

تولید نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری (SSBJ)، تجربه دوباره سرعت و صرفه‌جویی در زمان

در این مقاله به مطالعه و معرفی نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری (SSBJ) پرداخته شده است. مهم‌ترین مزیت استفاده از جت‌های مافوق صوت در ناوگان مسافری هوایی، صرفه‌جویی در زمان سفر است. در این پژوهش، ابتدا برخی از مهم‌ترین چالش‌ها موجود در مسیر توسعه تکنولوژی جت‌های مافوق صوت تجاری و راهکارهای غلبه بر این چالش‌ها بررسی می‌شوند. تمرکز این پژوهش بر روی معرفی شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در زمینه توسعه جت‌های مافوق صوت تجاری نسل جدید است. همچنین، برنامه زمانی ورود محصولات عملی شرکت‌ها و سازمان‌های معرفی شده به ناوگان حمل و نقل مسافری هوایی ارائه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جت‌های مافوق صوت تجاری جدید، چالش‌ها و راهکارها، شرکت‌ها و سازمان‌های فعال

یاسر جعفری^{۱*}، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی هوافضا، دانشگاه صنعتی شریف
محمد فراهانی^۲، استادیار، دانشکده مهندسی هوافضا، دانشگاه صنعتی شریف

*نویسنده مخاطب، آدرس: تهران، کد پستی: ۸۶۳۹/۱۱۳۶۵

jafariyaser@ae.sharif.ir

Production of a New Generation of Supersonic BusinessJets (SSBJ), Re-experience of Speed and Time Saving

In this paper, a new generation of supersonic business jets (SSBJs) are studied. First, some of the most important challenges in the course of development of supersonic business jet technologies and strategies to overcome these challenges are studied. Time saving is the most important advantage of using these jets (SSBJs) in civil transportation. The focus of this study is on the introduction of companies and organizations active in development of SSBJs. Also, the timeline of these companies and organizations entering this the production for civil transportation is provided.

Keywords: New Supersonic Business Jets, Challenges and Solutions, Active Companies and Organizations

Y. Jafari^{1*}, PhD Student, Department of Aerospace Engineering, Sharif University of Technology
M. Farahani², Assistant Professor, Department of Aerospace Engineering, Sharif University of Technology

*Corresponding Author, Postal Code: 8639/11365, Tehran, IRAN
jafariyaser@ae.sharif.ir

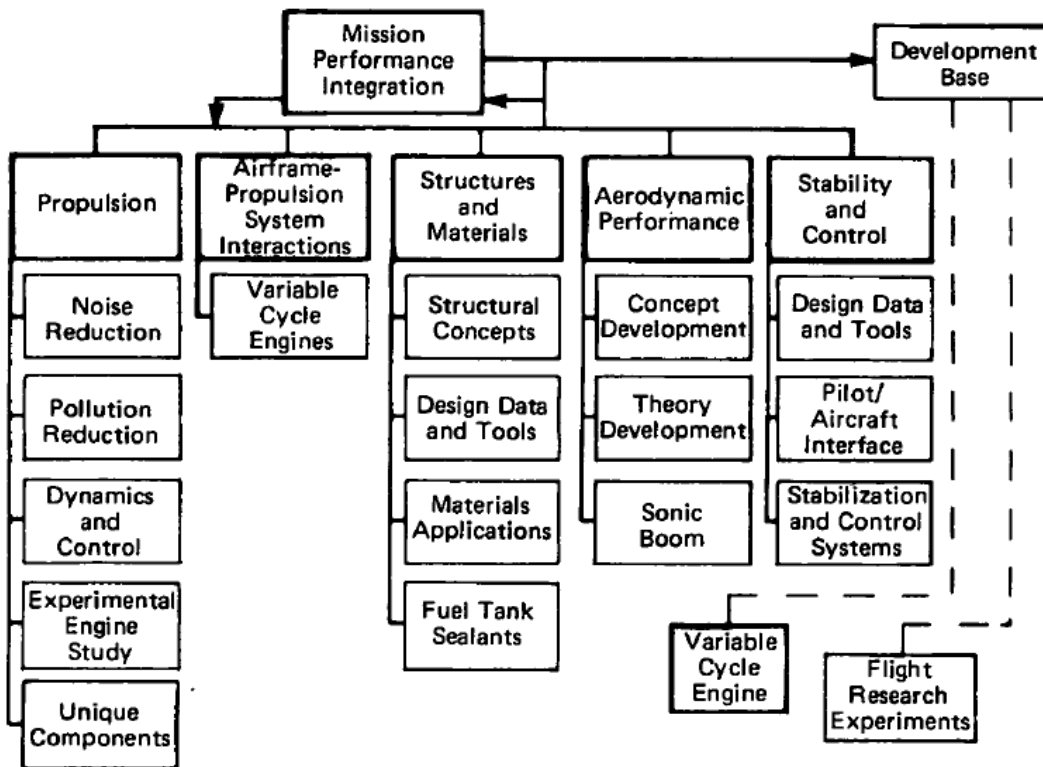
مقدمه

علاقه شدیدی در سراسر جهان برای بازگشت هواپیمای مافوق صوت سازگار با محیط زیست، با دوام اقتصادی و عملی از لحاظ تکنولوژیکی به ناوگان حمل و نقل هوایی وجود دارد. این علاقه بیشتر از مفهوم صرفه جویی در زمان نشأت می‌گیرد. زیرا، با وجود هواپیماهای مافوق صوت سبک، زمان برخی سفرهای هوایی به نصف کاهش می‌یابد که در مسافت‌های طولانی بسیار مورد توجه است. مشتری‌های بالقوه SSBJها شامل بخش‌های شرکت‌های پروازی، نمایندگان دولتی، اشخاص خصوصی، شرکت‌های چارتر و شرکت‌های کوچک هستند. آمادگی مسافران برای پرداخت و کیفیت خدمات مورد نیاز آنها به صورت کیفی در مرجع [۱] ارائه شده است. در این مرجع پتانسیل شکاف بازار جهانی در نبود هواپیما مافوق صوت بررسی شده است. این بررسی نشان می‌دهد که SSBJ می‌تواند حدود ۱۰ درصد سهم بازار حمل و نقل هوایی را به خود اختصاص دهد [۱]. یک بررسی اجمالی از لحاظ تاریخی نشان می‌دهد که جت‌های تجاری مافوق صوت یا SSBJ پیشگام نسل بعدی هواپیماهای فوق سبک است. احتمالاً SSBJ به‌عنوان یک محصول با کیفیت بالا در آینده به سهمی از بازار را به خود اختصاص خواهد داد. بررسی‌ها بیانگر آن است که در صورت بازگشت دوباره پرواز مافوق صوت، این هواپیماها برخلاف نمونه‌های عملی قبلی یعنی کنکور و توپولوف-۱۴۴ از نوع جت‌های مافوق صوت تجاری سبک خواهند بود. دلیل این پیش‌بینی، توجه به بازار هدف و هزینه این پروازها می‌باشد. از طرفی، با کوچکتر شدن اندازه این هواپیماها، غلبه بر مشکلاتی که باعث بازنشسته شدن هواپیماهای مافوق صوت نسل قبل (کنکور و توپولوف-۱۴۴) شد، به سادگی امکان‌پذیر است. آنچه که پیش‌بینی می‌شود حمل مسافر تا حداکثر تعداد ۵۰ نفر در نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری است.

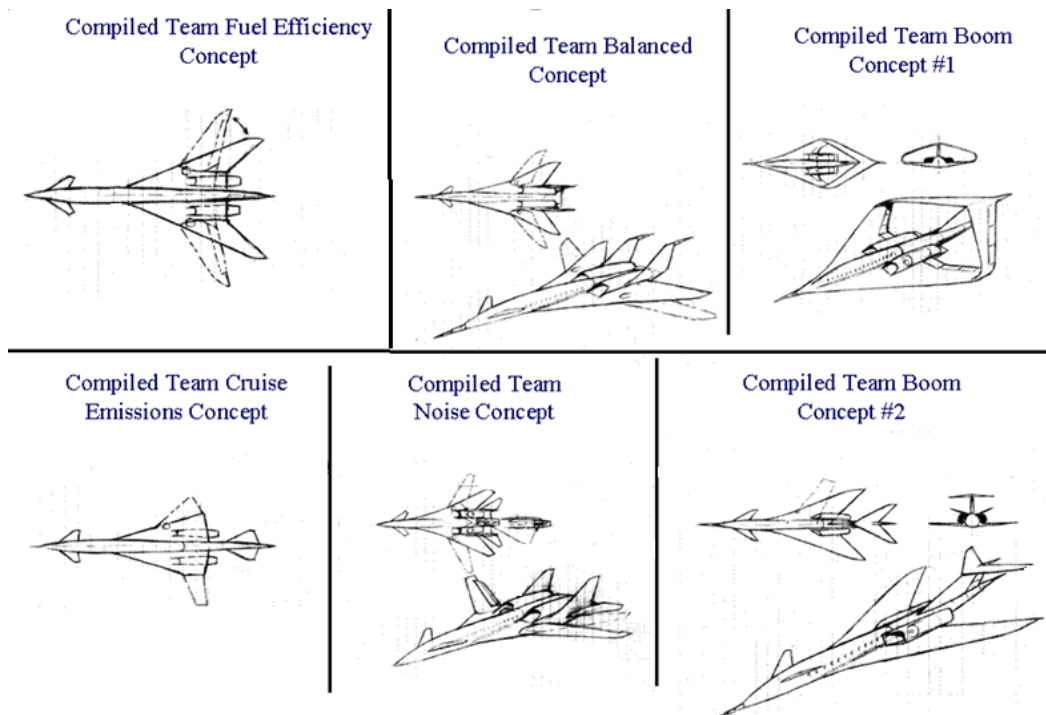
عوامل بسیاری در طراحی یک هواپیما باید مد نظر قرار گیرد تا بتوان به طرح اولیه‌ای هواپیمای مافوق صوت دست یافت. در شکل (۱) مهم‌ترین عوامل مؤثر بر این طراحی طبقه‌بندی شده است [۲]. علاوه بر این، مطرح شدن پرواز در محدوده سرعت‌های مافوق صوت چالش‌هایی به همراه خواهد داشت که راه‌کارهای متفاوتی برای غلبه بر هر یک از این مشکلات طی تحقیقات گوناگون مطرح شده است. کاهش صدای انفجار صوتی^۱، بهبود بهره‌وری

آیرودینامیکی و سیستم پیش‌ران‌ش مناسب در پرواز از ویژگی‌های چالش‌برانگیز حمل و نقل هوایی مافوق صوت است. به‌طور مثال، در مورد کاهش شدت انفجار صوتی می‌توان به راه‌کارهای اضافه کردن دماغه تیز به پیکره‌بندی، اضافه کردن سطوح اضافی تحت عنوان کانارد^۲ برای ایجاد سطح معادل یکنواخت‌تر و برای تدریجی در طول پیکره‌بندی، کاربرد پیکره‌بندی‌های غیر متعارف مانند بال مایل و غیره اشاره کرد. همچنین، در مورد بهبود عملکرد آیرودینامیکی (کاهش پسا و افزایش برآ و در نتیجه افزایش راندمانی سوختی) می‌توان به راه‌کارهایی مانند بکار بستن بال با هندسه متغییر، آرام نگه داشتن رژیم جریان روی بال با استفاده از تغییر شکل بال و یا فناوری‌هایی مانند مکش جریان روی بال و غیره اشاره کرد. برخی از این مفاهیم ارائه شده چندمنظوره هستند، یعنی می‌توانند همزمان با بهبود عملکرد آیرودینامیکی، شدت انفجار صوتی را نیز کاهش می‌دهند. با وجود تعداد زیاد عوامل مؤثر بر طراحی بهینه و عملی جت‌های مافوق صوت تجاری سبک آینده، طراحی‌های متفاوتی برای این جت‌ها از دیدگاه‌های غلبه بر چالش‌های پیش‌رو مطرح می‌شود. به‌طور مثال، در شکل (۲) طرح‌های مختلف گروه‌های یک شرکت طراحی جت‌های مافوق صوت تجاری به نمایش گذاشته شده است [۱]. با توجه به ارتباط شدید مفاهیم مطرح شده در طراحی جت‌های مافوق صوت تجاری جدید، یک طراحی همه‌جانبه، آنالیز و بهینه‌سازی محیطی به‌عنوان رویکرد ضروری برای ایجاد یک هواپیمای مافوق صوت پسا-پایین و با انفجار صوتی کم‌صدا به‌شمار می‌رود. نمونه‌ای از الگوریتم طراحی همه‌جانبه جت‌های تجاری مافوق صوت در شکل (۳) نشان داده شده است [۳].

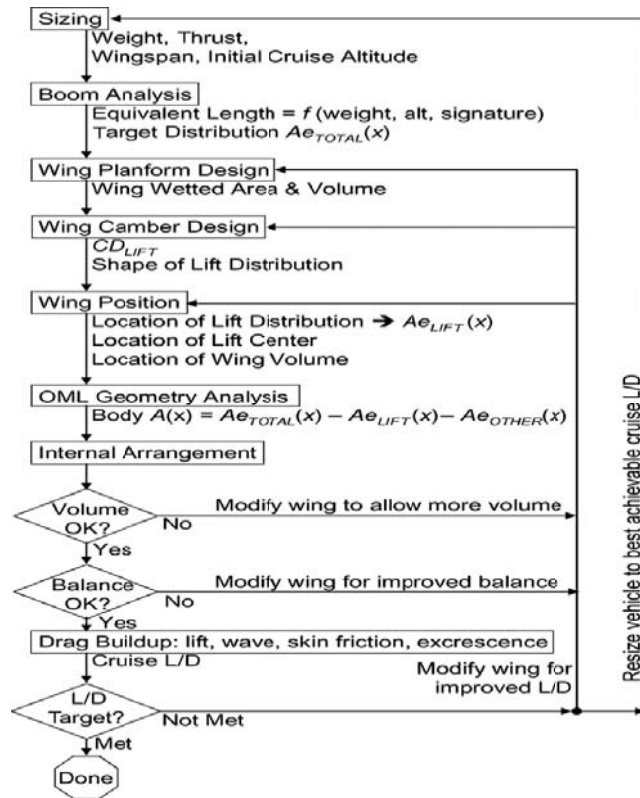
پس از مرحله طراحی، نیاز به بررسی بهینه بودن طراحی و رعایت معیارهای مد نظر در طراحی جت‌های مافوق صوت، از جمله مهم‌ترین آنها یعنی کاهش شدت صوتی تا حد رعایت استانداردهای زیست محیطی و راندمان آیرودینامیکی بالا، احساس می‌شود. معمولاً این کار به کمک دینامیک سیالات محاسباتی و ساختن مدل فیزیکی در ابعاد کوچک و انجام آزمایش‌های تونل باد امکان‌پذیر است. در شکل (۴) انواع بهینه‌سازی‌های انجام شده به کمک دینامیک سیالات محاسباتی نشان داده شده است [۴]. در شکل (۵) برخی آزمایش‌های تونل باد انجام شده بر روی مدل‌های ساخته شده از روی طراحی‌ها نمایش داده شده است [۴، ۵].



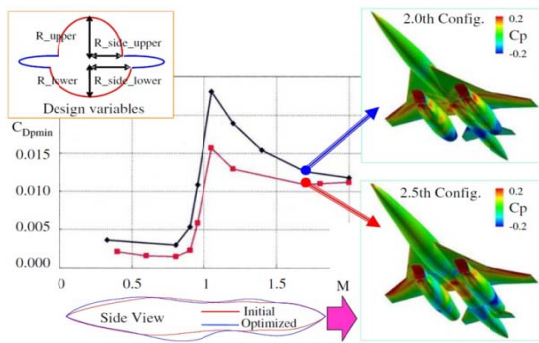
شکل ۱- جنبه‌های مختلف مدنظر در طراحی یک پروژه طراحی هواپیما [۲]



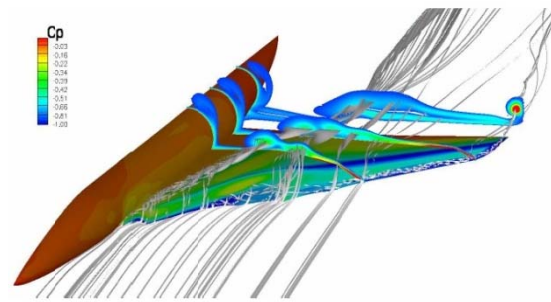
شکل ۲- طرح‌های مختلف گروه‌های یک شرکت طراحی جت‌های مافوق صوت تجاری از دیدگاه‌های مختلف [۱]



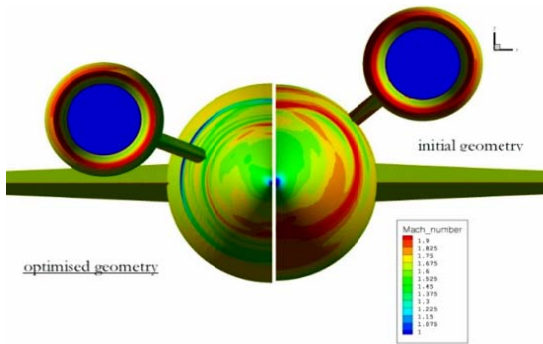
شکل ۳- نمونه‌ای از الگوریتم طراحی همه‌جانبه مربوط به جت‌های تجاری مافوق صوت [۳]



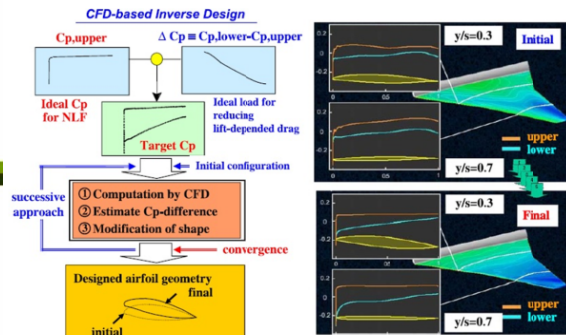
(ب)



(ف)



(د)



(ج)

شکل ۴- به کارگیری دینامیک سیالات محاسباتی در بهینه‌سازی طرح اولیه ارائه شده برای جت‌های مافوق صوت تجاری، الف) تأثیر خطوط جریان و تشکیل گردابه‌ها بر ضرایب آیرودینامیکی، ب) بهینه‌سازی شکل بدنه، ج) بهینه‌سازی شکل بال و د) جایابی بهینه سیستم پیش‌رانش [۴]

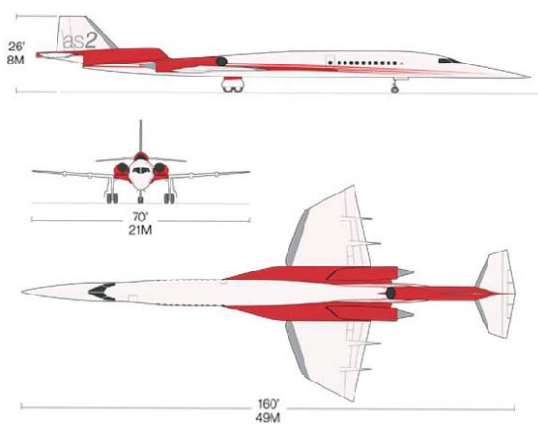


شکل ۵- برخی از آزمایش‌های تونل باد انجام شده بر روی مدل‌های ساخته شده بر اساس طراحی‌ها [۴، ۵]

زیرساختی از دانش هوانوردی (که فناوری آتریون نامیده شد) به منظور توسعه کدهای تخصصی خود برای تحلیل جریان مافوق صوت هوا و ساخت بدنه بهینه هواپیما دست یافت. در ماه نوامبر ۲۰۱۵، آتریون از Flexjet (شرکت تأمین‌کننده جت‌های کوچک) برای ۲۰ جت AS2 خود به ارزش ۲/۴ میلیارد دلار دریافت کرد. آتریون در حال حاضر با INAIRVATION جهت طراحی‌های نوین داخلی کابین و برای تولید این جت‌ها با ایرباس همکاری می‌کند. انتظار می‌رود هواپیمای AS2 برای اولین بار در سال ۲۰۲۱ ساخته شود [۷].



شکل ۶- AS1 طراحی شده توسط شرکت آتریون [۷]



شکل ۷- AS2 طراحی شده توسط شرکت آتریون [۷]

سازمان‌های صنعتی و دانشگاهی علاقه‌مند به ارائه طرح عملی جت‌های مافوق صوت تجاری هستند. سرمایه‌گذاری‌های آنها در طراحی SSBJ امیدواری برای برگشت هرچه زودتر حمل و نقل عمومی مافوق صوت را در پی دارد. در ادامه به تشریح فعالیت‌های برخی شرکت‌ها و سازمان‌های علاقه‌مند به گسترش SSBJ و برنامه زمانی اعلام شده برای پرواز عملی تولیدات آنها خواهیم پرداخت.

شرکت‌ها و سازمان‌های علاقه‌مند به توسعه جت‌های تجاری

مروری بر تحقیقات در مورد SSBJ از سال ۱۹۶۳ تا ۱۹۹۵ انجام شده است [۶]. در طول این سه دهه، در مجموع ۲۲ فعالیت (شش مطالعه دانشگاهی، هشت مطالعه صنعتی و هشت مطالعه توسط ناسا) در مورد SSBJ انجام شده است. بنابراین با رجوع به مرجع [۶] می‌توان اطلاعات مفیدی از این فعالیت‌ها را به دست آورد. در ادامه به معرفی شرکت‌ها و سازمان‌هایی که برای توسعه و تجاری‌سازی مفهوم SSBJ در آینده نزدیک پرداخته خواهد شد.

شرکت آتریون

شرکت آتریون^۱ در نوادا، در سال ۲۰۰۲ برای معرفی یک SSBJ عملی و کارآمد شکل گرفت [۷]. ایده اصلی آن توسعه یک پیکربندی SSBJ با موتور دوگانه به نام AS1 بود (شکل ۶). این ایده برای به حداقل رساندن خطر طراحی، موتور تأیید شده P&W JT8D را به کار گرفت. فناوری کلیدی SSBJ شرکت آتریون شامل جریان طبیعی آرام مافوق صوت تأیید شده در پروازهای ناسا در تونل‌های باد گذر صوتی می‌شود. با این حال، آتریون تصمیم به ساخت جت بزرگتر و کاهش آلودگی موتورها گرفت. بنابراین، طراحی مفهومی آنها به پیکربندی SSBJ با موتور سه‌گانه به نام AS2 تغییر یافت (شکل ۷). در سال ۲۰۱۲، آتریون به

1. Aerion

شرکت بوم

شرکت فناوری هواپیمایی «بوم»^۲، یک شرکت استارت آپ با هدف ساخت هواپیمای مسافربری مافوق صوت تجاری است. این ادعا برای شرکتی به اندازه بوم کمی جاه طلبانه به نظر می‌رسد. این شرکت از سال ۲۰۱۴ آغاز به فعالیت کرده است و تا به حال پیشرفت‌های زیادی را در زمینه هواپیماهای مافوق صوت نسل بعدی به دست آورده است. بسیاری از شرکت‌های فعال در زمینه هوایی خواستار همکاری با این شرکت کوچک هستند. در این میان همکاری بوم با «ویرجین گلکتیک»^۳ قطعی شده است. تولید نمونه اولیه هواپیمای مافوق صوت جدید به وسیله شرکت «بوم» و با همکاری شرکت انگلیسی ویرجین گلکتیک انجام شده است. این شرکت انگلیسی، امکانات تولید هواپیما را در اختیار شرکت بوم قرار داده است. ویرجین گلکتیک همچنین توافقی را امضا کرده است که براساس آن به منظور آزمایش نمونه‌هایی از این هواپیما، ۱۰ فروند از هواپیماهای تولید شده را خریداری می‌کند. طراحی شرکت بوم تفاوت‌های زیادی با کنکورد دارد. طرح اولیه آنها کمی درازتر و باریک‌تر از کنکورد است. نکته کلیدی در این هواپیماها، طراحی بدنه است که تفاوت‌های زیادی با کنکورد دارد. این طراحی قابلیت پرواز با سرعت ماخ بالای ۲ را دارد و پیش‌بینی شده که ظرفیت مسافری ۴۵ تا ۵۵ نفر را داشته باشد. طراحی با این ظرفیت حمل مسافر در نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری غیر معمول است. معمولاً ظرفیت مسافری در نظر گرفته شده برای این نسل از جت‌ها نهایتاً تا ۲۰ نفر افزایش یابد. بنابراین، یکی از ویژگی‌های طراحی شرکت بوم ظرفیت حمل مسافر بالاتر نسبت به نمونه‌های مشابه است. قیمت هر فروند هواپیمای جدید مافوق صوت که قرار است سال ۲۰۱۸ آزمایش شود، حدود ۲۰۰ میلیون دلار تخمین زده شده که از کوچک‌ترین جت‌های مسافربری بوئینگ و ایرباس ارزان‌تر است. پیش‌بینی شده است که این جت مافوق صوت تجاری از سال ۲۰۲۳ در خطوط هوایی به کار گرفته شود. شکل (۸) نمونه‌ای از این جت طراحی شده است [۸-۱۰].



شکل ۸- جت مافوق صوت تجاری «بوم» [۸-۱۰]

شرکت بین‌المللی هوافضای مافوق صوت

شرکت بین‌المللی هوافضای مافوق صوت^۴ در لاس وگاس و در سال ۲۰۰۰ برای پایه‌ریزی حمل و نقل مافوق صوت آرام^۵ در قرن ۲۱ تأسیس شد. ویژگی اصلی فناوری مافوق صوت آرام، تضمین یک اثر انفجار صوتی کوچک در پروازهای برفراز زمین است. پیکربندی QSST-X شامل یک طراحی بال دوگانه دلتای پیشرفته که شبیه به بال اوجی-دلتا کنکورد است، می‌شود (شکل ۹) [۱۱]. اما آنچه این طراحی را منحصر به فرد می‌کند که دم V شکل معکوس آن است. شرکت لاکهید مارتین دریافت که دم V شکل معکوس سودمند است و عملاً منجر به دستیابی به طراحی‌های بدون انفجار صوتی می‌شود و اثرات صوتی ناشی از عبور هواپیما را تا حدود زیادی کاهش می‌دهد. توزیع گسترده‌ای از سطوح تولیدکننده برآ کلید دیگری برای محدود کردن انفجار صوتی است. براساس مطالعه یک مدل اولیه و تجاری اخیراً گزارش شده است که توسعه QSST-X نیاز به ۱۳۰ تا ۱۴۰ میلیون دلار آمریکا دارد [۱۲]. تا به امروز، SAI و لاکهید مارتین ایالات متحده بیش از ۷۰ میلیون دلار در تحقیق و توسعه برنامه QSST-X سرمایه‌گذاری کرده‌اند [۱۳].



شکل ۹- QSST-X طراحی شده توسط شرکت بین‌المللی هوافضای مافوق صوت [۱۱]

شرکت هوافضای اسپایک

شرکت هوافضای اسپایک^۶ در سال ۲۰۱۳ در بوستون راه‌اندازی شد. این شرکت در حال توسعه طراحی مفهومی سطح بالایی از یک هواپیمای مافوق صوت با اهداف تجاری و تفریحی است. در مرحله اول طراحی، شرکت یک مفهوم از SSBJ را مطابق با شکل (۱۰) ارائه کرد [۱۴]. در مرحله دوم، جت مافوق صوت Spike S-512 به منظور ارائه پرواز مافوق صوت بی‌صدا تصحیح شد. بال به‌طور محسوسی به یک بال دلتای اصلاح شده تغییر یافت و به شکل یک بال منحرف شده به داخل با لبه‌های بیرونی نازک درآمد که در شکل (۱۱) نشان داده شده است. در بیشترین سرعت پروازی یعنی ماخ

4. Supersonic Aerospace International (SAI)
5. Quiet Supersonic Transport (QSST)
6. Spike Aerospace

2. Boom
3. Virgin Galactic

توسط شرکت همکار هایپرماخ تحت عنوان SonicBlue توسعه پیدا کرده است. تکنولوژی موتور ترکیبی باعث کاهش آلودگی و نویز می‌شود. موسسه خدمات آزمایش هوایی^۹، موسسه طرحی و آنالیز^{۱۰} و برخی شرکت‌های دیگر با هایپرماخ جهت توسعه حمل و نقل مافوق صوت تفاهم‌نامه امضا کرده‌اند. طبق اعلام قبلی، آزمایش‌های عملی این طراحی در سال ۲۰۱۷ شروع شده است و چیزی حدود ۳۰ ماه طول خواهد کشید. هایپرماخ در حال حاضر به دنبال سرمایه‌گذاری و آماده شدن برای اولین پرواز در سال ۲۰۲۱ است. اما، با توجه به وضعیت فعلی گویا این شرکت مدت زمانی بیشتری نسبت به رقبای خود برای ورود به عرصه رقابت جت‌های مافوق صوت تجاری نیاز داشته باشد. تخمینی که از قیمت تمام شده هر واحد از SonicStar زده شده چیزی در حدود ۱۸۰ میلیون دلار است که در نمایشگاه هوایی سال ۲۰۱۷ پاریس پیش‌بینی شد که این هزینه به حدود ۲۱۰ میلیون دلار افزایش یابد. ماکزیمم تعداد ظرفیت این جت مافوق صوت از ۳۶ مسافر اعلام شده است.



شکل ۱۲- طراحی SSBJ ارائه شده توسط شرکت هوافضای هایپرماخ [۱۵]

شرکت هوافضایی گلف‌استریم

شرکت هوافضایی گلف‌استریم^{۱۱} مدت زمان طولانی است که علاقه‌مند به امکان توسعه یک هواپیمای مافوق صوت چند منظوره مناسب برای کاربردهای نظامی و تجاری است. به دلیل قوانین سخت‌گیرانه ایالات متحده آمریکا برای کاهش اثرات انفجار صوتی در پروازهای مافوق صوت، گلف‌استریم تحقیقات خود را بر حل این مشکل متمرکز کرده است [۱۶]. جت مافوق صوت بی‌صدا^{۱۲} نتیجه این مطالعات است که در شکل (۱۳) نشان داده شده است. دو طراحی در نظر گرفته شده یکی شامل پیکربندی با زاویه متغییر انحراف بال و دیگری شامل دماغه تیز است. ویژگی‌های برجسته این طراحی‌ها شامل دماغه تیز برای کاهش انفجار صوتی است و چرخش بال برای تعادل بین پرواز در حالت مافوق صوت و عملکرد سرعت‌های پایین می‌شود. به

۱/۶، انفجار صوتی حاصل از پرواز این جت کمتر از ۷۰ سطح دسی‌بل درک شده^۷ یا PLdB خواهد بود. این شرکت مدعی شده است با سرعت پروازی ۱/۶ حداقل ۴۰ درصد در زمان سفر صرفه‌جویی خواهد شد. این هواپیما به یک کابین دیجیتال چندمنظوره پیشرفته مجهز است که میزان نویز در کابین تا ۲۰ دسی‌بل کاهش می‌یابد. در ژانویه ۲۰۱۶، شرکت هوافضای اسپایک مشارکت خود را با Aernnova در توسعه و اعتبار سیستم‌های ساختاری اصلی اعلام کرد. به تازگی، شرکت هوافضای اسپایک شروع به ارزیابی گزینه‌های مختلف موتور کرده است. به طوری که، به دنبال موتورهای که با نسبت متوسط کنارگذر پایین نیروی تراستی تقریبی در حدود ۹۰ کیلو نیوتن را تولید کند. S-512 با هزینه تخمینی ۱۰۰ میلیون دلار احتمالاً تا ۲۰۲۳ وارد ناوگان حمل و نقل هوایی شود. این جت مافوق صوت ظرفیتی بین ۱۲ تا ۱۸ مسافر را خواهد داشت [۱۴].



شکل ۱۰- طراحی اولیه SSBJ شرکت هوافضای اسپایک [۱۴]



شکل ۱۱- طراحی اصلاح شده SSBJ شرکت هوافضای اسپایک [۱۴]

شرکت هوافضایی هایپرماخ

شرکت هوافضایی هایپرماخ^۸ مستقر در لس آنجلس، در سال ۲۰۰۸ رسماً فعالیت خود را آغاز کرد [۱۵]. آنها طراحی تحت عنوان SonicStar را ارائه دادند (شکل ۱۲). آنها ادعا می‌کنند SonicStar قادر به پرواز در ماخ ۴ و با شدت انفجار صوتی کمتر از ۰/۲۵ پوند بر فوت مربع است. موتورهای توربین الکتریکی ترکیبی توسعه داده شده برای این جت مافوق صوت

9. Aeronautical Testing Services, Inc.
10. Design By Analysis, Inc.
11. Gulfstream Aerospace
12. Quiet Supersonic Jet (QSJ)

7. Perceived Decibel Level
8. HyperMach Aerospace

مدل طراحی مفهومی SSBJ بی‌صدای خود را در نمایشگاه هوایی ماکس ۲۰۱۳ به نمایش گذاشت. این مدل دارای یک بال دوگانه دلتا شکل برای کاهش شدت انفجار صوتی است. این مدل در شکل (۱۶) نمایش داده شده است.

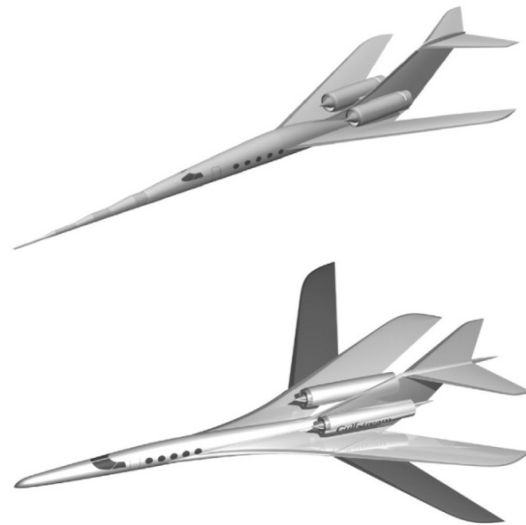


شکل ۱۵- طراحی مشترک سوخو و گلفاستریم [۱۷]

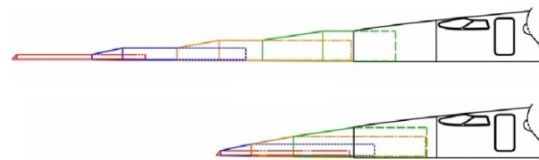


شکل ۱۶- مدل طراحی مفهومی SSBJ بی‌صدای سوخو در نمایشگاه هوایی ماکس ۲۰۱۳

دماغه تیز در اصطلاح «اسپایک بی‌صدا»^{۱۳} نامیده می‌شود. گلفاستریم برای اعتبارسنجی امکان «اسپایک بی‌صدا» در آزمایش‌های پروازی F-15 همکاری داشته است. «اسپایک بی‌صدا» می‌تواند علاوه بر کاهش شدت انفجار صوتی، شکل مناسب جت را برای موقعیت‌های مختلف پروازی حفظ کند (شکل ۱۴). با موفقیت‌های کسب شده توسط گلفاستریم در زمینه کاهش اثرات احساس شده در سطح از انفجار صوتی، در آینده نزدیک ورود این شرکت به حمل و نقل مافوق صوت تجاری دور از انتظار نیست. اگرچه برنامه مدونی از طرف مسئولان این شرکت اعلام نشده است.



شکل ۱۳- طراحی SSBJ شامل پیکربندی با چرخش بال و دماغه تیز ارائه شده توسط شرکت هوافضای گلفاستریم [۱۶]



شکل ۱۴- نحوه حفظ شکل مناسب جت شامل «اسپایک بی‌صدا» [۱۶]

هیساک

برنامه مطالعاتی «هوایما سرعت بالای سازگار با محیط زیست»^{۱۴}، یک پروژه جامع اروپایی است. در این پروژه ۳۷ عضو صنعتی و دانشگاهی از ۱۳ کشور شرکت دارند. پروژه هیساک^{۱۵} با هدف بررسی راه‌حل‌های فنی عملی با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی طراحی چندمنظوره تحت قیدهای زیست محیطی به‌ویژه نسبت به نویز، آلودگی و انفجار صوتی طرح‌ریزی شده است. براساس این الزامات متداول، سه خانواده پیکربندی توسط تیم‌های مختلف این گروه پیشنهاد شد که در شکل (۱۷) نشان داده شده است [۴]. هر یک از این پیکربندی‌ها دارای ویژگی خاصی هستند و با رویکرد خاصی به غلبه بر محدودیت‌های مطرح شده در هوایما سرعت بالای سازگار با محیط زیست پرداخته‌اند. اگرچه این پروژه به سرعت در حال پیشروی است اما هنوز هیچ برنامه زمانی مشخصی برای ورود عملی این برنامه مطالعاتی به بازار تجاری حمل و نقل هوایی مافوق صوت اعلام نشده است.

سوخو

دفتر طراحی سوخو در مسکو و شرکت هوافضایی گلفاستریم همکاری خود را در توسعه SSBJ کوچک از اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز کردند. حاصل این همکاری پیکربندی جدیدی با نام S-21 است که در شکل (۱۵) نشان داده شده است [۱۷]. S-21 با سه توربوفن از نوع Aviadvigatel D-21A1 قادر است در ماخ بالای ۲ پرواز کند. با این وجود، این همکاری توسط گلفاستریم به دلیل عدم تقاضای بازار پایان یافت. اما سوخو همچنان طراحی و مطالعه بر روی S-21 را ادامه داد. سوخو

14. Environmentally Friendly High Speed Aircraft (HISAC)
15. HISAC

13. Quiet Spike

تولید نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری (SSBJ)، تجربه دوباره ...

صوت در شکل (۱۸) نشان داده شده است. پیکربندی بال دلتا همراه با دماغه بلند برای کاهش شدت انفجار صوتی و وجود چندین سطح برآ (کانارد، بال، دم-T شکل و دم افقی متداول) از ویژگی‌های این طراحی است. در این طراحی دید رو به جلوی کابین خلبان با یک سیستم دید جلو افزایش می‌یابد. تیم X-plane انتظار دارد ساخت این هواپیمای مافوق صوت در سال ۲۰۱۹ شروع شده و برای اولین بار پرواز خود را در سال ۲۰۲۰ انجام دهد [۱۹].



شکل ۱۸- جت مافوق صوت تجاری طراحی شده ناسا تحت عنوان X-plane [۱۹]

آژانس اکتشاف فضای ژاپن جاکسا

از سال ۱۹۹۷ پروژه‌های تحقیقاتی برای فناوری‌های ضروری مانند آیرودینامیک، مواد و سازه‌ها، سیستم‌های پیش‌رانشی و غیره برای نسل بعدی حمل و نقل مافوق صوت در آژانس اکتشاف هوافضای ژاپن (جاکسا)^{۱۸} آغاز شده است [۲۰]. این سازمان در طی پروژه‌های خاص به بررسی و مطالعه چالش‌های پیش‌روی جت‌های مافوق صوت تجاری پرداخته است. اکثر این فعالیت‌ها بر روی بهبود تکنولوژی انفجار صوتی کوچک، اغتشاشات کوچک‌تر و تشعشعات کمتر موتور پایه‌ریزی شده‌اند. جاکسا با همکاری موسسه هوافضایی اسکای یک طرح اولیه از مفهوم SSBJ ارائه داد که در شکل (۱۹) نمایش داده شده است. برنامه برای ورود این طراحی مفهومی برای بازار رقابتی بین شرکت‌ها اعلام نشده است.



شکل ۱۹- جت مافوق صوت تجاری طراحی شده جاکسا [۲۰]



شکل ۱۷- طراحی‌های SSBJ پیشنهادی مربوط به پروژه HISAC [۴]

سازمان ناسا

با قرارداد ابتدایی بسته شده برای طراحی ابتدایی هواپیمای مافوق صوت با «انفجار صوتی کوچک»^{۱۶} توسط ناسا، بازگشت سفر هوایی مافوق صوت یک قدم به واقعیت نزدیک شد. بدین منظور، ناسا برای دست یافتن به این افق پیش‌رو در ردیف بودجه مالی سال ۲۰۱۷ توسعه بر روی سری «X-planes» را مدنظر قرار داده است. ناسا تیمی را به رهبری شرکت هوایی لاکهید مارتین برای تکمیل یک طراحی اولیه تکنولوژی مافوق صوت بی‌صدا^{۱۷} انتخاب کرده است. لاکهید مارتین در طول ۱۷ ماه برای ۲۰ هزار دلار برای کار طراحی اولیه QueSST دریافت خواهد کرد. این شرکت طراحی اولیه هواپیما همراه با جزئیات و فراهم کردن مستندات برای تدوین مفهوم و برنامه‌ریزی را توسعه خواهد داد. این مستندات برای آماده‌سازی طراحی دقیق، ساخت و آزمایش جت QueSST مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد این طراحی اولیه نیز باید از لحاظ تحلیلی و آزمایشات تونل باد مورد اعتبارسنجی قرار بگیرد [۱۸]. ناسا با سابقه‌ای حدود ۷۰ ساله در مورد تحقیقات بر روی حمل و نقل مافوق صوت پروژه‌هایی تحت زیر مجموعه N+ را انجام داده است. طراحی ارائه شده توسط ناسا در مورد جت تجاری مافوق

16. Low Boom

17. Quiet Supersonic Technology (QueSST)

دانشگاه کرانفیلد

دانشگاه کرانفیلد یک قطب بین‌المللی در تحقیقات هوافضایی است. در سال ۲۰۰۵ این دانشگاه به کمک یک تیم ۳۰ نفره از دانشجویان کارشناسی ارشد خود، طراحی جت مافوق صوت تجاری تحت عنوان نوترینو E-5 شروع کرد [۲۱]. این پروژه زیر نظر ۱۵ عضو هیئت علمی دانشگاه ظرف مدت ۷ ماه به پایان رسید. نتیجه این طراحی در شکل (۲۰) نشان داده شده است. از ویژگی‌های این طراحی می‌توان به انفجار صوتی کوچک و راندمان مصرف سوخت آن اشاره کرد. ورود به بازار واقعی این طرح هنوز به طور عملی امکان نیافته است و برنامه مشخصی برای آن وجود ندارد.

یکی از این دو طرح‌ها محدودیتی در مورد انفجار صوتی نداشت. با این حال از زمان معرفی پروژه، اطلاعات بیشتری برای اطلاع عموم مردم ارائه نشده است و به این ترتیب می‌توان این پروژه را خاتمه یافته فرض کرد [۲۱].



شکل ۲۱- مدل ارائه شده از Tu-444 در ماکس ۲۰۰۳ [۲۳]

توپولوف-۴۴۴

انتظار نمی‌رود که روس‌ها با وجود تجربه ساختن اولین جت مافوق صوت تجاری یعنی توپولوف بازنشسته مدل Tu-144، در این عرصه تحقیقات خود را تا به حال متوقف کرده باشند. مدت زمان طولانی است که مهندسان روسی در دفتر طراحی توپولوف بر روی جت مافوق صوت تجاری کار می‌کنند. رویکرد اولیه آنها در این زمینه رفع مشکلات پیش‌رو در تجربه‌های قبلی مانند Tu-144، Tu-144LL و جت‌های نظامی Tu-22MZ و Tu-160 بوده است [۲۲]. در تولید این جت، توپولوف همکاری نزدیکی با سایر موسسات روس مانند TsAGI داشته است. در مطالعه و توسعه جت Tu-444 نگرانی‌های محیط زیستی بسیار مورد توجه بوده است. مدل اولیه Tu-444 در نمایشگاه هوایی ماکس ۲۰۰۳ رونمایی شد (شکل ۲۱). این طراحی مفهومی هم اکنون در حال توسعه است [۲۳]. با این وضعیت به نظر می‌رسد که شرکت توپولوف عجله چندانی برای ورود به عرصه رقابت جت‌های مافوق صوت تجاری ندارد [۲۴].



شکل ۲۰- جت مافوق صوت تجاری طراحی شده دانشگاه کرانفیلد [۲۱]

شرکت هواپیمایی ریتون

شرکت هواپیمایی ریتون^{۱۹} یک شرکت سابق از زیر مجموعه شرکت ریتون، یکی از بزرگترین پیمانکاران آمریکایی که در انواع محصولات نظامی از جمله موشک‌های هدایت شونده، رادار، سیستم‌های دفاع و غیره است. در سال ۲۰۰۷، RAC توسط هاوکر بیچ کرافت^{۲۰} که یک شرکت تولیدکننده هواپیمایی تجاری و کلی بود، خریداری شد [۲۱]. این شرکت، دو طراحی مفهومی از جت مافوق صوت تجاری برای ارزیابی تأثیر طراحی برای کاهش انفجار صوتی توسعه مطرح کرد.

علاوه بر موارد مذکور، موارد طراحی بسیاری نیز برای جت‌های مافوق صوت تجاری وجود دارند که صرفاً از لحاظ تئوری و امکان‌سنجی به طراحی پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به طراحی دانشگاه استنفورد اشاره کرد [۲۱]. شکل (۲۲) به‌طور خلاصه نقشه پراکندگی مؤسسات و شرکت‌های تحقیقاتی علاقه‌مند به توسعه جت‌های مافوق صوت تجاری جدید نشان می‌دهد.

جمع‌بندی

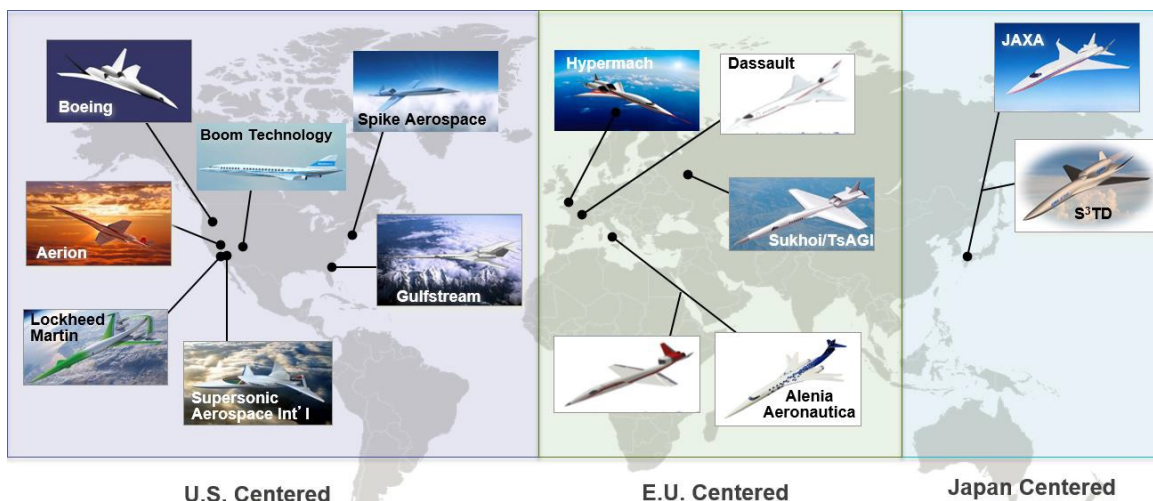
با توجه به سرعت زندگی در قرن اخیر، زمان یکی از ارزشمندترین دارایی‌های بشر به حساب می‌آید. یکی از راه‌های صرفه‌جویی در زمان، کم کردن زمان سفرها می‌باشد. از آنجاکه در سفرهای هوایی برای کم کردن زمان سفر نیاز به پرواز در سرعت‌های بالاتر است، بنابراین ساخت جت‌های مسافری تجاری مافوق صوت به عنوان گزینه مناسبی مطرح می‌شود. این به معنی توسعه حمل و نقل مافوق صوت در جهت

19. Raytheon Aircraft Company (RAC)
20. Hawker Beechcraft

تولید نسل جدید جت‌های مافوق صوت تجاری (SSBJ)، تجربه دوباره ...

شد. از این‌رو، با توجه به ظرفیت‌های بالای صرفه‌جویی زمان در این تکنولوژی، شرکت‌های هوافضایی بسیاری در پی رفع مشکلات به کارگیری پرواز مافوق صوت تجاری برآمدند. نتایج این تلاش‌ها منجر به طراحی و تولید جت‌های مافوق صوت تجاری سبک شده که در سال‌های آتی وارد بازار خواهند شد.

جایگزینی ناوگان هوایی فعلی نیست. زیرا که به دلیل هزینه بالا، این پروازها تنها مخاطبان خاصی را به خود جلب می‌کنند. از این‌رو، نتیجه حاصل از این توسعه، جت‌های تجاری مافوق صوت تجاری سبک با ظرفیت تا حداکثر ۵۰ نفر می‌باشد. در گذشته، تجربه ناوگان هوایی مسافربری مافوق صوت برای سه دهه توسط بشر به کار گرفته شد. اما، به دلایل مختلف از جمله آلودگی‌های صوتی و زیست محیطی، این تکنولوژی بازنشسته



شکل ۲۲- نقشه پراکندگی تحقیقات بر روی جت‌های مافوق صوت تجاری جدید [۱۲]

air-travel-just-took-another-big-step-toward-its-nena-828431/, (last accessed 15.01.18).

- [9] WIKIPEDIA, Boom Technology, 2018, Source: <http://www.aerionsupersonic.com/>, (last accessed 15.01.18).
- [10] Boom Technology Sartup Company, 2018, Source: <https://boomsupersonic.com/>, (last accessed 15.01.18).
- [11] Supersonic Aerospace International, 2018, Source: <http://www.sai-qsstx.com/>, (last accessed 15.01.18).
- [12] SAI, The QSST-X Program, January 2014, Source: [http://www.sai-qsstx.com/pdf/Latitudes %20 Magazine %20Article-QSST'X "%20Jan %202014.pdf](http://www.sai-qsstx.com/pdf/Latitudes%20Magazine%20Article-QSSTX%20Jan%202014.pdf), (last accessed 20.09.16).
- [13] SAI Press Room, 2018, Source: <http://www.sai-qsstx.com/pressroom.html>, (last accessed 15.01.18).
- [14] Spike Aerospace, 2018, Source: <http://www.pikeaerospace.com/>, (last accessed 15.01.18).
- [15] Newatlas, HyperMach Unveils SonicStar Supersonic Business Jet Concept, 2018, Source: [https:// newatlas.com/hypermach-sonicstar-ssbj-concept/ 18974/](https://newatlas.com/hypermach-sonicstar-ssbj-concept/18974/), (last accessed 15.01.18).
- [16] Howe, D., Simmons Iii, F. and D. Freund, "Development of the Gulfstream Quiet Spike TM for Sonic Boom Minimization," *AIAA 2008-124, 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*, Reno, Nevada, 2008.

مراجع

- [1] Welge, H. R., Nelson, C., and Bonet, J., "Supersonic Vehicle Systems for the 2020-2035 Timeframe", *AIAA 2010-4930, 28th AIAA Applied Aerodynamics Conference*, Chicago, Illinois, 2010.
- [2] McLean, F.E., "Supersonic Cruise Technology," NASA SP-472, Scientific and Technical Information Branch, Washington, DC, 1985.
- [3] Aronstein, D.C. and Schueler, K.L., "Two Supersonic Business Aircraft Conceptual Designs with and without Sonic Boom Constraint," *J. Aircr.*, Vol. 42, No. 3, pp. 775-786, 2005.
- [4] Pietremont, N. and Y. Deremaux, Y., "Executive Public Summary of the Three Preliminary Aircraft Configuration Families", *HISAC Publ. Act. Rep.*, 2005.
- [5] Maglieri, D.J., et al., "Sonic Boom Six Decades of Research", NASA SP-2014-622, Langley Research Center, Hampton, Virginia, 2014.
- [6] Maglieri, D.J., "Compilation and Review of Supersonic Business Jet Studies From 1963 Through 1995", NASA/CR-2011-217144, Langley Research Center, Hampton, Virginia, 2011.
- [7] Aeron Corporation, 2018, Source: <http://www.aerionsupersonic.com/>, (last accessed 15.01.18).
- [8] NBCNEWS, Supersonic Air Travel Just Took Another Big Step Toward Rebirth, 2016, Source: <https://www.nbcnews.com/mach/science/supersonic->

- New Horizons Forum and Aerospace Exposition, Grapevine (Dallas/Ft. Worth Region), Texas, 7–10 January, 2013.
- [21] Sun, Y. and Smith, H., “Review and Prospect of Supersonic Business Jet Design”, Progress in Aerospace Sciences, Vol. 90, pp. 12–38, 2017.
- [22] Tupolev Tu-444, 2018, Source: http://www.supersonic-business-jet.com/prototypes/tupolev_tu-444.php, (last accessed 15.01.18).
- [23] WIKIPEDIA, Tupolev Tu-444, 2018, Source: https://it.wikipedia.org/wiki/Tupolev_Tu-444, (last accessed 15.01.18).
- [24] ALMOST GREAT: Nine Legendary (but Cancelled) Russian Aircraft, 2018, Source: [https://www.flightglobal.com/news/articles/ almost-great-nine-legendary-but-cancelled-russian-415954/](https://www.flightglobal.com/news/articles/almost-great-nine-legendary-but-cancelled-russian-415954/), (last accessed 15.01.18).
- [17] USSR , S-21 Sukhoi-Gulfstream SST Project, 2018, Source: http://www.ussr-airspace.com/index.php?main_page=product_info&cPath=28_39_38_97&products_id=720, (last accessed 15.01.18).
- [18] NASA , NASA Begins Work to Build a Quieter Supersonic Passenger Jet, 2018, Source: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-begins-work-to-build-a-quieter-supersonic-passenger-jet>, (last accessed 15.01.18).
- [19] NASA , NASA Completes Milestone Toward Quieter Supersonic X-Plane, 2018, Source: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-completes-milestone-toward-quieter-supersonic-x-plane>, (last accessed 15.01.18).
- [20] Sakata, K., “Japan’s Supersonic Technology and Business Jet Perspectives”, AIAA 2013-0021, 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the