

بررسی اثر تداخل بین بدنه و بال های تعادلی وسیله زیر سطحی

حسن قاسمی^{۷۰}
دانشگاه صنعتی امیر کبیر
gasemi@aut.ac.ir

حمیدرضا شاهی فر^{۷۴}
دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد
Hr_shahifar@yahoo.com

چکیده

وقتی که جسمی در حالت کاملاً غوطه ور حرکت می کند نیرویی در مقابل حرکت بر جسم وارد می شود که به آن مقاومت ویسکوز می گویند و این نیروی مقاومت به دو مولفه مقاومت اصطکاکی و مقاومت فرم (ویسکوز فشاری) تقسیم می شود. اگر جسم در نزدیکی سطح باشد نیروی دیگری بنام نیروی مقاومت موج سازی نیز بر جسم وارد می شود. هنگامی که دو جسم متفاوت (مانند بدنه و بالک های کنترلی) در کنار هم قرار گیرند مقدار نیروی درگ نهایی از جمع جبری نیروی درگ بدنه و بالک نتیجه نمی شود بلکه می بایست اثرات نیروی درگ تداخلی را نیز به آنها اضافه نماییم، در این تحقیق اثرات نیروی درگ تداخلی (INTERFERENCE DRAG) شناور زیرسطحی کاملاً غوطه ور در سرعت بالا ارائه شده است. در این پروژه مدل هایی از بدنه، بالک های کنترلی، و بدنه به همراه بالک ها به صورت سه بعدی ساخته و نیروهای درگ را در سرعت های مختلف با استفاده از معادلات ناویر استوکس و معادلات شبیه سازی جریان آشفتته $k-\epsilon$ حل نموده و نتایج را برای سه مدل بالک، وسیله زیر سطحی UUV و بدنه مرکب بررسی نموده و اثر آنها را بر روی هم تحلیل نموده ایم.

کلمات کلیدی: درگ تداخلی - درگ - زیر سطحی - حل عددی

^۱ - کارشناس ارشد مهندسی دریا - دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد - گروه مهندسی عمران
^۲ - استادیار و عضو هیات علمی دانشکده کشتی سازی و صنایع دریایی

۱- مقدمه

در طراحی یک جسم کاملاً شناور نکته مهمی که وجود دارد آنست که بعد از طراحی و انتخاب سطوح و اجزای تشکیل دهنده پوسته خارجی می بایست کل جسم را در مجموع بررسی نمود زیرا در تعیین نیروهای وارد بر یک وسیله شناور امکان برهمنش نیروها وجود ندارد، این تاثیر متقابل اجسام بر روی یکدیگر در مبحثی تحت عنوان درگ تداخلی (INTERFERENCE DRAG) بررسی می گردد و یکی از نمودهای طبیعی آن حرکت دست جمعی پرندگان مهاجر می باشد، دلیل این حرکت کاهش اثر نیروی پسا و در نتیجه کاهش مصرف انرژی در مسافت های طولانی است.

طی دو دهه اخیر روشهای زیادی برای محاسبه مقاومت کل شناور زیرسطحی ارائه شده است. روشهای المان مرزی در حل انتگرالی قضیه گرین و روش FEM در حل معادلات ناویر استوکس (Navier-Stokes Equations)، که هر کدام از این روشها ویژگیهای خاص خود را داراست. روش استفاده از معادلات ناویر استوکس نیز توسط بعضی از محققان استفاده و انجام شده است. این مقاله برای سه مدل بالک، بدنه وسیله زیرسطحی و ترکیب بدنه و بالک در سرعت بالا با استفاده از تولید مش سه بعدی تحلیل و محاسبات انجام شده است. این نتایج شامل توزیع فشار و نیروی پسا در سرعتهای مختلف می باشد.

[۱۴] ۳- مدل‌های حل شده در این پروژه

نحوه تحلیل نیروهای وارد بر وسیله مورد نظر از سه قسمت اساسی تشکیل شده است

۱- بدنه، بالک های ثابت، بالک های متحرک (سطوح کنترلی)

با توجه به اینکه درخواست مسئله مورد تحقیق، بررسی درگ وارد بر وسیله مورد نظر بوده است، ابتدایی ترین راه حل بررسی بالک های کنترلی در سرعت های مختلف می باشد، اما لازم است برای

اینکه به یک تئوری مشخص در خصوص بررسی نیروهای وارد بر یک بالک کنترلی برسیم باید اطلاعات کامل و جامعی از نیروهای وارد بر وسیله داشته باشیم و در واقع می بایست اثر تداخل جریان در هنگامی که بالک جدا از بدنه و متصل به بدنه می باشد را در نظر بگیریم.

بدین منظور ابتدا به بررسی تعیین نیروی پسا به شرح زیر اقدام نمودیم

۱- تعیین نیروی پسا ی بدنه وسیله متحرک بدون در نظر گرفتن بالکهای ثابت و متحرک

۲- تعیین نیروی پسا بر روی بالک ثابت

۳- تعیین نیروی پسا بر روی وسیله متحرک با در نظر گرفتن بالک های ثابت

در کلیه مراحل حل خواص آب دریا برابر با $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ و $\mu = 0.00109 \text{ kg/m-s}$ در نظر گرفته شده است

۳-۱- شبکه بندی و شرایط مرزی

در این پروژه با توجه به اینکه برای مدل سازی آشفتگی جریان از مدل $k-\epsilon$ استفاده گردیده ، شبکه بندی در کنار دیواره تا حد امکان ریز انتخاب شده تا جوابگوی مقادیر y^+ که معیاری در اندازه سلولهای شبکه در کنار دیواره مدلهای آشفته می باشد بوده و در این مورد برای مدل بالک محدوده $30 < y^+ < 500$ رعایت گردید، اما در مورد وسیله زیر سطحی با توجه به محدودیت حافظه رایانه که حدود $3GB$ را اشغال نموده بود ، مسئله تا جایی که حل مستقل از شبکه باشد ریز گردید بطوریکه از $y^+ = 2000$ تا مرحله $y^+ = 1400$ نتایج خروجی اختلاف بسیار ناچیزی داشتند و با قابلیت اطمینان بالایی می شود ادامه حل را مستقل از شبکه در نظر گرفت و اما در مرزهای ورودی ، تنها سرعت سیال داده شده است

۴. تعیین نیروی پسا ی بدنه وسیله متحرک بدون بالکهای ثابت و متحرک

این وسیله تشکیل شده از یک بدنه متقارن محوری با نسبت طول به قطر $L/D \approx 14$ که در انتهای

آن بالکهای ثابت قرار داشته و در ادامه بالکهای کنترلی نصب گردیده اند. (مطابق اشکال ۱ و ۲)

پارامترهای مطلوب و مورد نظر ما در این تحقیق محاسبه نیروهای پسا ی فشاری و اصطکاکی در سرعتهای مختلف می باشد ، و در واقع در این پروژه علاوه بر تعیین نیروهای پسا به دنبال رابطه ای هستیم تا بتوانیم در محاسبات طراحی و بهینه سازی از مدلهای کوچکتر و با سرعت حل بالاتر مدت زمان انجام تحقیق را کمتر نموده و دقت را افزایش دهیم.

در اولین گام بدنه وسیله مورد نظر را در میدانی مشابه (شکل ۱۰) مدل سازی نموده و مطابق (اشکال ۳ و ۴) مش بندی نمودیم و نیروی درگ لزجی و فشاری آن را محاسبه نموده ایم که نتایج آن با توجه به نتایج تجربی از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است و خلاصه آن در (شکل ۵) نمایش داده شده است. [۱۱]

۵. بررسی نیروی درگ بالک های ثابت به تنهایی

با توجه به اینکه بالکهای ثابت به بدنه وسیله متصل هستند ، می بایست به گونه ای مدل سازی انجام شود که اثر سطوحی که متصل به بدنه هستند در تعیین نیروی درگ فشاری وارد نگردد ، زیرا نیروی درگ فشاری از اختلاف فشار بین سطوح عمود بر جریان به وجود می آید . و در صورت ورود سطح اضافی به مسئله نتایج با واقعیت مطابقت نخواهد داشت ، بدین منظور بعد از بررسی مدلهای مختلف ، مدلی مطابق با (اشکال ۶ و ۷ و ۸) مدل سازی گردیده و حل شد که نتایج در (شکل ۹)

۶. بررسی نیروی درگ وسیله زیر سطحی به همراه بالک های ثابت

با توجه به اثر تداخلی جریان (interference drag) توقع داریم که نتیجه نیروی درگ اعمالی به بدنه مرکب از پوسته و بالکهای ثابت از مجموع درگ اعمالی به آنها کمتر گردد به همین منظور اقدام به مدل سازی بدنه مرکب مطابق با (شکل ۱۰) نمودیم که نتایج در (شکل ۱۱) نشان داده شده است.

۷. نتیجه گیری

بعد از بررسی نیروهای درگ فشاری، اصطکاکی و درگ کل برای بدنه تنها، بالک تنها، بدنه و بالک نتایج حاصله با هم مقایسه گردید تا الگوی مناسبی برای مدل سازی های آینده حاصل شود..

۷-۱. درگ فشاری:

درگ فشاری برای پوسته از رابطه زیر قابل محاسبه است

$$F_{Body} = 4.7379V^{2.008} \quad (۱)$$

از طرفی داریم $F = \frac{1}{2}C_D\rho AV^2$ و برای چهار بالک بتنهائی خواهیم داشت:

$$F_{wings} = 2.691V^{1.996} \quad (۲)$$

در صورتی که نیروی درگ بالکهای ثابت و پوسته را با هم جمع نموده و اثر تداخلی را در نظر نگیریم

$$F_{Body+wings} = 7.427V^{2.003} \quad (۳)$$

و برای بدنه مرکب از بالکهای ثابت و پوسته با در نظر گرفتن اثرات تداخلی بین بدنه و بالک خواهیم داشت

$$F_{Total} = 6.23V^{1.994} \quad (۴)$$

با توجه به روابط بدست آمده و نمودارها می توان رابطه زیر را برای محاسبه نیروی درگ فشاری ارائه داد

$$F_{Total} = F_{Body} + \frac{1}{2}F_{wings} \quad (۵)$$

در نتیجه می توان برای طراحی سطوح کنترلی وسیله زیر سطحی جهت محاسبه نیروهای درگ فشاری و طراحی بهینه در راستای کاهش این نیروها بر روی طراحی بدنه و بالک ها به طور جداگانه تمرکز نمود و در نهایت با استفاده از رابطه بدست آمده فرم بالک و یا بدنه مناسب را انتخاب نمود.

۲-۷. درگ اصطکاکی:

برای بدنه وسیله زیر سطحی به تنهایی نیروی درگ اصطکاکی رابطه زیر را خواهیم داشت

$$F_{Body} = 19.32V^{1.894} \quad (۶)$$

و برای بالکهای ثابت به تنهایی خواهیم داشت

$$F_{wings} = 2.55V^{1.663} \quad (۷)$$

و اما در صورتی که جداگانه بالکهای ثابت و پوسته را با هم جمع نماییم

$$F_{body+wings} = 23.05V^{1.845} \quad (۸)$$

و برای بدنه مرکب از بالکهای ثابت و پوسته خواهیم داشت با در نظر گرفتن اثرات تداخلی

$$F_{total} = 21.54V^{1.879} \quad (۹)$$

مجدداً با توجه به روابط بدست آمده و با توجه به (شکل ۱۳) می توان رابطه زیر را به طور تقریبی برای محاسبه نیروی درگ اصطکاکی ارائه داد

$$F_{Total} = F_{Body} + \frac{1}{2} F_{wings} \quad (۱۰)$$

۳-۷. ضریب درگ کل

در صورتی که برآیند نیروهای درگ فشاری و اصطکاکی برای بدنه و بالکها را در نظر بگیریم ، خواهیم داشت.

برای بدنه تنها

$$F = 23.81V^{1.923} \quad (11)$$

برای بالکهای ثابت به تنهایی

$$F = 4.7V^{1.91} \quad (12)$$

و برای بدنه مرکب از بالکهای ثابت و پوسته خواهیم داشت

$$F = 28.86V^{1.886} \quad (13)$$

و اما در صورتی که جداگانه بالکهای ثابت و پوسته را با هم جمع نماییم

$$F = 28.51V^{1.921} \quad (14)$$

با استفاده از (شکل ۱۴) خواهیم داشت

$$F_{Total} = F_{Body} + \frac{1}{2}F_{wings} \quad (15)$$

از روابط بدست آمده بخوبی می توان تفاوت اثر نیروی درگ تداخلی در تحلیل مسائل را درک نمود و

برای تحلیل و طراحی بدنه وسیله زیر سطحی مشابه می توان از رابطه کلی زیر بهره جست

نیروی درگ کل = نیروی درگ بدنه به تنهایی + نصف نیروی درگ بالکهای ثابت

$$Total \ Force \ Drag = Force \ Drag \ for \ body + \frac{1}{2}(Force \ Drag \ for \ Wings)$$

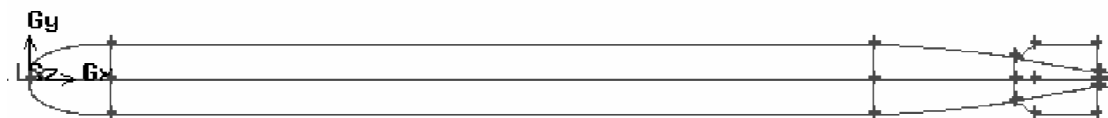
از رابطه فوق که برای نیروهای درگ فشاری، اصطکاکی و درگ کل برقرار است می توان استفاده نمود و با

استفاده از مدل‌های کوچکتر تمرکز بیشتری بر روی بهینه سازی بالکهای ثابت و فرم بدنه بدست آورد و در مدت

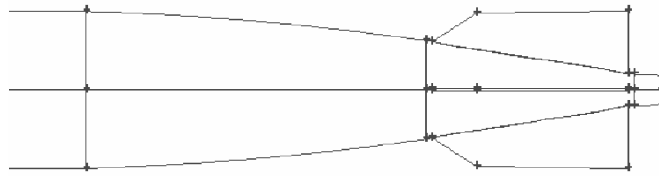
زمان کمتر اقدام به بهینه سازی فرم بالکهای ثابت نمود

۸. مراجع

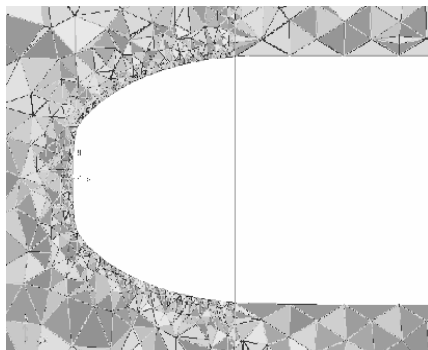
1. Hong, S. and Choi, H. : Steady and Unsteady Ship Waves by a Higher-Order Boundar Element Method, 19th Symposium of Naval Hydrodynamics, 1996.
 2. Wehausen, J.V.: The Wave Resistance of Ship, Advances in Applied Mechanics, 1993.
 3. L. Larson and E. Baba, Ship resistance and Flow Computations”, Chapter 1 of the Textbook of Advances in Marine Hydrodynamics, Edited by M. Ohkusu, 1996.
 4. Liu, H & Kodama, Y.: Computation of Waves Generated by a Ship Using an NS Solver with Global Conservation, Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 173, 1993.
 5. John D. Anderson, Jr., Fundamental of Aerodynamics, McGRAW-HILL, 1991.
 6. Prof. Michael Triantafyllou, Lectures: Maneuvering and Control of Surface and Underwater Vehicles, MIT OpenCourseWare, Fall 2000
 7. James M. Simon and William B. Blake, Missile Datcom: High Angle Of Attack Capabilities, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1999.
 8. Sighard F. Horner , Fluid dynamic Drag, Author 1958
- ۹- پایان نامه کارشناسی ارشد تحلیل نیروهای هیدرودینامیکی وسیله متحرک زیر سطحی (حمیدرضا شاهی فر)



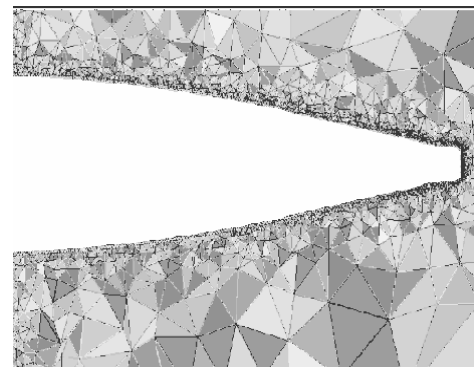
شکل ۱- نمایی از وضعیت قرار گیری بالکهای تعادلی در انتهای وسیله



شکل ۲- نمایی از وضعیت انتهای وسیله و محل قرار گیری بالکهای کنترلی

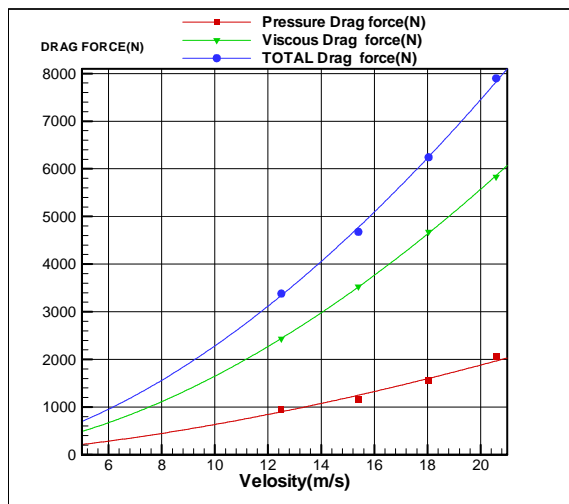


شکل ۴- شبکه بندی سطح دماغه وسیله زیر



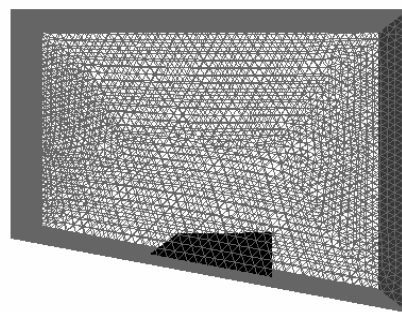
[۱۵] شکل ۳- شبکه بندی سطح دم وسیله

سطحی



شکل ۵. نمودار نیروهای پسای فشاری، لزجی

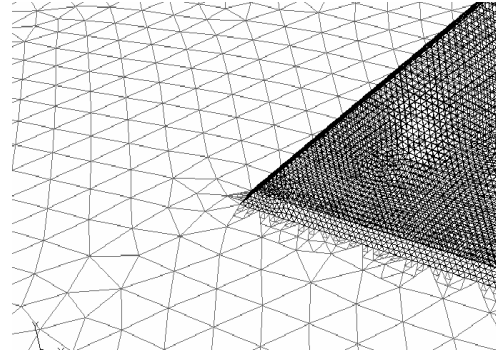
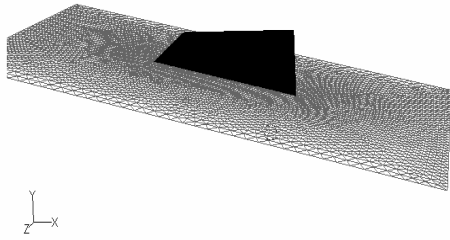
و کل وارد بر بدنه وسیله زیر سطحی



شکل ۶. میدان در نظر گرفته شده برای تعیین

نیروهای وارد بر بالک کنترلی ثابت وسیله زیر

سطحی

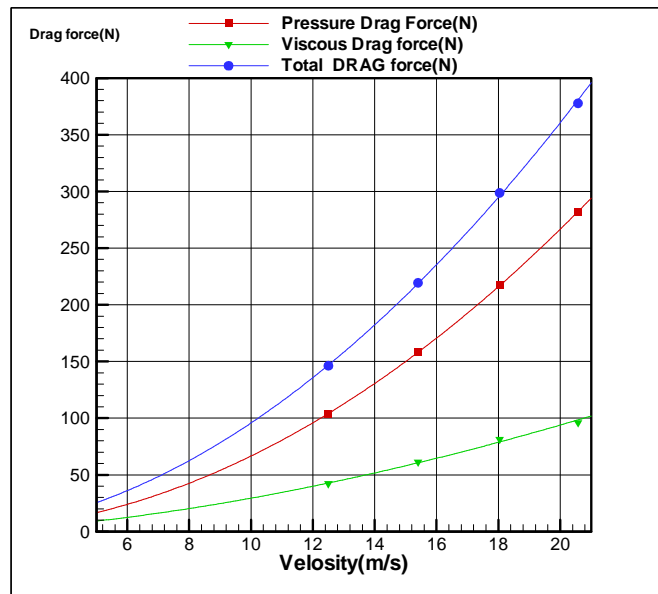


شکل ۸. نمایی از بالک ثابت وسیله زیر

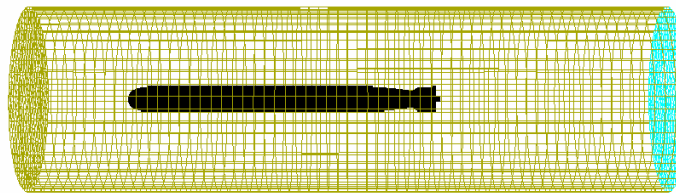
شکل ۷. نحوه مش بندی سطح بالک و نحوه

سطحی

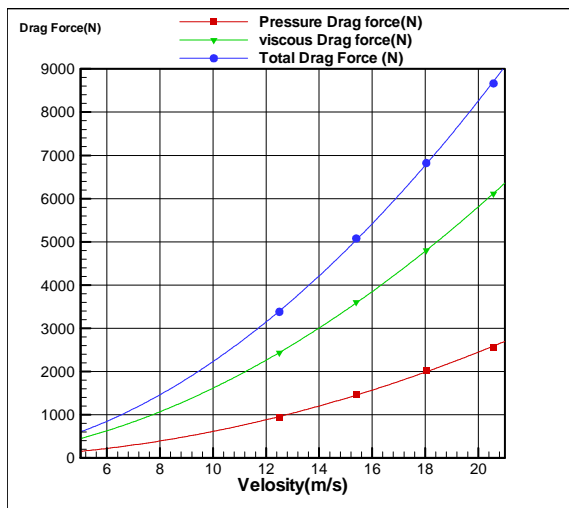
اتصال آن به میدان در نظر گرفته شده



شکل ۹. نیروهای پسای فشاری، لزجی و کل وارد بر بالک ثابت وسیله زیر سطحی

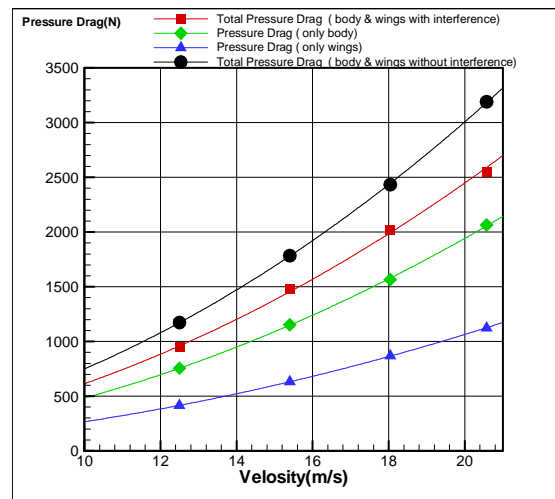


شکل ۱۰. مدل ساخته شده از بدنه وسیله به همراه بالکها



شکل ۱۱. نیروهای پسای فشاری، لزجی و کل

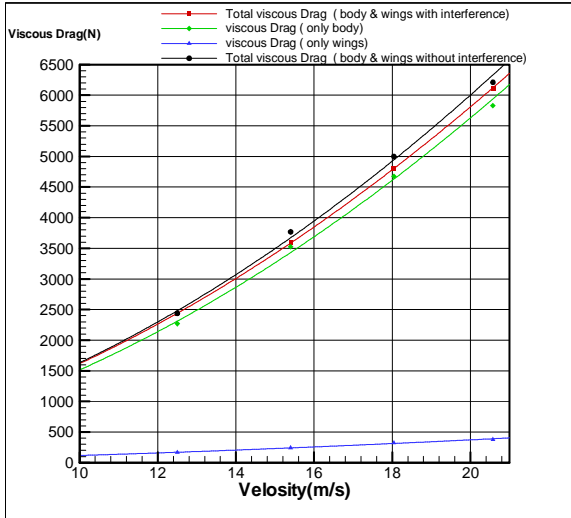
وارد بر وسیله زیر سطحی (بالک ها و بدنه)



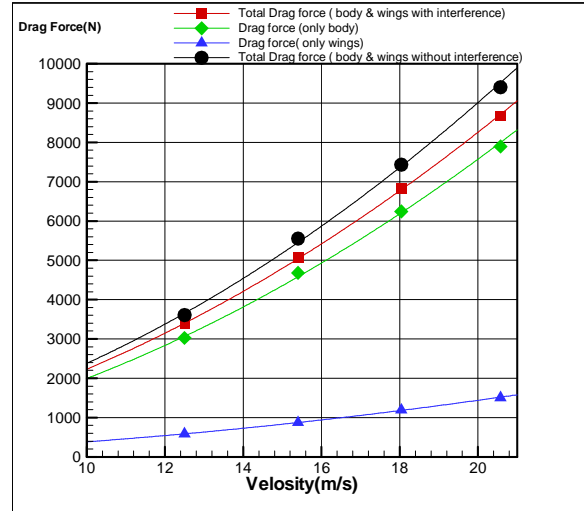
شکل ۱۲. نیروی درگ فشاری برای بدنه،

بالکها ، بدنه و بالکها با اثرات تداخلی و

بدون اثرات تداخلی



شکل ۱۳. نمودار نیروهای درگ لزجی برای بدنه، بالکها، بدنه و بالکها با در نظر گرفتن اثرات تداخلی و اثرات تداخلی



شکل ۱۴. درگ کل برای بدنه، بالکها، بدنه و بالکها با در نظر گرفتن اثرات تداخلی و بدون اثرات تداخلی