

بررسی تاثیر صفحه‌های جداکننده بین کانتینر و کابین در آیرودینامیک ون-کامیون و مصرف سوخت آن

کوروش گودرزی^۱

استادیار

محمد حسن شجاعی فرد^۲

استاد

روح اله طالبی^۳

استادیار

شهاب الدین شهباز^۴

دانشجوی کارشناسی ارشد

آیرودینامیک و نقش آن در کاهش نیروی مقاومت هوا، کاهش مصرف سوخت، کنترل خودرو و نیز کاهش سرو صدا، موضوعی است که امروزه فراوان به آن پرداخته می‌شود. در این مقاله به بررسی نقش صفحات جداکننده بین کانتینر و کابین در آیرودینامیک ون-کامیون‌ها پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا با تحلیل مدل ساده‌ای از یک ون-کامیون با استفاده از نرم افزار Ansys-CFX و محاسبه ضریب درگ آن، نتایج حاصل شده با داده‌های تجربی مقایسه گشته و پس از صحت‌گذاری بر مراحل مختلف تحلیل، با اضافه کردن صفحه‌های جداکننده، حالات مختلفی از نحوه قرارگیری آنها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. افزایش تعداد صفحه‌ها، محل قرارگیری آنها و ارتفاع هر کدام از صفحات از جمله مواردی هستند که در این مقاله به بحث گذاشته شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش تعداد صفحه‌ها باعث کاهش ضریب درگ و مصرف سوخت شده و بهبود شرایط آیرودینامیکی را سبب خواهد شد. همچنین افزایش فاصله صفحه‌ها از قسمت جانبی کانتینر نیز به طور کلی باعث کاهش ضریب درگ و در نهایت کاهش مصرف سوخت می‌گردد. این در حالی است که قاعده‌ای کلی برای تاثیر ارتفاع صفحه‌ها بر ضریب درگ ون-کامیون و مصرف سوخت آن نمی‌توان عنوان کرد.

واژه‌های راهنما : ون-کامیون، صفحه‌های جداکننده، نیروی آیرودینامیکی، ضریب درگ، مصرف سوخت

۱- مقدمه

در وسائل نقلیه سنگین، آیرودینامیک نقش بسیار مهمی در کاهش نیروی پسا، کاهش مصرف سوخت، کنترل خودرو و نیز کاهش سرو صدا دارد. این موضوعی است که امروزه فراوان به آن پرداخته می‌شود. به عبارت دیگر کاهش نیروی پسا (درگ) از نظر اقتصادی مهمترین عامل در طراحی وسائل نقلیه سنگین به شمار می‌آید. بنابراین استفاده از تجهیزات آیرودینامیکی، از راهکارهای مناسب در جهت بهبود آیرودینامیکی، کاهش ضریب

^۱ نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه یاسوج kgoudarzi@yu.ac.ir

^۲ استاد، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت تهران

^۳ استادیار، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت تهران

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت تهران

درگ و توسط آن کاهش مصرف سوخت و در نتیجه صرفه جویی در هزینه ها و بعلاوه کاهش اثرات محیطی می باشد [۱].

کلیه خودروها در هوا که یک سیال است حرکت می کنند. از این رو با شکل گیری یک لایه هیدرودینامیکی بر روی بدنه خودرو، نیروی درگ بر روی خودرو اثر می گذارد. حال اگر این نیرو به هر صورتی به مقدار حداقل و بهینه رسانده شود، می توان تا حد قابل ملاحظه ای در مصرف سوخت صرفه جویی کرد و بنابراین تا حد زیادی از تولید آلاینده ها جلوگیری می شود.

در طول سه دهه قبل تحقیقات زیادی پیرامون آیرودینامیک خودروهای تجاری انجام گرفته است. در سال (۱۹۹۱) گری [۲] تست تونل باد را برای خودروهای تجاری جهت محاسبه ضریب درگ انجام داد. واتکینز [۳] کاهش ضریب درگ توسط وسایل آیرودینامیکی به منظور ایجاد جریان خط جریانی اطراف خودروهای تجاری در تست جاده ای و همچنین تونل باد را بررسی کرد. همچنین گری [۴] توسعه اجزای آیرودینامیکی برای کانتینر خودروهای تجاری با کاهش فاصله بین کابین و کانتینر توسط دفلیکتور ها و همچنین با گرد کردن لبه های کانتینر به منظور کاهش ضریب درگ را مورد بررسی قرار داد. در سال (۱۹۸۱) نیز رز [۵] مزایای کاهش ضریب درگ در کاهش مصرف سوخت را برای خودروهای تجاری در تست تونل باد با مقیاس کامل انجام داد. سپس ارتباطی بین کاهش ضریب درگ و مصرف سوخت را برای سرعت ثابت و در تست تونل باد برای استفاده از وسایل آیرودینامیکی برقرار کرد، در استفاده این وسایل به طور همزمان در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت، بیشترین کاهش ضریب درگ را (حدود ۳۶٪) و بهبود مصرف سوخت را (۱۶٪) محاسبه کرد. لاکشمن [۶] با تغییر ابعاد کابین و کاهش فاصله بین کابین و تریلر خودروهای تجاری سنگین کاهش ضریب درگ و صرفه جویی در مصرف سوخت را به کمک دینامیک سیالات محاسباتی مورد بررسی قرار داد. میرالبس در سال (۲۰۰۴) [۷] بهبود آیرودینامیکی تانکر خودروهای تجاری و تاثیر آن در بهبود مصرف سوخت را با استفاده از نرم افزار فلوئنت مورد مطالعه قرار داد که بیشترین کاهش در ضریب درگ در حدود ۲۳٪ محاسبه شد. در همان سال وود عنوان کرد که سهم درگ فشاری در خودروهای سنگین از کل نیروی درگ تا ۸۰٪ خواهد رسید و مابقی آن را درگ اصطکاکی تشکیل خواهد داد [۸]. وانگ و همکاران در سال (۲۰۰۵) از طریق تونل باد و نیز روش عددی به بررسی نقش اضافه کردن یک گرده ماهی بر روی کابین یک ون-کامیون پرداختند. مدل توربولانسی که آنها از آن استفاده کردند، مدل $k-\epsilon$ RNG است. آنها اثبات کردند که استفاده از این برآمدگی منحنی شکل بر روی کابین می تواند تا ۲۱٫۵٪ در کاهش ضریب آیرودینامیک موثر باشد [۹]. سینگ و همکاران در سال (۲۰۰۵) به بررسی تجربی و محاسباتی تاثیر تزریق ممنتومی از طریق یک استوانه دارای سرعت چرخشی پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده، ضریب درگ با استفاده از یک استوانه با شعاع یک سانتیمتر و سرعت دورانی ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، ۳۵٪ کاهش خواهد داشت [۱۰]. ون ریمدانک و همکاران در سال (۲۰۰۸) به بررسی تجربی نقش افزودن قطعات اضافی مانند پوشش های جانبی در بین چرخ های کامیون و یا گرد کردن گوشه ها، در کاهش ضریب درگ پرداختند. آنها با انجام بیش از ۹۰ مورد تست در حالات مختلف در تونل باد به این نتیجه رسیدند

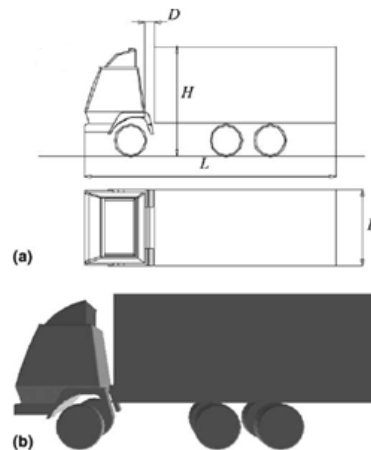
که استفاده از پوشش های جانبی می تواند تا ۱۴٪ در کاهش ضریب درگ کامیون موثر باشد [۱۱]. زولفا^۱ و همکاران نیز در سال (۲۰۱۰) با انجام یکسری آزمایشات به بررسی نقش قطعات اضافی که بر روی کامیون برای کاهش ضریب درگ نصب می گردند همراه با در نظر گرفتن نقش مسیر حرکت کامیون پرداختند. بر اساس نتایجی که آنها ارائه کردند کامیون هایی که در مسیرهای طولانی حرکت می کنند تا دو برابر کامیون هایی که در مسیرهای شهری رفت و آمد دارند، کاهش مصرف سوخت خواهند داشت [۱۲].

علاوه بر تحقیقات ذکر شده در فوق، مطالعات تجربی و عددی دیگری نیز در زمینه آیرودینامیک خودروهای سنگین انجام گرفته است. از جمله آن می توان به کار دانیل و همکاران اشاره کرد. وی با روش عددی تاثیر وسایل کاهش درگ را بر روی یک مدل کامیون کلاس ۸ بررسی نمود [۱۳].

بنابراین یکی از راه هایی که در کامیون ها برای کاهش ضریب درگ و در نتیجه مصرف سوخت مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از صفحات جداکننده بین کانتینر و کابین است که تحقیقات در این زمینه نشان از کاهش ۴٪ در مصرف سوخت دارد. اما تا کنون تحقیق جامعی پیرامون تعداد صفحات، محل قرارگیری آنها و ابعاد آنها از منظر بهینه سازی انجام نگرفته است. در این مقاله، با استفاده از روش عددی تاثیر صفحات جداکننده بین کانتینر و کابین بر روی آیرودینامیک ون-کامیون مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- بررسی نتایج تجربی بدست آمده از تونل باد

مدل ون-کامیونی که برای انجام تست تونل باد مورد نقد و بررسی قرار گرفته است، یک کامیون از نوع STEYR Post Van و با مقیاس ۱:۱۰ است که در شکل (۱) نشان داده شده و ابعاد و اندازه های کلی آن در جدول (۱) آمده است. این تست در یک تونل باد با سرعت 40 m/s انجام گرفته است. همچنین برای انجام این تست از نقش آیینیه ها و سایر قسمت ها که نقش تعیین کننده ای در رفتار آیرودینامیکی ندارند، صرف نظر شده است [۹].



شکل ۱- مدل تجربی ون-کامیون [۹]

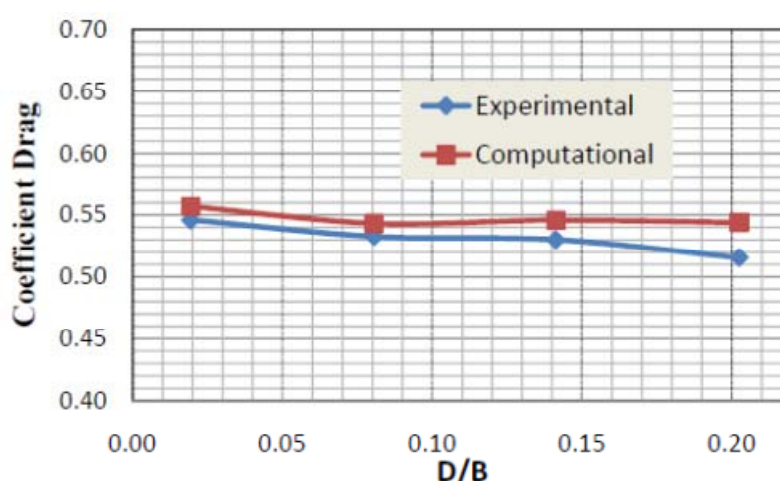
¹ Zulfaa

در این مدل ساده، L طول کلی کامیون، B عرض، H ارتفاع و D فاصله بین کانتینر و کابین است. عرض قسمت منحنی روی کابین ۱۸ cm، طول آن ۱۰ cm و ارتفاع آن ۷٫۲ cm است و بخشی از دایره‌ای با شعاع ۲۰٫۴ cm را شامل می‌شود. ابعاد و اندازه‌های کلی کامیون مورد استفاده در تست تجربی نیز مطابق جدول زیر می‌باشد.

جدول ۱- ابعاد و اندازه‌های کلی کامیون مورد استفاده در تست تجربی [۹]

مقدار	بعد	مشخصه هندسی
۲۸۰ cm	L	طول کلی کامیون
۵ cm	D	فاصله بین کانتینر و کابین
۲۴ cm	B	عرض کامیون
۳۶ cm	H	ارتفاع کامیون

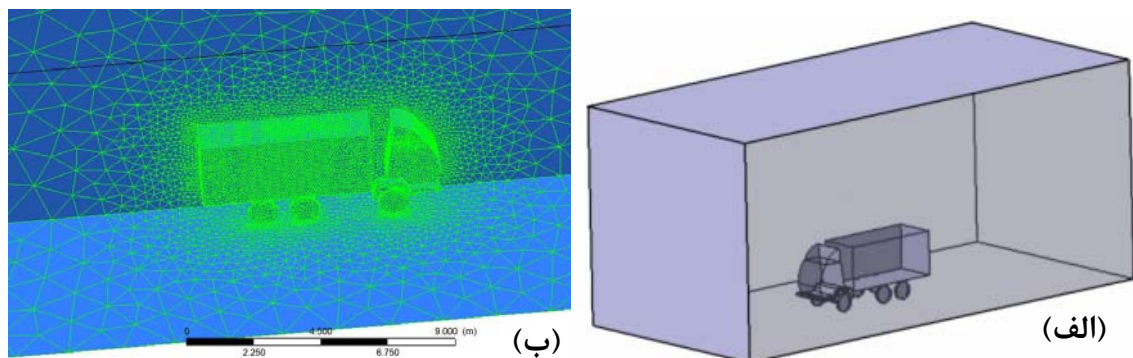
در شکل (۲) نتایج تجربی که از تست تونل باد نمونه ساخته شده بدست آمده، نشان داده شده است. در این شکل ضریب درگ بر مبنای مقدار فاصله بین کانتینر و کابین به عرض کامیون (D/B) آورده شده است. بر این اساس همانطور که مشخص است با ثابت نگهداشتن عرض کامیون و با افزایش فاصله کانتینر و کابین، ضریب درگ کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر با افزایش فاصله کانتینر و کابین محدوده تحت تاثیر جریان هوا بر روی ون در مقایسه با جریان مستقیم هوای برخوردی به کانتینر بزرگتر خواهد شد و این سبب می‌شود که فشار متوسط در منطقه فشار مثبت کاهش یابد و در نهایت سبب کم شدن نیروی درگ می‌شود. با اینحال افزایش D نمی‌تواند محدود باشد زیرا سبب افزایش طول ون و افزایش تاثیر باد جانبی خواهد شد و در نتیجه آن کنترل پذیری خودرو به سختی انجام می‌گیرد. این نمودار تجربی که نشان دهنده تاثیر فاصله بین کانتینر و کابین است، مبنای مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی قرار گرفته است و صحت‌گذاری بر تحلیل مدل اولیه، با استناد بر آن انجام شده است.



شکل ۲- مقایسه ضریب درگ بر اساس مقدار D/B برای تست تجربی و تحلیل عددی [۹]

۳- تحلیل عددی ون-کامیون

مدل هندسی استفاده شده در این مقاله با استفاده از نرم افزار Catia تهیه شده است. ابعاد و اندازه‌های این مدل دقیقاً مشابه با مدل بکار رفته در تونل باد می‌باشد. پس از ترسیم مدل کامیون، در مرحله بعدی این مدل در تونل باد با در نظر گرفتن میدان محاسباتی تکمیل شده است (شکل (۳)). سپس جهت مش‌بندی و تحلیل جریان سیال داخل میدان محاسباتی به نرم افزار Ansys-CFX ارسال شده است.



شکل ۳- الف: مجموعه کامیون و تونل باد بعنوان مدل ب: بخشی از شبکه بندی ایجاد شده

۳-۱- شبکه‌بندی

برای مش‌بندی مدل از نرم افزار Ansys استفاده شده است. در این نرم افزار ضمن ایجاد المان‌های مورد نیاز بر روی نمونه، مرزهای مدل (ورودی، خروجی، دیواره‌ها، زمین و بدنه کامیون) تعریف می‌شوند. روشن است که انتخاب تعداد و نوع مناسب و بهینه المان‌ها به منظور مش‌بندی، منجر به رسیدن به دقت کافی در حل مسئله و جلوگیری از انجام محاسبات اضافی، بی اثر و زمانبر می‌گردد. برای این منظور و جهت دستیابی به این هدف با تغییر پارامترهای موجود در نرم افزار، مدل در چند حالت مختلف با تعداد المانهایی از نزدیک به ۱۰۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰۰ المان مش‌بندی می‌شود. بر این اساس همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، در هر حالت با افزایش تعداد المان‌ها، جواب عددی به جواب تجربی نزدیکتر شده و مقدار خطا کمتر می‌گردد تا اینکه تقریباً به یک حالت ثابت نزدیک شده و لذا افزایش بیشتر المان‌ها تاثیری در جواب مسئله و همگرایی به نتایج تجربی نخواهد داشت و تنها سبب افزایش زمان مورد نیاز برای حل مسئله می‌گردد. این مطلب در جدول (۲) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در شبکه انتخاب شده مش لایه مرزی نیز انجام شده است. مقادیر y^+ بر روی دیواره‌ها نیز همین موضوع را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تعداد المان، نیرو و ضریب درگ برای مدل اولیه ون-کامیون

تعداد المان	نیروی آیرودینامیکی (درگ)	ضریب درگ
۹۷۸۴۹	۲۳۸۰٫۹۶	۰٫۶۹۶۵۴۶
۱۸۷۸۷۱	۲۰۴۰٫۹۶	۰٫۵۹۷۰۷۹
۲۷۰۴۱۴	۲۰۳۳٫۳۸	۰٫۵۹۴۸۶۹
۳۸۰۱۵۶	۱۹۴۵٫۲۷	۰٫۵۶۹۰۸۵
۴۷۷۸۶۵	۱۸۶۱٫۹۴	۰٫۵۴۴۷۰۷
۵۷۰۳۹۹	۱۸۰۷٫۸۱	۰٫۵۲۸۸۷۲
۶۶۰۹۲۵	۱۸۲۵٫۱۱	۰٫۵۲۷۲۶۵

بدین ترتیب بر اساس آنچه نشان داده شد، تعداد المان مناسب برای مش‌بندی مدل، مقدار ۴۷۷۸۶۵ انتخاب می‌گردد که در مرز رسیدن به حالت ثابت قرار دارد. همانطور که در جدول ۲ نیز آورده شده است ضریب درگ در این حالت برابر با ۰٫۵۴۴ است که اختلاف کمی با نتایج تست تجربی که تقریباً ۰٫۵۱۵ است، دارد. ضریب درگ در هر دو تحلیل تجربی و عددی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C_D = D / \left(\frac{1}{2} A \rho V^2 \right) \quad (1)$$

که C_D ضریب درگ، A سطح تصویر شده خودرو، ρ دانسیته هوا و V سرعت خودرو نسبت به هوا می‌باشد. البته افزایش بیشتر المان‌ها منجر به نزدیکی بیشتر جوابهای عددی به نتایج تجربی خواهد شد اما از آنجا که حجم محاسبات و زمان مورد نیاز برای تحلیل به شدت افزایش می‌یابد، و نیز با توجه به اختلاف کم با نتایج تجربی و بهینه بودن تعداد المان انتخاب شده برای حل مسئله به صورت عددی از لحاظ حجم محاسبات، ادامه تحلیل‌ها در این مقاله با تنظیماتی که برای رسیدن به تعداد المان ۴۷۷۸۶۵ صورت گرفته است، انجام می‌پذیرد. لازم به ذکر است که در این مقاله، تحلیلی که روی مدل اولیه ون-کامیون با تعداد المان ۴۷۷۸۶۵ انجام شد، به عنوان حالت پایه در نظر گرفته می‌شود. مقدار ضریب درگ این قسمت علاوه بر مقایسه با نتایج تجربی برای صحت‌گذاری بر محاسبات تحلیلی، به عنوان مبنایی برای مقایسه با حالات مختلف قرار دادن صفحه‌های جداکننده و بررسی نقش آنها خواهد بود.

۲-۳- شرایط مرزی

شرایط مرزی که برای این مسئله تعریف شده است مطابق با جدول (۳) می‌باشد. در این مقاله شرط مرزی ورودی سرعت باد، شرط مرزی خروجی فشار هوای جو، شرط مرزی دیواره‌ها عدم لغزش و زمین متحرک با سرعت باد در نظر گرفته شده است تا حرکت خودرو به طور کامل در تول باد شبیه‌سازی شود.

جدول ۳- شرایط مرزی مسئله

سرعت ورودی	۴۰m/s
فشار خروجی	۱۰۱۳۲۵Pa
دیواره ها	شرط لغزش آزاد ^۱
زمین	شرط عدم لغزش ^۲ , $u=40\text{m/s}$
بدنه کامیون	شرط عدم لغزش
شدت توربولانس ورودی	به دلیل فاصله زیاد سطح ورودی تا بدنه خودرو مقدار آن ناچیز فرض شده است.

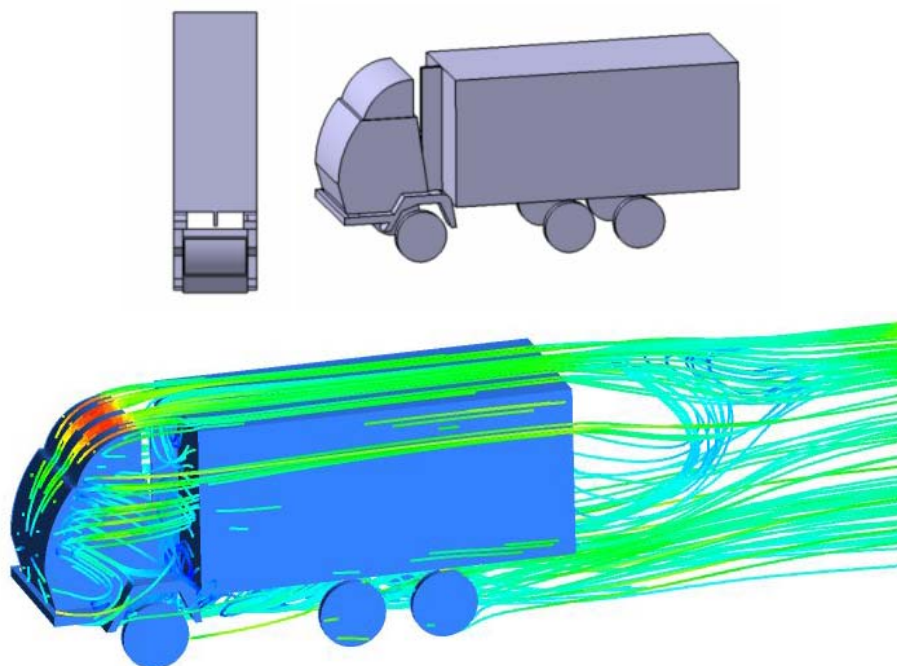
۳-۳- روش حل

پس از تعریف شرایط مرزی و مشخص شدن تعداد المان های مناسب، از روش حجم محدود برای حل عددی میدان جریان استفاده شده است. جریان دائمی فرض شده است و برای کوپلینگ سرعت و فشار از الگوریتم SIMPLE استفاده شده است. فشار بصورت استاندارد گسسته سازی شده است و ممنتوم، انرژی جنبشی توربولانسی و نرخ استهلاك توربولانسی به روش پیشرو مرتبه دو گسسته سازی شده است. جهت تحلیل جریان آشفته از مدل توربولانسی k-ε استفاده شده است.

۴- بررسی نقش تعداد صفحه های جدا کننده بین کانتینر و کابین**۴-۱- اضافه نمودن یک صفحه جدا کننده**

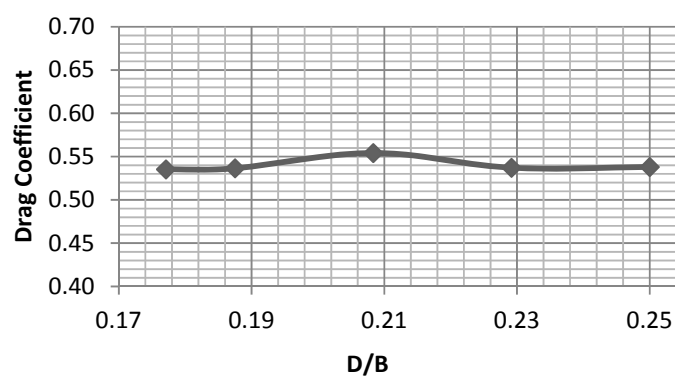
در این قسمت در ابتدا یک صفحه بین کانتینر و کابین قرار گرفته است (شکل (۴)) و سپس مشابه نمودار تجربی شکل ۲ با تغییر مقدار D، نمودار ضریب درگ بر حسب نسبت فاصله بین کانتینر و کابین به عرض کامیون رسم می گردد. نوع مش، شرایط مرزی، تنظیمات نرم افزار برای حل و در کل، تمام شرایط مشابه حالت قبل که درستی آن در مقایسه با تست های تجربی به اثبات رسیده است، تعریف می گردند.

^۱ Free slip^۲ No slip



شکل ۴- مدل کامیون با یک صفحه جداکننده به همراه خطوط جریان

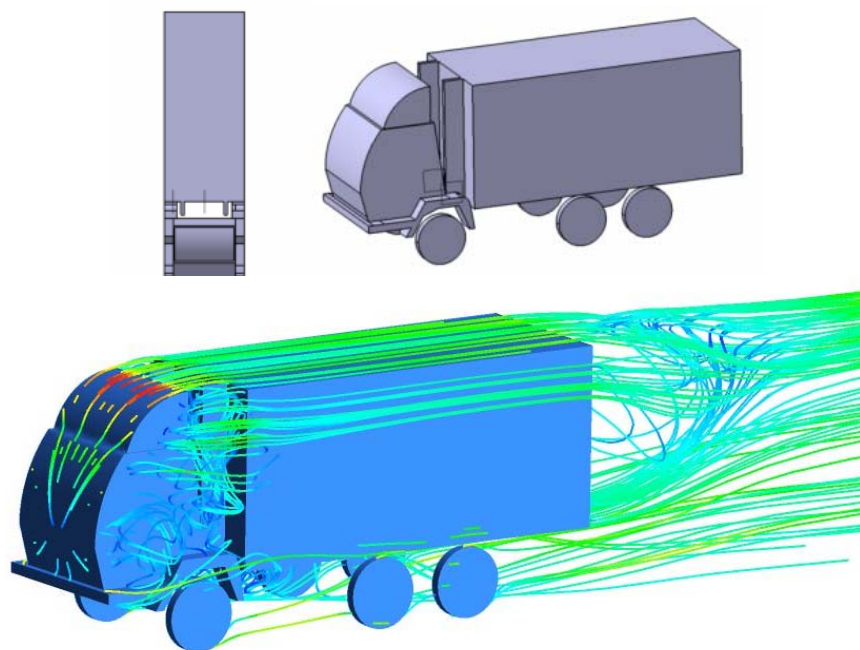
با تعیین مقدار D برابر با ۴۲، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ و با انجام تحلیل‌ها در این پنج حالت، در حالیکه یک صفحه بین اتاق و یدک کش قرار گرفته است، تاثیر این مورد در آیرودینامیک کامیون مشخص می‌گردد. دقت در این حالت نشان می‌دهد که در حالتی که $D=50$ است ($D/B=0.2$)، مقدار C_d برابر با ۰،۵۵۴ شده و نسبت به حالتی که صفحه قرار ندارد (حالت پایه که در آن $C_d=0.544$)، افزایش دارد. در نمودار شکل (۵) این مورد را نشان می‌دهد. در دیگر حالت‌ها تغییر چندانی مشاهده نمی‌شود.



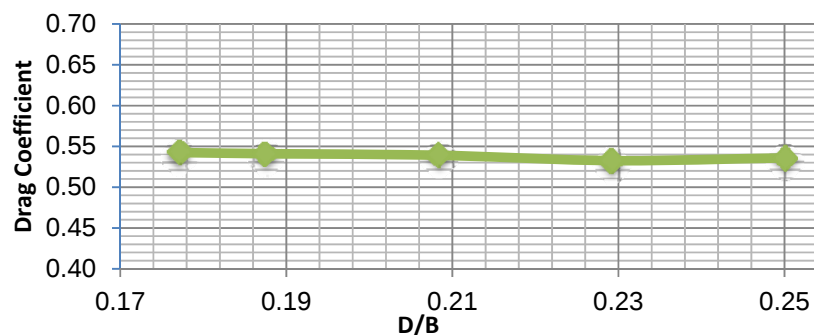
شکل ۵- تاثیر قرارگیری یک صفحه جدا کننده بر ضریب درگ بر حسب D/B

۴-۲- اضافه نمودن دو صفحه جدا کننده

در مرحله دوم، این بار از دو صفحه جدا کننده بین کانتینر و کابین استفاده می شود (شکل (۶)) و دقیقا مانند قسمت اول تحلیلها بر روی پنج مقدار D انجام می پذیرد. بدین ترتیب در حالتی که $D=50$ است و دو صفحه بین کانتینر و کابین قرار دارد، مقدار ضریب درگ برابر با ۰٫۵۳۹ شده که نسبت به حالت پایه کمتر شده است. نمودار ضریب درگ برای این حالت در شکل (۷) نشان داده شده است. در این حالت با برخورد جریان به کانتینر بخش از جریان در فضای مابین دو صفحه تشکیل گردابه هایی را می دهند که تاثیر بسیار زیادی روی فشار در آن نواحی دارد و با بیشتر شدن فاصله میان کابین و کانتینر شدت گردابه ها و میزان تاثیر آنها نیز تغییر می کند.



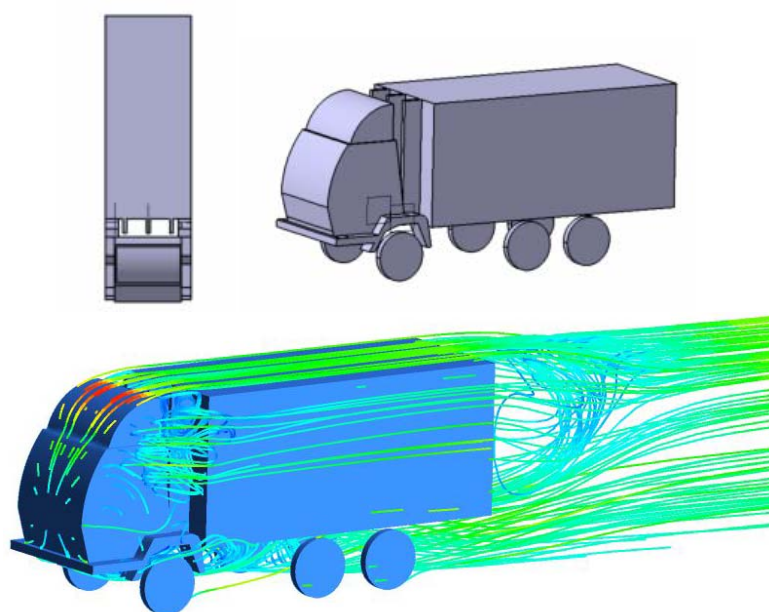
شکل ۶- مدل کامیون با دو صفحه جداکننده به همراه خطوط جریان



شکل ۷- نمودار C_d بر حسب D/B برای دو صفحه جدا کننده

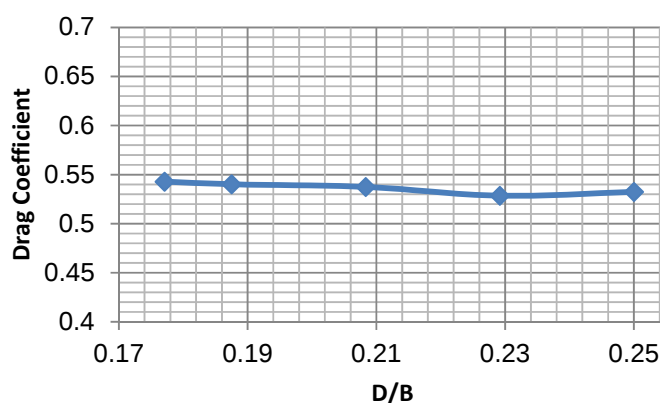
۴-۳- اضافه نمودن سه صفحه جدا کننده

در این قسمت نیز مشابه دو حالت قبل، تحلیل‌ها با همان روند قبلی و برای ۵ مقدار D تکرار می‌گردد با این تفاوت که از سه صفحه جدا کننده در بین کانتینر و کابین استفاده شده است. شکل زیر مدل کامیون مورد نظر را نشان داده است. بخشی از جریان در فضای مابین صفحات تشکیل گردابه‌هایی را می‌دهند که تاثیر بسیار زیادی روی فشار در آن نواحی دارد و در نهایت ضریب درگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل ۸- سه صفحه جدا کننده در بین کانتینر و کابین به همراه خطوط جریان

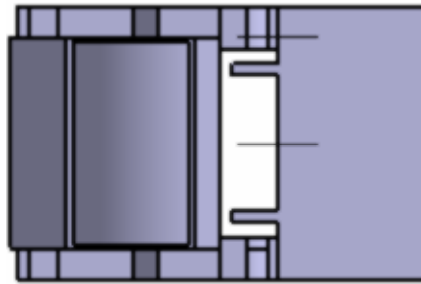
مقایسه حالت سه صفحه نسبت به دو صفحه، یک صفحه و همچنین حالت پایه نشان از کاهش مقدار ضریب درگ در $D=50$ ($D/B=0.2$) دارد. این مطلب در نمودار شکل (۹) آورده شده است.



شکل ۹- نمودار C_d بر حسب D/B برای سه صفحه جدا کننده

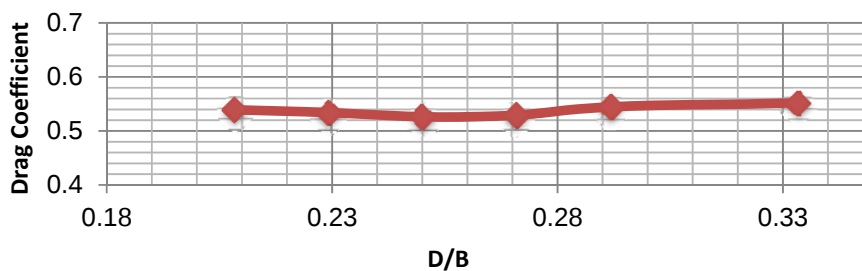
۴-۴- بررسی نقش فاصله دو صفحه جدا کننده از لبه کانتینر

در ادامه این مقاله، تاثیر فاصله صفحه ها از هم در حالتی که دو صفحه جدا کننده بین کانتینر و کابین قرار دارد، بررسی شده است. اگر این بار مقدار d برابر با فاصله دو صفحه جدا کننده از لبه های کانتینر فرض شود (شکل ۱۰) نمودار تاثیر این فاصله به صورت شکل (۱۲) خواهد شد.



شکل ۱۰- نمایش مقدار d

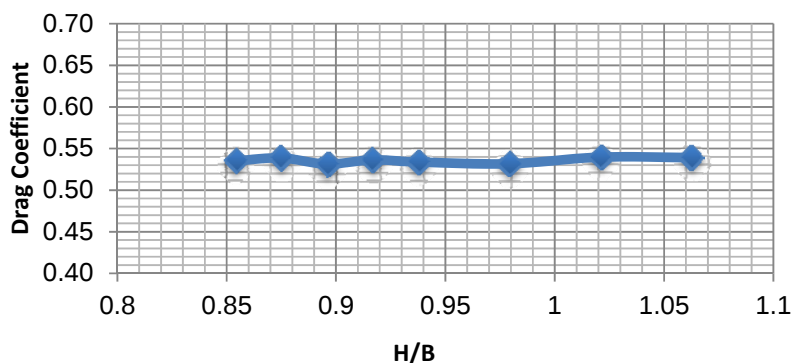
همانطور که مشخص است با افزایش مقدار d در حالی که B ثابت فرض می شود، تا مقدار $D/B=0.25$ ، نمودار، کاهش ضریب درگ را نشان می دهد و سپس از این نقطه به بعد افزایش می یابد. این نقطه مربوط به $d=60\text{mm}$ می باشد.



شکل ۱۱- نمودار C_d بر حسب D/B

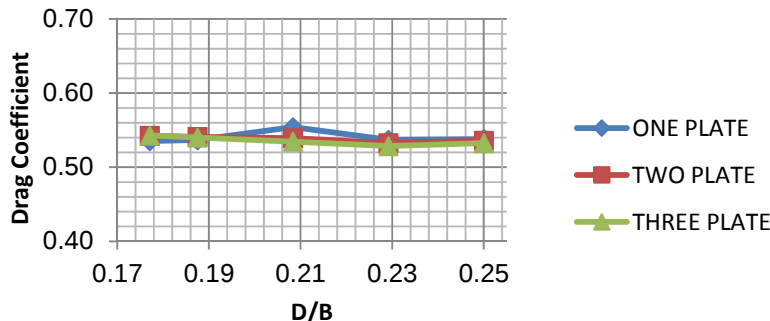
۴-۵- بررسی نقش ارتفاع صفحه ها

در این قسمت، ارتفاع صفحه های جدا کننده وقتی که تنها از دو صفحه استفاده شده است مورد بحث قرار می گیرد. برای این منظور H ، ارتفاع صفحات در نظر گرفته شده و نمودار ضریب درگ بر اساس مقدار H/B ترسیم شده است (شکل ۱۲). با توجه به این شکل مشخص است روند خاصی را نمی توان برای ارتفاع صفحه ها به صورت قانون کلی عنوان کرد.



شکل ۱۲- تاثیر ارتفاع دو صفحه جدا کننده بر ضریب درگ

مقدار ارتفاع ۲۵۵ در $H/B=1.06$ در واقع همان حالتی است که در قسمت قبل بررسی گردید و همانطور که از شکل (۱۳) مشخص است، بیشترین ضریب درگ را دارد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از صفحات جدا کننده به کاهش ضریب درگ ون-کامیون می‌انجامد. در حالت تک صفحه، زمانی که $D/B=0.2$ ، ضریب درگ نسبت به حالت پایه ($C_d=0.544$) زیاده‌تر شده است در حالی که با استفاده از دو صفحه و نیز سه صفحه ضریب درگ کاهش یافته است. نمودار کلی شکل (۱۳) این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- نمودار کلی ضریب درگ بر حسب D/B برای تعداد صفحات جدا کننده مختلف

۴-۶- ارتباط نیروی پسا و مصرف سوخت در کامیون ها

با توجه به نتایج تجربی و آزمایشگاهی بطور کلی برای کامیون ها در شرایط جاده ای و سرعت بزرگراه ها به ازای هر 0.02 کاهش ضریب درگ، ۱ درصد مصرف سوخت بهبود می یابد. رابطه تجربی ارائه شده برای ارتباط مصرف سوخت و ضریب درگ بر حسب درصد برای خودروهای تجاری سنگین در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت در فرمول (۶) نشان داده شده است:

$$\frac{\Delta FC}{FC} = \frac{\Delta P}{P} = \eta \times \left(\frac{\Delta C_D}{C_D} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{3\Delta U}{U} \right) \quad (1)$$

که در آن FC مصرف سوخت، P توان، C_D ضریب درگ، S سطح مقطع روبه روی خودرو و U سرعت خودرو می باشد. ضریب η بسته به سیکل رانندگی بین $0/5$ تا $0/7$ برای کامیون ها در سرعت بزرگراه می باشد. با استفاده از ضرایب درگ بدست آمده و بکمک فرمول تجربی شماره (۱) و با در نظر گرفتن حداقل ضریب یعنی $\eta=0/5$ ، می توان میزان تغییر در مصرف سوخت را برای مدل های مختلف بدست آورد. درصد بهبود مصرف سوخت نیز بر اساس کاهش ضریب درگ قابل محاسبه است.

۵- نتیجه گیری

با توجه به تحلیل های انجام گرفته، می توان نتیجه گیری کرد که استفاده از صفحات جدا کننده به کاهش ضریب درگ ون-کامیون می انجامد. در حالت تک صفحه، زمانی که $D/B=0,2$ ، ضریب درگ نسبت به حالت پایه ($C_d=0,544$) زیادتر شده است درحالیکه با استفاده از دو صفحه و نیز سه صفحه ضریب درگ کاهش یافته است. همچنین با افزایش فاصله صفحه ها از لبه کانتینر درحالتیکه از دو صفحه استفاده شده است، تا مقدار 60 سانتیمتر، ضریب درگ کاهش و با ادامه روند افزایش فاصله ها، ضریب درگ سیر صعودی به خود می گیرد. این در حالی است که قاعده کلی برای تاثیر افزایش ارتفاع صفحه ها نمیتوان ذکر کرد. در نتیجه با نصب صفحه های جداکننده به شکل مناسب می توان ضریب درگ را کاهش داده و در نتیجه آن مصرف سوخت کامیون را پایین آورد.

مراجع

- [1] Wolf-Heinrich, H., "Aerodynamics of Road Vehicle", 4th Edition, London, England, (1998).
- [2] Garry, K.P., "Wind Tunnel Tests on the Influence of Fixed Ground Board Length on the Aerodynamic Characteristics of Simple Commercial Vehicle Models", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 38, Issue 1, pp. 1-10, (1991).
- [3] Watkins, J.W., and Hoffmann, P.H., "Comparison of Road and Wind-tunnel Drag Reductions for Commercial Vehicles", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 49, pp. 411-420, (1993).
- [4] Garry, K.P. "Development of Container-mounted Devices for Reducing the Aerodynamic Drag of Commercial Vehicles", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 9, pp. 113-124, (1981).
- [5] Rose, M. J., "Commercial Vehicle Fuel Economy the Correlation between Aerodynamic Drag and Fuel Consumption of a Typical Truck", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 9, pp. 89-100, (1981).
- [6] Lakshman, M., and Aung, K., "Aerodynamic Analysis of a Vehicle Tanker", Journal Fluids Engineering, Vol. 131, No. 4, pp. 218-227, (2009).

- [7] Miralbes Buil, R., and Castejon Herrer, L., "Drag Reduction through Changes in Cabin Geometry and Trailer Gap of Heavy-duty Trucks", Proceeding of ASME Heat Transfer/Fluids Engineering Conference, Vol. 1, (2004).
- [8] Wood, R.M., "Impact of Advanced Aerodynamic Technology on Transportation Energy Consumption", SAE Technical Paper, No. 1, Washington, DC, USA, (2004).
- [9] Dechang, W., Guangsheng, D., and Jingyi, W., "Numerical Experimental Study on the 3-D Flow Field around a Van with a Dome for Energy Saving", Energy Conversion and Management, Vol. 46, Issue. 6, pp. 833–846, (2005).
- [10] Singh, S.N., Rai, L., Puri, P., and Bhatnagar, A., "Effect of Moving Surface on the Aerodynamic Drag of Road Vehicles", Proceeding of I. Mech. E., J. Part D, Automobile Engineering, Vol. 219, pp. 127-134, (2005).
- [11] Van Raemdonck, G.M.R., and Van Tooren, M.J.L., "Design of an Aerodynamic Aid for the Underbody of a Trailer within a Tractor-trailer Combination", International Colloquium on: Bluff Bodies Aerodynamics & Applications, pp. 20-24, (2008).
- [12] Mohamed-Kassim, Z., and Filippone, A., "Fuel Savings on a Heavy Vehicle via Aerodynamic Drag Reduction", Transportation Research, Part D, Vol. 15, No. 5, pp. 275-284, (2010).
- [13] Daniel, G., Sreenivas, K., Pankajakshan, R., Stephen Nichols, D., Roger Briley, W., and David L., "Computational Simulation of Model and Full Scale Class 8 Trucks with Drag Reduction Devices", Computers & Fluids, Vol. 41, No. 1, pp. 27–40, (2011).

فهرست نمادهای انگلیسی

L: طول کلی کامیون

D: فاصله بین کانتینر و کابین

B: عرض کامیون

H: ارتفاع کامیون

u: سرعت خودرو

C_d : ضریب پسا

FC: مصرف سوخت

P: توان

S: سطح مقطع روبه روی خودرو

k: انرژی جنبشی توربولانسی

e: نرخ استهلاک انرژی جنبشی توربولانسی

Abstract

Today aerodynamic and its role in reducing air resistance, reducing fuel consumption, vehicle control and noise reduction, is a subject that will be great. This paper investigates the role of the dividing plates between containers and van in aerodynamic of trucks. For this purpose, the first analysis of a simple model of a van - truck using the software Ansys-CFX and calculating the drag coefficient. The results have been compared with experimental data and after validation of the various stages of analysis, adding separator pages; they discussed various scenarios of how the placement is. Increasing the number of pages, their position and height of each of the pages among the issues that are discussed in this article. The results show that increasing the number of pages to reduce the aerodynamic drag coefficient and fuel consumption and improve the conditions will result. Increasing distance from the side of the container to reduce the overall drag coefficient and fuel consumption will eventually decline. However, there is no principle for the effect of the height of pages for the drag coefficient of van - truck and fuel consumption.