۴۵ ثانیه، ۰/۹۵ ثانیه را نشان میدهد. بر این اساس، در فرکانس کم معادل پریود زیاد و در فرکانسهای زیاد معـادل پریود کم، افزایش سرعت دامنه حرکت اسوی را بشدت کاهش میدهد. ضمنا مقدار مطلق دامنه حرکت اسوی با افزایش فرکانس بشدت کاهش مییابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ : دامنه حرکت اسوی در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۴۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



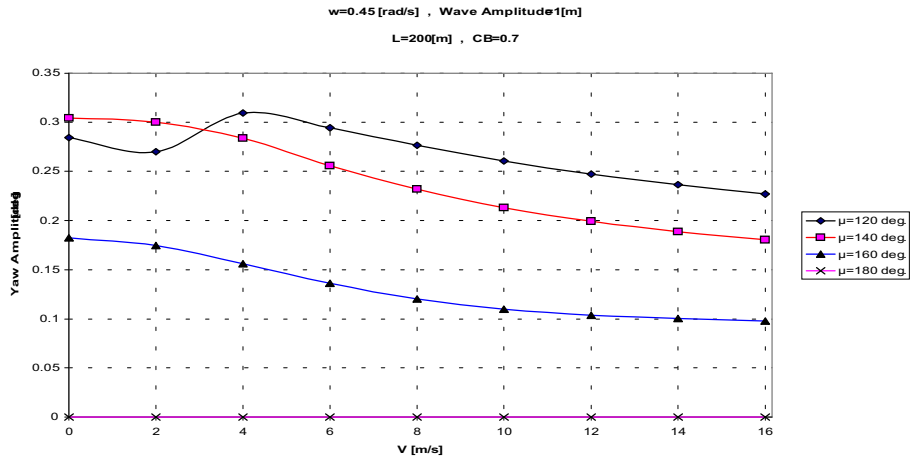
شکل ۸ : دامنه حرکت اسوی در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۹۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

۳-۴ اثر سرعت بر یاو

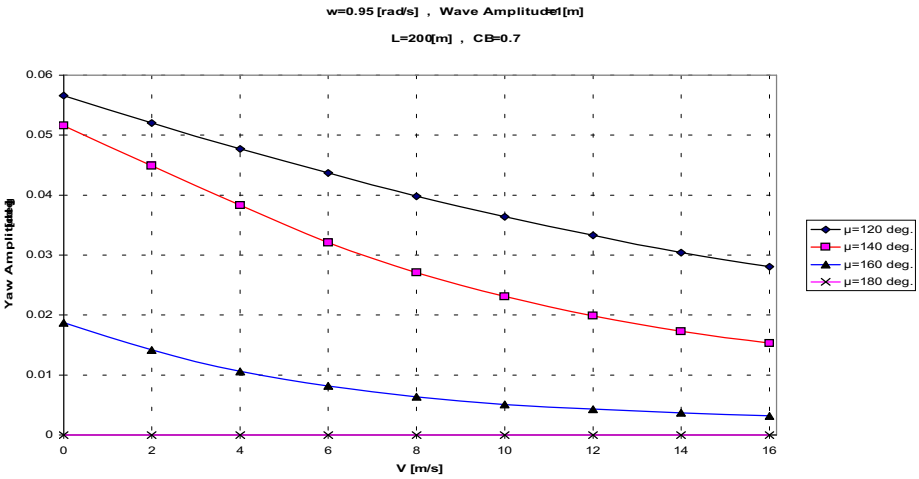
شـکل ۹ و شـکل ۱۰ دامنه حرکت یاو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر بر حسب سرعت و زاویه برخورد به ترتیب در فرکانس ۰/۴۵ ثانـیه، ۰/۹۵ ثانیه را نشان میدهد. بر این اساس، در فرکانس کم معادل پریود زیاد و در فرکانسهای زیاد معادل پریود کم، افـزایش سرعت دامنه حرکت یاو را بشدت کاهش میدهد. ضمنا مقدار مطلق دامنه حرکت یاو با افزایش فرکانس بشدت کاهش مییابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹ : دامنه حرکت یاو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۴۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



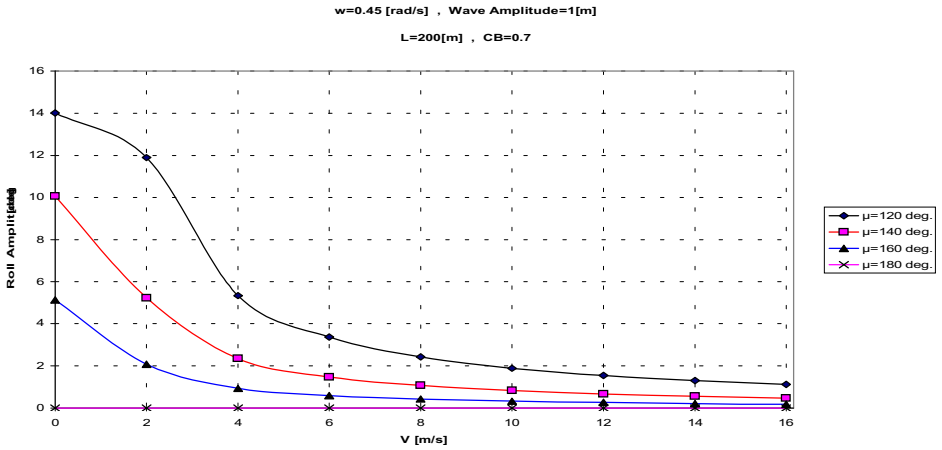
شکل ۱۰ : دامنه حرکت یاو در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۹۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

۳-۵ اثر سرعت بر رول

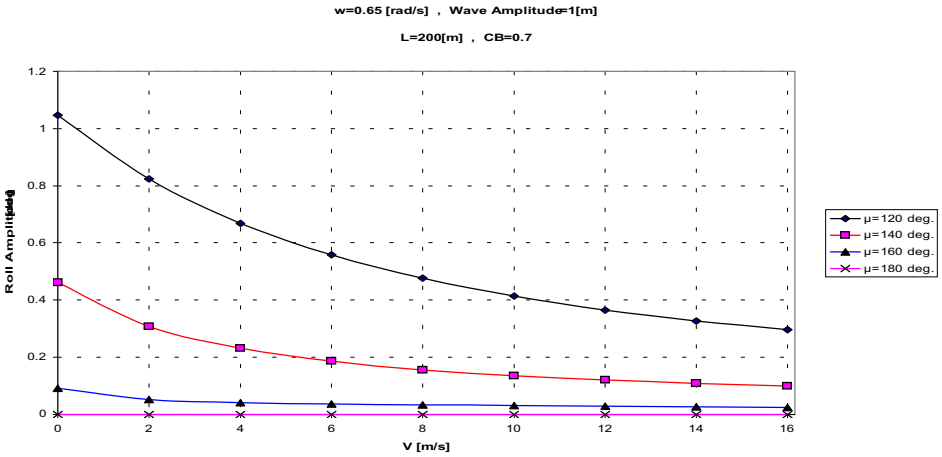
شکل ۱۱، شکل ۱۲ و شکل ۱۳ دامنه حرکت رول در یک موج منظم با دامنه ۱ متر بر حسب سرعت و زاویه برخورد به ترتیب در فرکانس ۰/۴۵ ثانیه، ۰/۶۵ ثانیه و ۱/۰۵ ثانیه را نشان میدهد. بر این اساس، در فرکانس کم معادل پریود زیاد و در فرکانسهای زیاد معادل پریود کم، افزایش سرعت دامنه حرکت رول را بشدت کاهش میدهد. ضمنا مقدار مطلق دامنه حرکت رول با افزایش فرکانس بشدت کاهش مییابد.

www.SID.ir

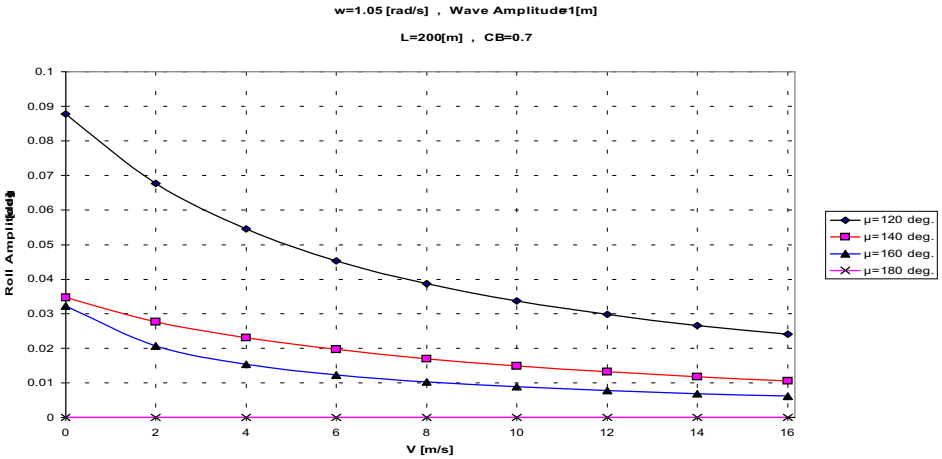
Archive of SID



شکل ۱۱: : دامنه حرکت رول در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۴۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



شکل ۱۲: : دامنه حرکت رول در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۰/۶۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.



شکل ۱۳: : دامنه حرکت رول در یک موج منظم با دامنه ۱ متر و فرکانس ۱/۰۵ ثانیه بر حسب سرعت و زاویه برخورد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴. اثر زاویه برخورد بر حرکات کشتی

۴-۱ اثر زاویه برخورد بر حرکت هیو

بـر اسـاس شکل ۱، ۲ و ۳ در برخی مواقع حرکت از موج با زاویه ۱۲۰ درجه به موج با زاویه ۱۸۰ درجه باعث کاهش دامنه هیو شده و در برخی شرایط باعث افزایش دامنه هیو میگردد. نظم مشخصی را نمیتوان پیدا نمود.

۴-۲ اثر زاویه برخورد بر حرکت پیچ

بـر اسـاس شـکل ۴، ۵ و ۶ در فرکانسهای کم افزایش زاویه برخورد از ۱۲۰ درجه به ۱۸۰ درجه دامنه پیچ را افزایش مـیدهد. در فرکانسـهای متوسط مسئله چندان روشن نیست. در فرکانسهای زیاد، افزایش زاویه برخورد از ۱۲۰ درجه به ۱۸۰ درجه عمدتا باعث کاهش دامنه پیچ میگردد.

۴-۳ اثر زاویه برخورد بر حرکت اسوی

بـر اساس شکلهای ۷ و ۸ ، افزایش زاویه برخورد از ۱۲۰ درجه به ۱۸۰ درجه باعث کاهش شدید دامنه حرکت اسوی میگردد.

۴-۴ اثر زاویه برخورد بر حرکت یاو

بـر اسـاس شـکل ۹ و ۱۰ افـزایش زاویـه بـرخورد از ۱۲۰ درجـه به ۱۸۰ درجه عمدتا باعث کاهش دامنه حرکت یاو میگردد.

۴-۵ اثر زاویه برخورد بر حرکت رول

بـر اسـاس شـکل ۱۱، ۱۲ و ۱۳ افـزایش زاویه برخورد از ۱۲۰ درجه به ۱۸۰ درجه عمدتا باعث کاهش دامنه حرکت رول مـیگردد. در عیـن حـال در زوایای خاص و در سرعتهای خاص افزایش محلی و بعضا بسیار زیاد مقدار دامنه رول وجود دارد. این افزایش محلی ناشی از پدیده رزونانس میباشد.

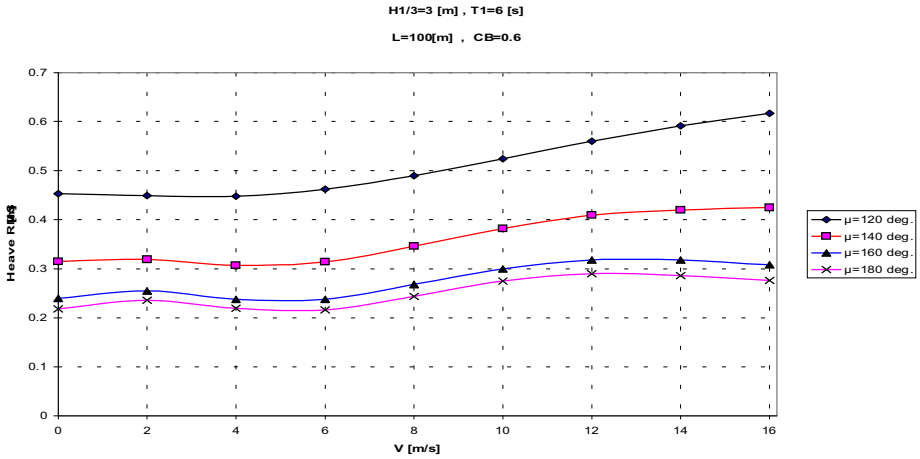
www.SID.ir

Archive of SID

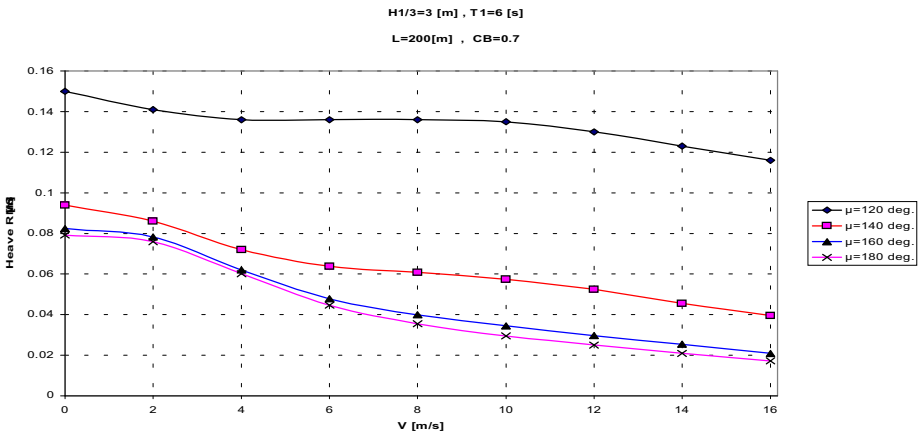
۵. اثر سایز کشتی بر حرکات کشتی

۵-۱ اثر سایز کشتی بر حرکت هیو

شکل ۱۴، ۱۵ و ۱۶ مقادیر RMS حرکت هیو را برای سه شناور بترتیب با طولهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متر در موج نامنظمی با ارتفاع مشخصه ۳ متر نشان میدهد. بر این اساس هرچه کشتی کوچکتر میشود، RMS حرکت هیو بشدت افزایش مییابد.



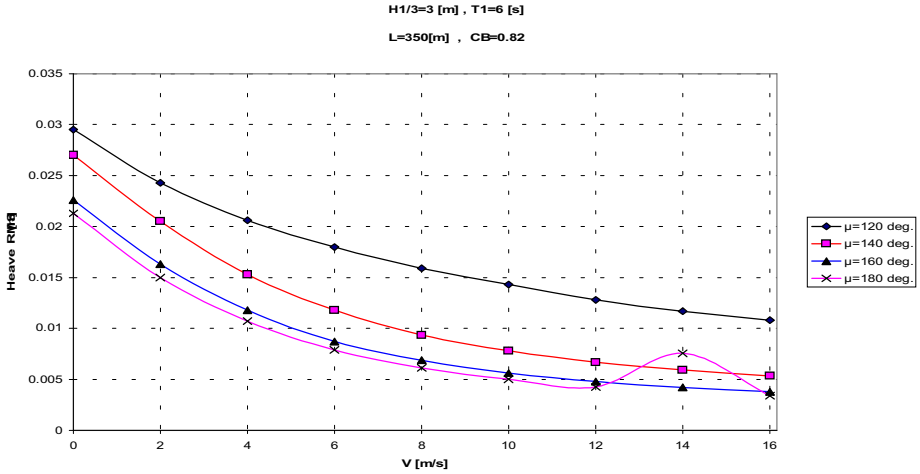
شکل ۱۴: مقدار RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۱۰۰ متر.



شکل ۱۵: مقدار RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۲۰۰ متر.

www.SID.ir

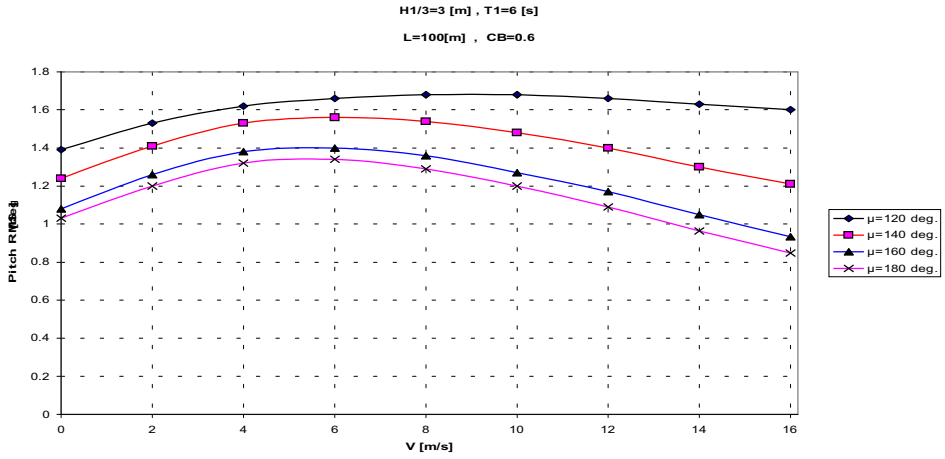
Archive of SID



شکل ۱۶: مقدار RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۳۰۰ متر.

۵-۲ اثر سایز کشتی بر حرکت پیچ

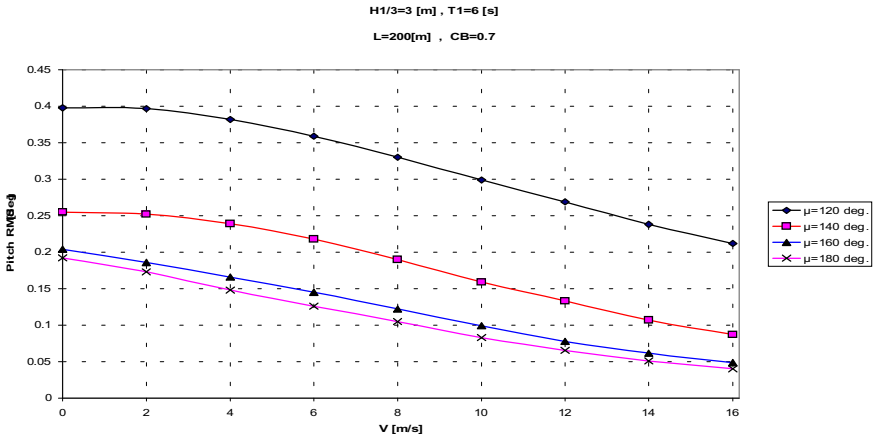
شکل ۱۷، ۱۸ و ۱۹ مقادیر RMS حرکت پیچ را برای سه شناور بترتیب با طولهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متر در موج نامنظمی با ارتفاع مشخصه ۳ متر نشان میدهد. بر این اساس هرچه کشتی کوچکتر میشود، RMS حرکت پیچ بشدت افزایش مییابد.



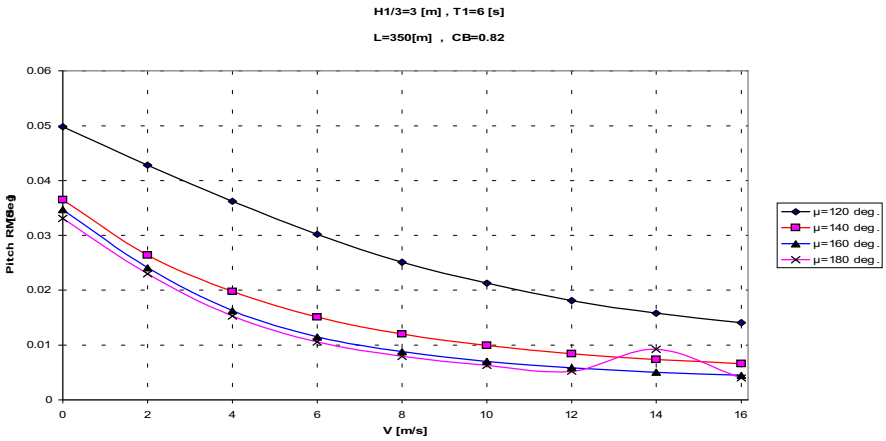
شکل ۱۷ : مقدار RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۱۰۰ متر.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۸ : مقدار RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۲۰۰ متر.



شکل ۱۹ : مقدار RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر برای کشتی بطول ۳۰۰ متر.

۵-۳ اثر سایز کشتی بر دیگر حرکات

بـر اسـاس محاسـبات انجـام شـده کـه بدلـیل عـدم تطویل مقاله در اینجا ارائه نمیگردد، هرچه سایز کشتی کوچکتر میگردد مقدار RMS حرکت بشدت افزایش مییابد.

۶. اثر ارتفاع موج نامنظم بر حرکات کشتی

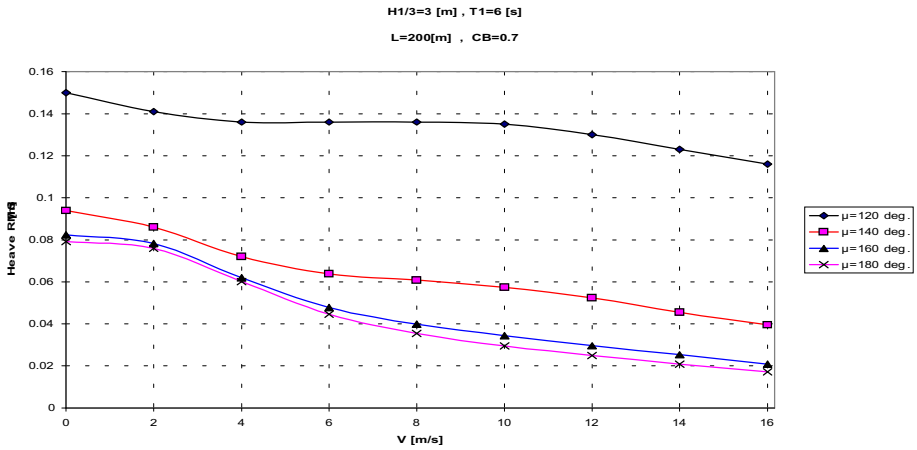
بطـور طبیعـی انـتظار بر آنستکه دامنه حرکات در موج منظم برای روش خطی متناسب با افزایش دامنه موج نامنظم افـزایش یـابد. برای حرکات نامنظم، اگرچه در حالت عمومی هرچه دامنه موج نامنظم افزایش مییابد، RMS حرکات افزایش مییابد ولی رابطه بین ایندو چندان شناخته نمیباشد.

www.SID.ir

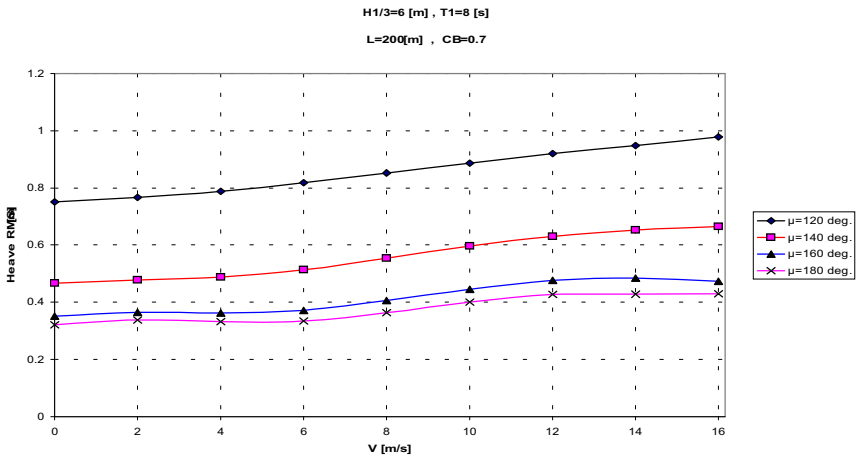
Archive of SID

۶-۱ اثر ارتفاع موج نا منظم بر حرکت هیو

بـر اسـاس شـکل ۲۰، ۲۱ و ۲۲ میتوان گفت که مقدار حرکت هیو با افزایش ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد. مقدار این افزایش بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد.



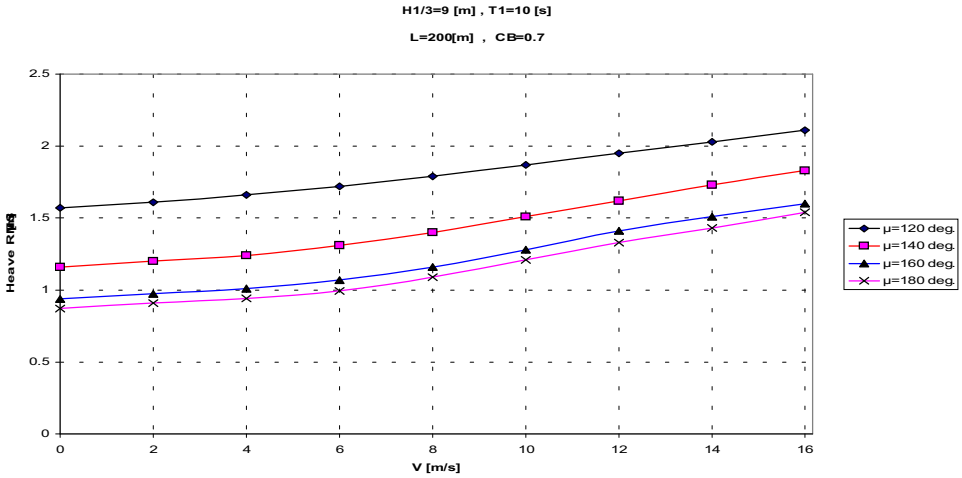
شکل ۲۰: RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر



شکل ۲۱: RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۶ متر

www.SID.ir

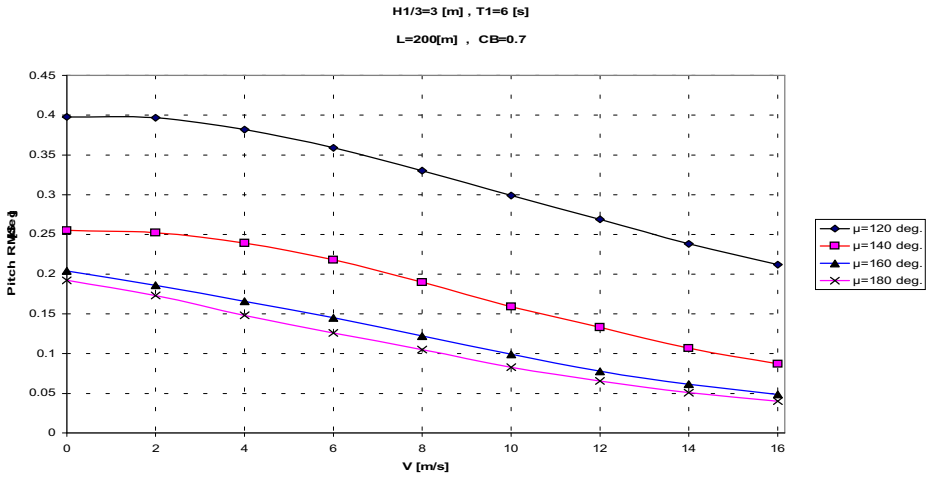
Archive of SID



شکل ۲۲: RMS حرکت هیو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۹ متر

۶-۲ اثر ارتفاع موج نا منظم بر حرکت پیچ

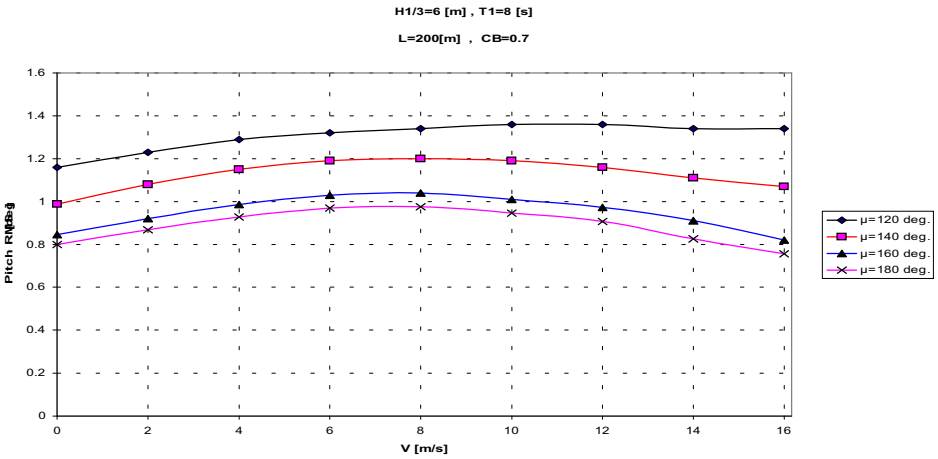
بـر اسـاس شـکل ۲۳، ۲۴ و ۲۵ میتوان گفت که مقدار حرکت پیچ با افزایش ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد. مقدار این افزایش بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد.



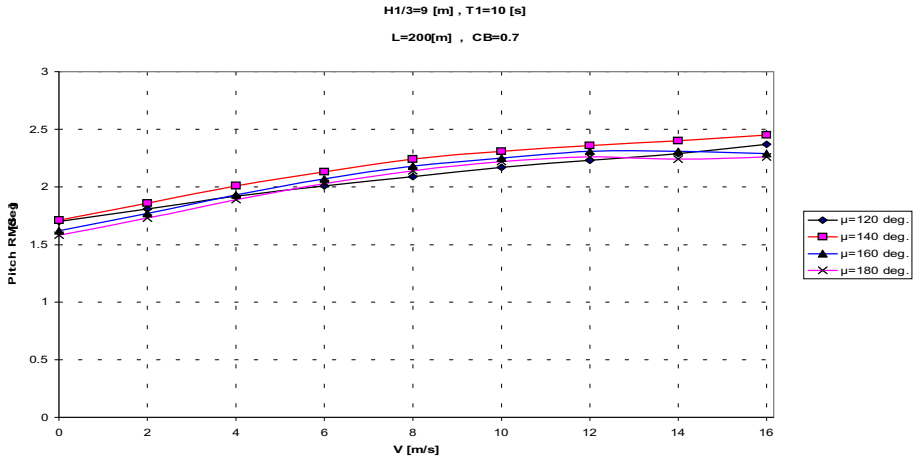
شکل ۲۳: RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲۴: RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۶ متر



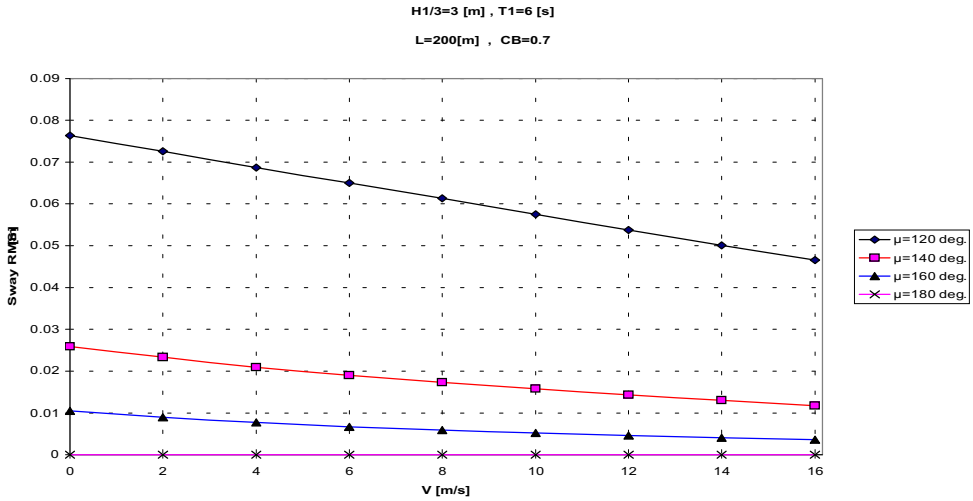
شکل ۲۵: RMS حرکت پیچ در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۹ متر

۶-۳ اثر ارتفاع موج نامنظم بر حرکت اسوی

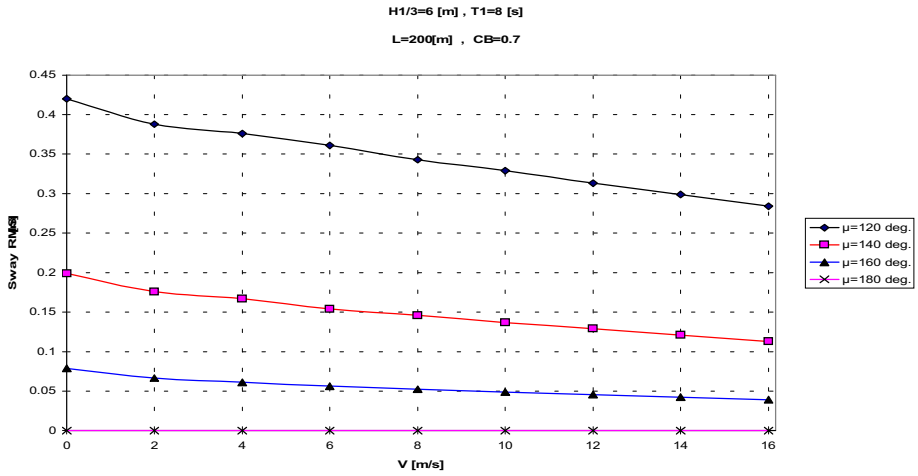
بـر اساس شکل ۲۵، ۲۷ و ۲۸ میتوان گفت که مقدار حرکت اسوی با افزایش ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد. مقدار این افزایش بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد.

www.SID.ir

Archive of SID



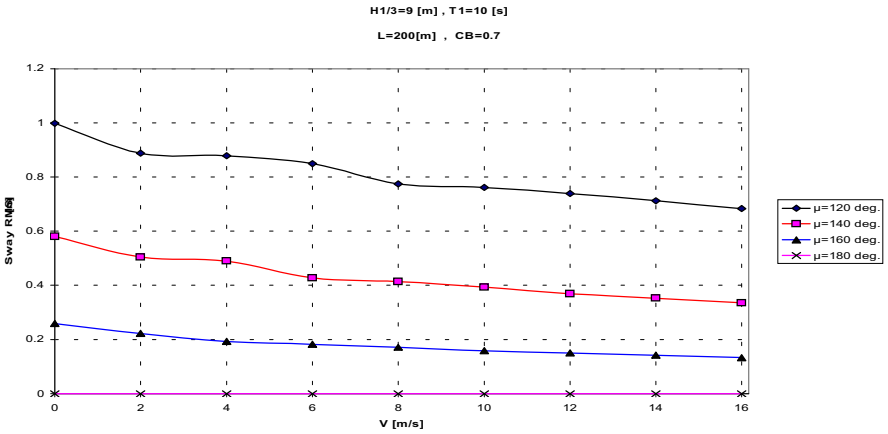
شکل ۲۶: RMS حرکت اسوی در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر



شکل ۲۷: RMS حرکت اسوی در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۶ متر

www.SID.ir

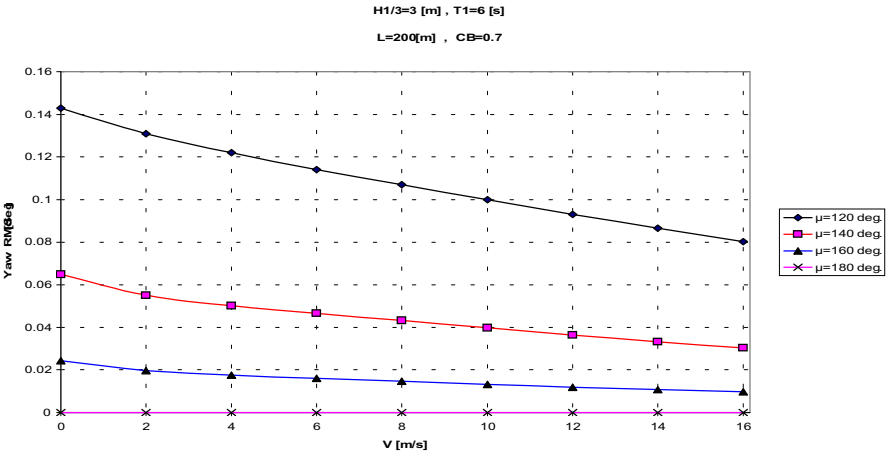
Archive of SID



شکل ۲۸: RMS حرکت اسوی در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۹ متر

۶-۴ اثر ارتفاع موج بر حرکت یاو

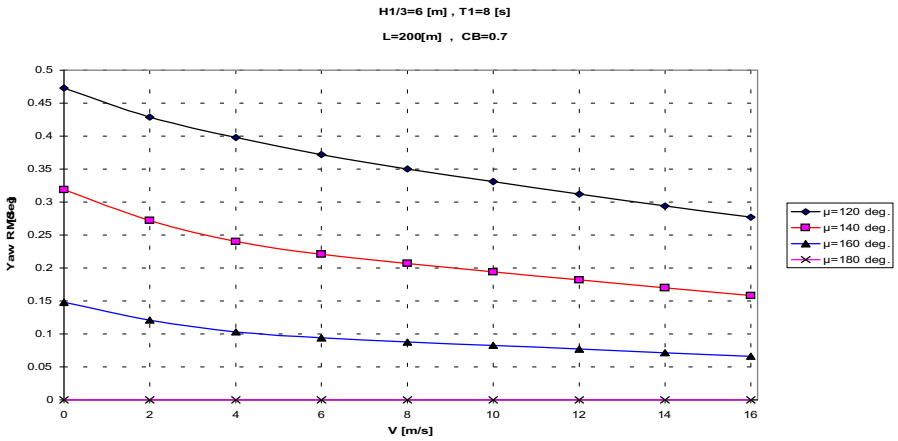
بـر اسـاس شـکل ۲۹، ۳۰ و ۳۱ میـتوان گفت که مقدار حرکت یاو با افزایش ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد. مقدار این افزایش بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد.



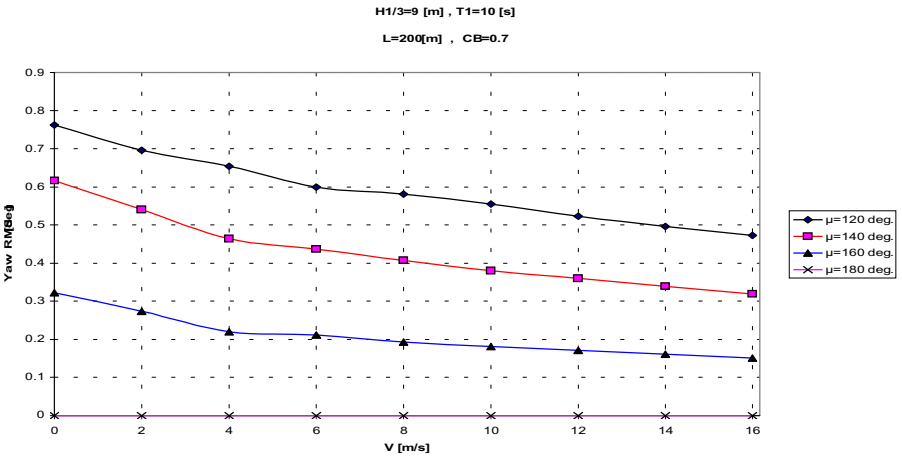
شکل ۲۹: RMS حرکت یاو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳۰: RMS حرکت یاو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۶ متر



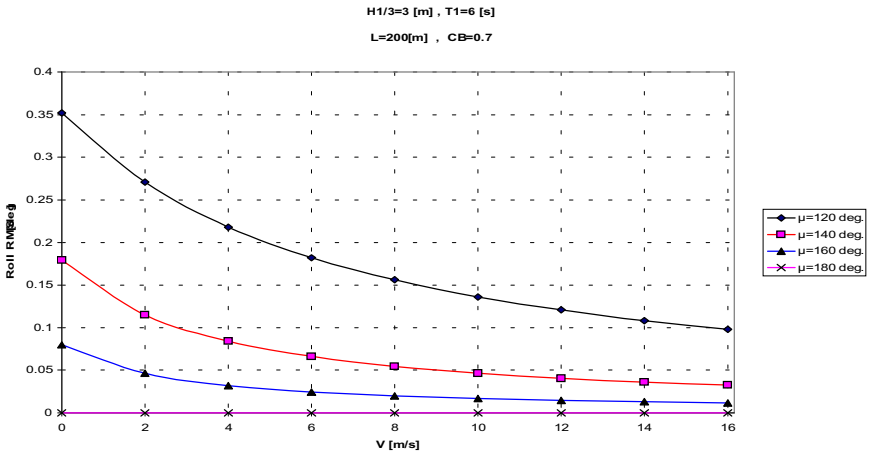
شکل ۳۱: RMS حرکت یاو در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۹ متر

۶-۵ اثر ارتفاع موج نامنظم بر حرکت رول

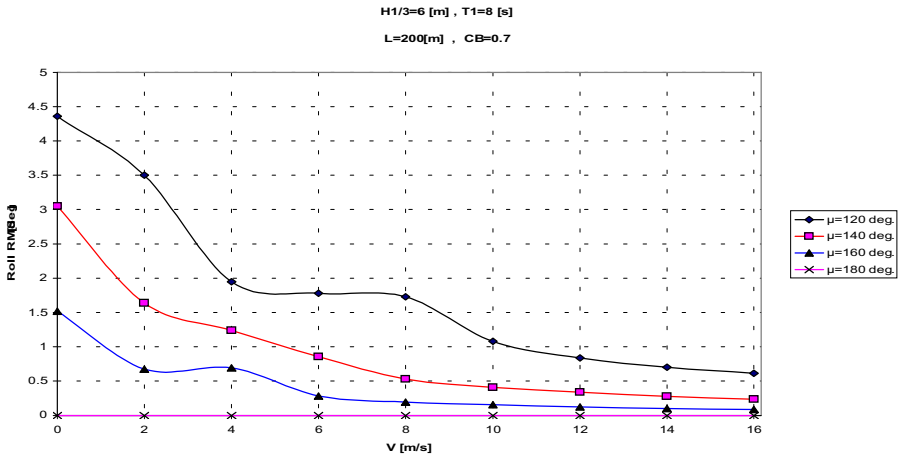
بـر اسـاس شکل ۳۲، ۳۳ و ۳۴ میتوان گفت که مقدار حرکت رول با افزایش ارتفاع موج نامنظم افزایش مییابد. مقدار ایـن افزایش بسیار بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد، اگرچه تحت تاثیر سرعت و زاویه برخورد موج با کشتی دارای اعوجاج قابل توجهی میگردد.

www.SID.ir

Archive of SID



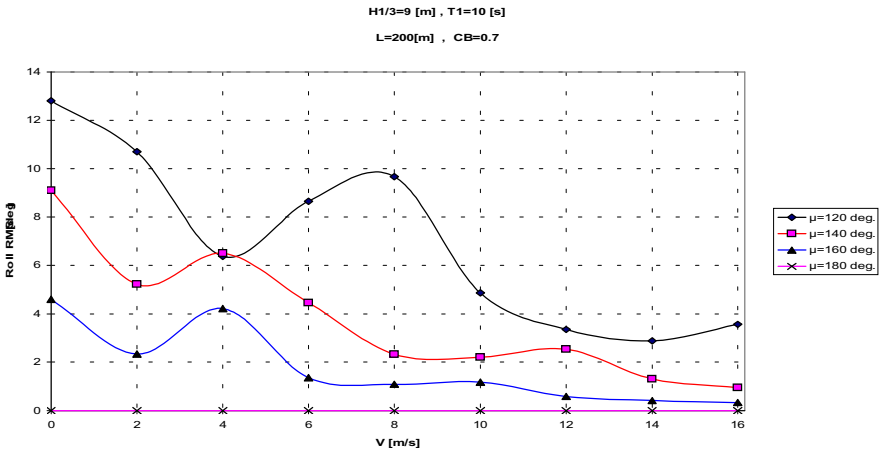
شکل ۳۲: RMS حرکت رول در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۳ متر



شکل ۳۳: RMS حرکت رول در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۶ متر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳۴: RMS حرکت رول در موج نامنظم با ارتفاع مشخصه ۹ متر

۷. جمعبندی و نتیجه گیری

در ایـن مقالـه اثـر چهـار پارامـتر مهم سرعت پیشروی کشتی، زاویه برخورد موج و کشتی، سایز کشتی و ارتفاع موج نامـنظم بـر پـنج حرکـت کشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه کلی و مهمی که میتوان از این مطالعه استخراج کرد عبارتست از:

۷-۱ امواج منظم

- هرچه فرکانس امواج منظم افزایش مییابد، مقدار دامنه حرکات کشتی بشدت کاهش مییابد.
- افـزایش سرعت کشتی باعث افزایش دامنه هیو و پیچ در فرکانس کم موج میگردد. افزایش سرعت کشتی در فرکانس زیاد باعث کاهش دامنه هیو و پیچ میگردد.
- افزایش سرعت کشتی همواره باعث کاهش دامنه رول، اسوی و یاو میگردد.
- هـرچه از زاویـه بـرخورد ۱۲۰ درجـه بـه زاویه برخورد ۱۸۰ درجه (head sea) میرسیم، نظم خاصی را در افزایش و یا کاهش دامنه هیو و پیچ نمیتوان یافت.
- هـرچه از زاویه برخورد ۱۲۰ درجه به زاویه برخورد ۱۸۰ درجه (head sea) میرسیم، دامنه حرکت اسوی، یاو و رول کاهش مییابد. در خصوص رول، رزونانس از حیطه بررسی خارج شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۷-۲ امواج نامنظم

× هرچه کشتی کوچکتر میگردد RMS کلیه حرکات کشتی بشدت افزایش مییابد.

× هـرچه ارتفـاع مـوج نامـنظم افـزایش مییابد، مقدار RMS کلیه حرکات افزایش مییابد. نسبت افزایش RMS حرکات بیش از نسبت افزایش ارتفاع موج نامنظم میباشد.

۸ منابع و مراجع

1. Bielanski, J., “Instrukcja Obstuqi programu STATEK na IBM-PC.”, PB IO PG Nr. 146/CPBR 9.5-1109/90.

2. Lewis, E. V., “Principles of Naval Architecture, second revision, Vol. III, Motion in Waves and Controllability.”, published by the Society of Naval Architectures and Marine Engineers. 601 Pavonia Avenue Jersey City, N J 1989.

www.SID.ir