هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

آنالیز میزان پراکندگی میدان آکوستیکی توسط یک لایه از حباب هوا درون آب

حمید محمدی[۱]
Hamidmohamadi@hotmail.com
شیراز- خیابان شهید محلاتی-پژوهشکده هیدروفیزیک

محمود مرادی[۲]
Moradi@susc.ac.ir
شیراز-دانشگاه شیراز-بخش فیزیک

چکیده :

نتایج تحقیقات انجام گرفته در این مقاله نشان می دهد که که با قرار دادن یک لایه از توده حباب هوا در درشرایط مناسب در برابر یک میدان آکوستیکی می توان بر آن میدان اثر گذاشته و به میزان قابل توجهی شدت آکوستیکی آن را کاهش داده و ضمن از هم پاشیدن یک پارچگی امواج تابیده به توده حباب سیگنال اولیه را به مقدار زیادی تضعیف نمود و با این روش در اکو بازگشتی از توده حباب پراکندگی ایجاد کرد. به طور مشخص در این مقاله نشان داده شده است که با قرار دادن تنها یک لایه از حباب هوا که شعاع هایی از نیم میلیمتر تا حدود ده میلیمتر دارند می توان طیف بازتابش آکوستیکی میدان تابیده به توده حباب را تا یک دهم فرکانس مرکزی گسترده کرد و از این طریق گیرنده های سیستم های ردیاب را دچار اشتباه کرد .

کلمات کلیدی: سونار -حباب -پراکندگی- توده حباب -نوسان

مقدمه :

اساس کار سونارها ،فعال یا غیر فعال مبتنی بر دریافت اطلاعات آکوستیکی با شدت بیشتر و همبستگی بیشتر است .از طرف دیگر در مقابل این سیستم ردیاب که بطور روز افزون از امکانات بیشتر و خطای کمتر و دقت بیشتر برخوردار می شوند تأسیسات و شناورهای خودی می بایست در امان بوده و امکان استتار داشته باشند .

---

[1]-پژوهشگر در مرکز تحقیقات هیدرو فیزیک
[2]-استاد دانشگاه شیراز ـ بخش فیزیک

پدیده اختفا واستتار موضوعی است که در میان همه موجودات زنده برای فریب و نجات از دشمن استفاده شده و می شود هرموجودی که بخواهد از دشمن در امان مانده و زنده بماند باید بتواند هر سیستم ردیاب طبیعی یا مصنوعی را گمراه نموده خود را درمقابل آنها مخفی نماید .

حباب ها این توانائی را دارند که با پراکنش امواج ، سیگنالهای آکوستیکی منتشر شده از سوی سونارها را کم اثر کرده توانائی آنها را در ردیابی وکشف اهداف کاهش دهند و در نتیجه یک نقطه قوت برای تاسیسات دریائی کشور باشند و در نبرد های مبتنی بر ارسال و دریافت سیگنالهای آکوستیکی به یاری نیروهای خودی بیاید .

حبابها ذرات کشسانی هستند که در محیط قابل فشردنی[1] مانند آب و یا مایعات دیگر امکان حرکت طولی و یا شعاعی داشته ودر صورت دریافت انرژی کافی به نوسان می افتند. این نوسانات از دو جنبه حائز اهمیت است :

۱- به دلیل تولید مجدد نوسانات در فرکانس طبیعی حباب و وجود سطح مقطع آکوستیکی بالای حباب, یک حباب قادر است با تولید نوسانات متوالی در همان فرکانس خاصی که دریافت کرده است در یک سطح بسیار بزرگتر از سطح ظاهری آن صوت ثانویه را منتشر کند و تضعیف قابل توجهی در شدت میدان بازگشتی به منبع اولیه ارسال موج ایجاد کرده و نتیجتا" نوعی مخفی سازی آکوستیکی ایجاد نماید .

۲- پس از آنکه یک موج آکوستیکی با فرکانس خاص به حبابی تابانده شود به دلیل رفتار غیر خطی که حباب دارد انعکاس امواج اکوستیکی منتشر شده از حباب می تواند منحصرا" در همان فرکانسی نباشد که به آن تابیده می شود لذا می تواند طی یک پدیده پراکنش[2] مقداری از انرژی دریافتی را در فرکانس دیگری نیز منتشر کرده و بدین وسیله فرکانس اولیه را تضعیف کند .

دو پدیده فوق بخشی از اساس فرضیه کاهش شدت امواج آکوستیکی توسط دیواری از توده حباب جهت استتار دریایی است .

بر اساس نتایج تحقیقات انجام گرفته در مرکز تحقیقات هیدرو فیزیک با توجه به جنبه اول تاثیر حباب بر سونارها می توان از چند لایه حباب استفاده کرد و در مقابل تاسیسات خودی قرار داد و در صورت امکان و اجرائی شدن آن می توان در مقابل شناورهای خودی به صورت رزین های محتوی حباب دیواری مجازی قرار داد و با این وسیله مقدار زیادی از انرژی عبوری از این دیوار را مستهلک کرده و به طرزی قابل محسوس در مقابل سونارهای ردیاب استتار آکوستیکی کرد.

---

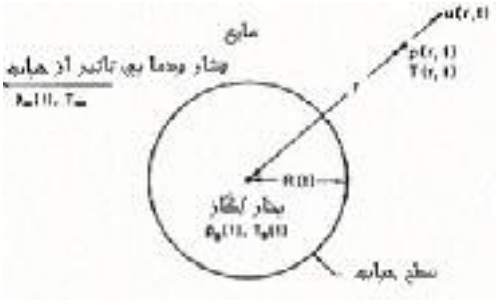
[1] Compressible
[2]-Scattering

در این آزمایشات به شکل نمونه یک لایه از توده حبابها با ابعاد و شعاع های متنوع و مختلف تولید گردید. با این روش می توان شرایطی را بوجود آورد که در یک فرایند تضعیف سازی و پراکنش بتوان توزیع گسترده ای تا یک دهم مقدار باند فرکانس مرکزی در میدان آکوستیکی موجود در محیط ایجاد کرد. با افزایش این لایه از نظر قطر و تعداد لایه ها می توان در میزان پراکندگی و تضعیف نهائی شدت میدان آکوستیکی وارد شده بر تاسیسات خودی و یا امواج منتشره از سونار اثر گذاشت.

تئوری :

یک حباب ایده آل را در شرایط فشار محیط p و دمای محیط T و در شرایط بی دررو در نظر می گیریم.

با فرض $R << \frac{\lambda}{2\pi}$ یا $\eta = \frac{2\pi R}{\lambda} << 1$ که R شعاع حباب و λ طول موج وارد شده بر حباب است حباب را در محیط یاد شده در نظر می گیریم[۱].



شکل ۱- یک حباب ایده آل در محیط آب در فشار و دمای بی تاثیر بر حباب

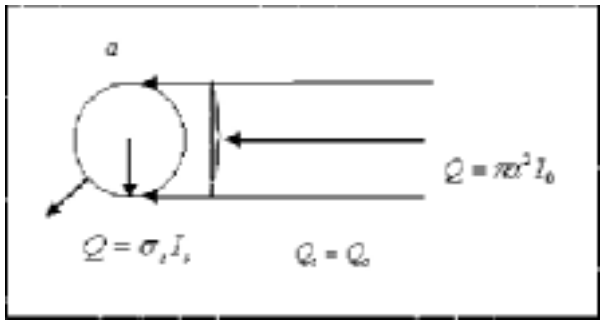
با فرض آنکه میدان آکوستیکی تابیده به حباب هیچگونه تلفات حرارتی نداشته باشد انرژی دریافت شده توسط حباب با انرژی پراکنده شده آن برابر است[۲] .

$$4\pi R^2 I_0 = \sigma_S I_s = Q \qquad (۱)$$

محاسبات نشان می دهد که یک حباب در اثر دریافت انرژی می تواند در فرکانس :

$$f_r = \frac{1}{2\pi}.\frac{1}{R}\sqrt{\frac{2\gamma P_0}{\rho}} \qquad (۲)$$

نوسان کرده و با توجه به رفتار غیر خطی که دارد در فرکانس های جانبی نیز به ارتعاش در آید .



شکل ۲- یک حباب ایده آل تحت تاثیر یک دسته موج ارسالی از سونار

به طور خلاصه می توان گفت امواج تولید مجدد حباب در فرکانس یاد شده و اطراف آن در یک سطح مقطع وسیعی بسیار بزرگتر از سطح مقطع واقعی آن منتشر می شود که این فاکتور سطح مقطع را با σ_s نشان داده و با مقدار زیر نشان می دهند :

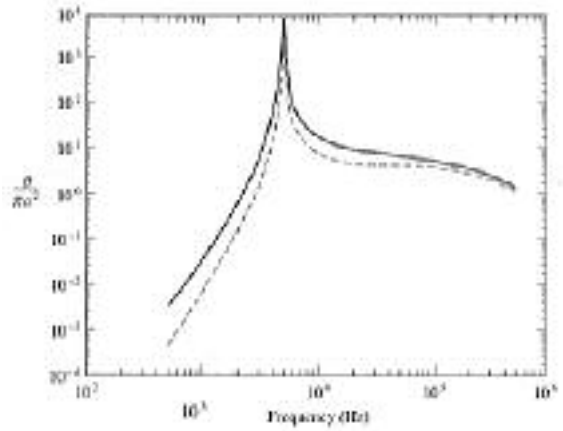
$$\sigma_S = \frac{4\pi R^2}{\left(\frac{f_r^2}{f_2} - 1\right)^2 + \eta^2} \qquad (۳)$$

هر چه به فرکانس رزنانس حباب نزدیکتر می شویم میزان این سطح مقطع بزرگتر می شود. لذا در صورت تابش امواج به حباب در فرکانس رزنانس آن این امکان وجود دارد که تابش مجدد حباب که به "بازتولید امواج" توسط حباب مشهور است در سطحی بسیار وسیع و همچنین در طیفی وسیع ایجاد شود. همان طور که در شکل بالا مشاهده می شود شدت امواج بازگشتی از حباب بسیار کمتر از مقدار ارسال شده است که این موضوع پایه این نظریه است که:

می توان با کمک حباب ها اثر بخشی سونارها را در دریافت انرژی دریافت امواج از محیط دریا کم کرد[۳].

افزایش سطح مقطع آکوستیکی چگونه بر شدت میدان آکوستیکی اثر می گذارد؟

به عنوان مثال برای یک حبابی با شعاع $a = 6.5 \times 10^{-4} m$ در فرکانس رزنانس نسبت شدت میدان آکوستیکی انعکاس یافته به فرستنده تا ۷۰۰۰ برابر کاهش می‌یابد. شکل (۳).



شکل ۳-سطح مقطع آکوستیکی برای یک حباب با شعاع ۰,۶۵ میلی متر در فشار یک اتمسفر (خط تو پر سطح مقطع کل و خط نقطه چین سطح مقطع پراکندگی است)

از بحث‌های فوق چنین نتیجه می‌شود که تشعشع آکوستیکی یک حباب به حدی است که گاهی در فرکانس رزنانس آن سطحی به اندازهٔ هزاران برابرسطح واقعی πa^2 ایجاد می‌کند . در شرایط ایده آل با فرض دریافت انرژی کافی از محیط با شدت I_{in}، در زمان باز پس دهی توانی معادل با Π_s را پس می‌دهد اما در سطحی هزاران برابر πa^2 :

$$\begin{pmatrix} \Pi_s = \sigma_s I_s \\ \Pi_a = \sigma_a I_s \end{pmatrix}, \Pi = \Pi_s + \Pi_a \qquad (۴)$$

$$\Pi = \sigma . I_s \qquad \text{و} \qquad I_s = \frac{\Pi}{\sigma} \qquad (۵)$$

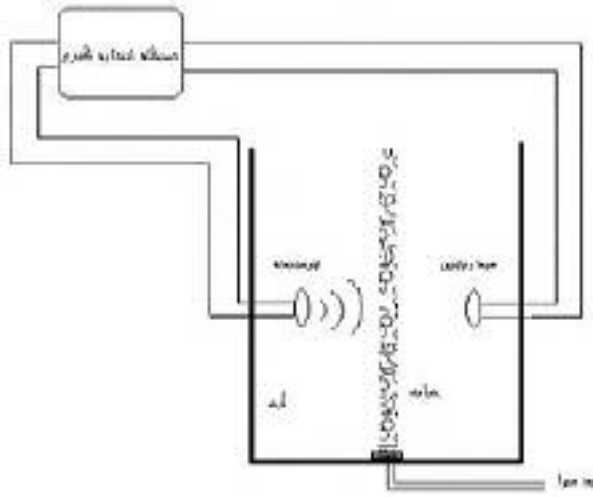
به این ترتیب شدت میدان آکوستیکی I_s هزاران برابر کوچک می‌شود :

$$\frac{I_s}{I_{in}} = \frac{\Pi / \sigma}{\Pi / \pi a^2} = \frac{\pi a^2}{\sigma} << 1 \qquad (۶)$$

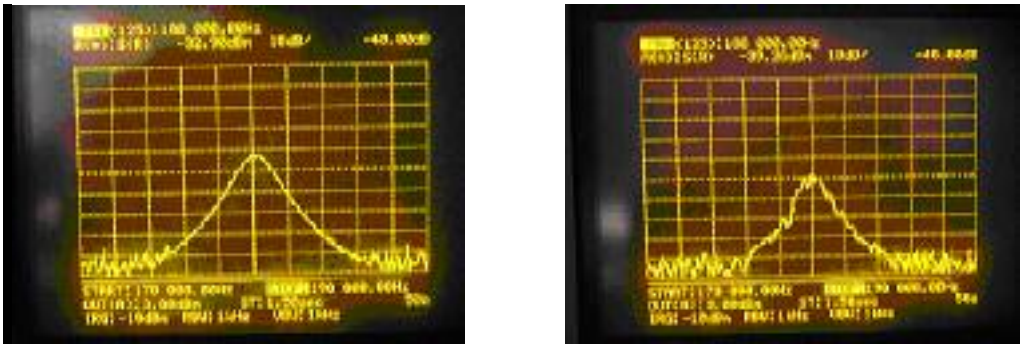
این مطلب بطور قابل توجهی بازده بالای حباب نوسانگر به عنوان یک تضعیف کننده پرتو صوت موج تابیده را اثبات می کند.

نتایج آزمایش:

در این آزمایش یک محیط آکوستیکی آب در شرایط واقعی ارسال و دریافت امواج آکوستیکی قرار گرفت و توسط دو هیدروفون استاندارد امواج ارسالی و امواج عبوری از توده حباب و همچنین در شرایط بدون حباب اندازه گیری شد و دو موج دریافتی با یکدیگر مقایسه گردید .شکل(۴) نمائی از عملیات تست را نشان می دهد .

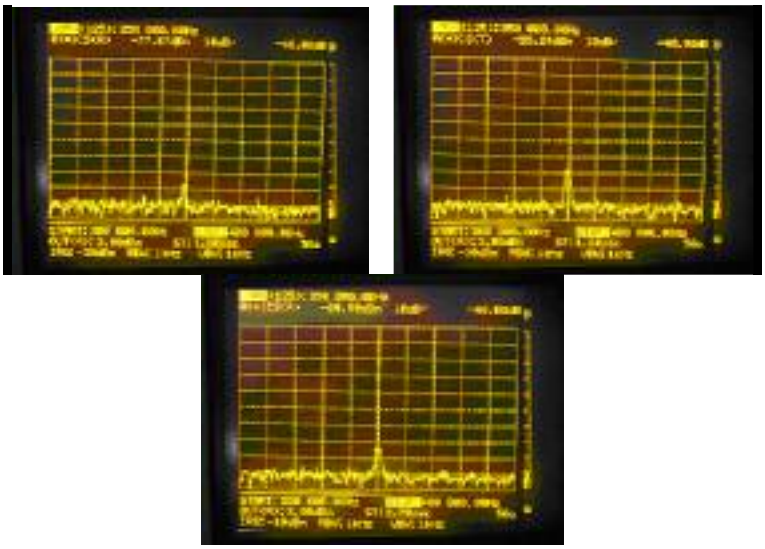


شکل ۴- نمائی از دستگاه تست حباب به همراه دستگاه اندازه گیری



a b

شکل(۵)-شکل a سیگنال دریافت شده در گیرنده در شرایط بدون حباب ، شکلbگیرندگی در حضور حباب می باشد



a b c

شکل(۶)- از سمت چپ :aسیگنال دریافت شده در گیرنده در شرایط بدون حباب ، bگیرندگی در حضور حباب ، وcگیرندگی متوسط انعکاسات در نزدیکی فرستنده می باشد

نتیجه گیری نهائی

جدول (۱) و نتایج تئوری فوق چنین نشان می دهد که در هر سیکل ارسال موج و باز تولید نوسان یک توده حباب ،نوسانات جدید در اطراف فرکانس مرکزی می تواند چهار نتیجه را در فرایند باز تولید نوسان ایجاد کند :

۱- نوسانات متوالی حباب ها در فرکانسهای مختلف بخشی از انرژی اولیه را دریافت و سپس در اثر تولید و نوسان مکرر در باند وسیعی از فرکانس، شناسائی حباب ها با ابعاد متفاوت را به کمک سونارها آسان تر کند.

جدول(۱) نتایج مشاهدات و مقایسه فرکانسهای تولید شده با فرکانس مرکزی

ردیف	فرکانس مرکزی	فرکانسهای جانبی مشاهده شده	ملاحظات
۱	70khz	61khz,63khz	شعاع حبابها بین ۰،۰۵میمتر تا ۱۰ میلیمتر می باشد
۲	120khz	115khz	
۳	130khz	مشاهده نشد	
۴	150khz	مشاهده نشد	
۵	160khz	167.5khz	
۶	170khz	۱۷۸,5khz	
۷	190khz	مشاهده نشد	
۸	200khz	نامشخص مشاهده شد	
۹	250khz	254khz,244khz	
۱۰	350khz	275khz,325khz	
۱۱	450khz	474khz	

۲- شکلهای ثبت شده در آزمایش گویای این حقیقت است که توزیع فرکانسی در اطراف فرکانس مرکزی تا حدود یک دهم فرکانس مرکزی گسترده شده است که در یک فرایند حباب سازی با توزیع ابعادی مختلف می تواند عامل تضعیف موج ثانویه گردد. .

۳- در صورت وجود لایه ای پهن تر از آنچه در این آزمایش وجود داشت و پراکندگی ابعاد مختلف حباب این توزیع فرکانسی می تواند تا دهها برابر افزایش یابد .

۴- بزرگ بودن سطح مقطع آکوستیکی حباب موجب تضعیف شدید در شدت اکو بازگشتی از توده حباب می گردد بطوری که ممکن است تا ۲۱۰۰۰ برابر شدت اولیه ،اکو بازگشتی تضعیف شود .

مراجع ومنابع :

[1]: The acoustic in the sea

[2]: Christopher Earls Brennen," Cavitation and bubble dynamics . Chapter 4. Dynamics of oscillating bubbles". Oxford University Press (1995).

[3]: Lawrence E.Kinsler,Austin R.Frey "Fundamentals of Acoustics",John Wiley&Sons,Inc.(2000)