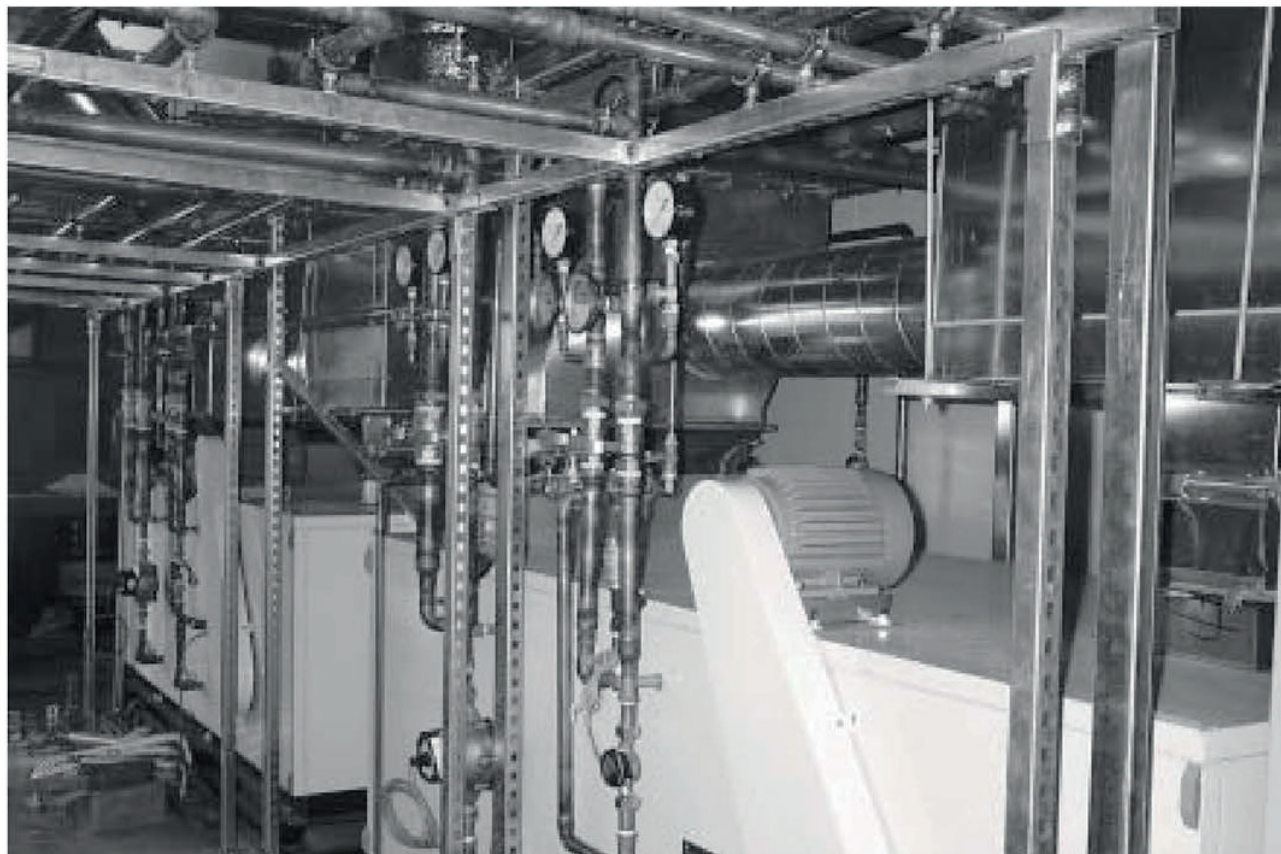




نوشته‌ی J.PAULAUSKIS، C.VANDERBURG
برگردان: مهندس مزدک صدری افشار

اثر آیرودینامیکی سیستم (که معمولاً به طور خلاصه اثر سیستم گفته می‌شود) همچنین تاثیر آن بر عملکرد و کارایی بادزن و تولید سر و صدا پدیده‌ای نیست که به خوبی درک شده باشد و اغلب در نظر گرفته نمی‌شود. این که اثر سیستم چیست، چه چیزی در یک سیستم معمولی و نمونه‌وار بادزن-کانال موجب آن می‌گردد و چطور تاثیر معکوس بر عملکرد شارش (flow) و سر و صدای خروجی بادزن می‌گذارد چیزهایی است که در این مقاله شرح داده شده‌اند. از موارد شرح داده شده‌ی دیگر، آزمون استاندارد (code testing) اجزای کانال و بادزن است و بیان این مساله که چرا آزمون استاندارد بینش و بصیرتی را نسبت به ماهیت غالباً بسیار نامطلوب اثر سیستم به دست نمی‌دهد.

علل و نتایج ناخواسته‌ی اثر آیرودینامیکی سیستم بادزن-کانال

اثر آیرودینامیکی سیستم چیست؟

هر وقت اتلاف انرژی یا اسب بخار ترمزی (1) بادزن یک سیستم بادزن-کانال به دلیل شارش هوای بازیابی نشده (Unrecovered) که همراه گردبادهای (Vortices) و جریانات آشفته است، بیشتر از حد انتظار باشد، اتلاف اضافی انرژی را می‌توان به اثر آیرودینامیکی سیستم نسبت داد. مطالب زیر می‌واند به توصیف اثر سیستم و شارش بازیابی نشده‌ی هوا کمک کند.

هوای شارشی دارای اندازه‌ی حرکت ذاتی (innate momentum)، خواص ویسکوز و قوانین متعلق به خود است که بر شارش، گردش، انبساط و انقباض برای کاستن از اتلاف انرژی و سر و صدا دلالت دارد. هر وقت یک کانال یا اتصالات کانال واقعی سعی کنند جهت شارش هوا را در خلاف اندازه‌ی حرکت ذاتی‌اش تغییر دهند، هوا مقاومت کرده و از روی سطوح تیغه‌های پروانه‌ی بادزن، کانال یا اجزای آن جدایش حاصل می‌کند. گردبادهای، چرخانه‌ها (eddies) و آشفته‌گی‌هایی پدیدار می‌گردند و ممکن است اندکی شارش معکوس هوا اتفاق افتد که همگی باعث اتلاف انرژی از جریان اصلی شارش می‌گردند.

اگر گردادیان فشار استاتیک و دینامیک در سرتاسر سیستم مطلوب باشد (به‌قدر کافی فضای خوبی برای شارش پس از اغتشاش در اختیار گذارده شده باشد)، چسبندگی (ویسکوزیته) هوا، اغتشاش را خفه می‌کند. به‌رغم اینکه مقداری از انرژی زایل شده تبدیل به گرما شود، مقداری از آن به جریان اصلی شارش برمی‌گردد، شارش خوب هوا دوباره تثبیت شده و گفته می‌شود که شارش بازیابی (recover) شده است. این فرآیند به‌صورت طرحواره‌ای در شکل (1) نشان داده شده است.

بسیاری از مهندسان و طراحان تاسیسات ممکن است فکر کنند که بازیافت فشار (pressure regain) رخ داده درحالی که آنان اغلب به راحتی شارش آیرودینامیکی مربوطه را مجسم نمی‌کنند.

اگر گردادیان فشار استاتیک و دینامیکی نامطلوب باشد (مثل بزرگ‌شدگی ناگهانی یک کانال، خروجی یک بادزن یا سلسله اتصالات کانال)، شارش می‌تواند ناپایدار باشد. قسمت اعظم انرژی در سیستم گم می‌شود و می‌تواند منجر به تولید فراوان سر و صدای کم فرکانس گردد و این احتمال برود که هرگز انرژی کاسته یا تلف شده، بازیابی نشود.



علل و نتایج ناخواسته‌ی اثر آیرودینامیکی سیستم بادزن-کانال

اگر اجزای کانال یا بادزنی بسیار نزدیک به محل اغتشاشات قبل از خود نصب شوند، به‌طوری که قبل از تکمیل بازیابی شارش ناشی از اغتشاش، روی هوا عمل کنند، مقداری از انرژی بازیابی نشده تلف می‌گردد. در این حالت، اتلاف انرژی سیستم همانطور که در شکل (1) نشان داده شده است، بیش از حد عادی مورد انتظار است.

چطور بر یک سیستم بادزن-کانال اثر می‌گذارد؟

دو اثر اصلی وجود دارد که خود را نشان می‌دهند: افت فشار ناخواسته‌ی زیادی که بازگذاری بادزن را افزایش داده و نقطه‌ی کاری را تغییر می‌دهد؛ و سر و صدای ناخواسته که مستقیماً بر اثر اجزای کانال، توسط بادزن بر اثر بازگذاری اضافی، یا هنگامی که پیچانه‌ها، گردبادها و آشفتگی‌ها روی قسمت‌های کانال اثر گذاشته و آن را بر سر و صدا کرده‌اند تولید می‌گردد.

مقدار «زیادی» افت فشار با سر و صدا بستگی به آن دارد که سیستم واقعی چقدر با سیستم مشابهی که طراحی شده تا به ویژگی‌های اندازه‌ی حرکت ذاتی شارش هوا برای بیشینه کردن بازیافت (regain) انرژی و کمینه کردن سر و صدا وفادار بماند، متفاوت است. این افت فشار و سر و صدای زیادی نمی‌تواند از آزمون استاندارد استنتاج گردد.



شکل (2) گستره‌ی اثر آیرودینامیکی سیستم را در برخی سیستم‌های نمونه‌وار بادزن-کانال نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود مجموع همه‌ی منابع اثر سیستم می‌تواند قابل توجه باشد و بیش از 50٪ از بار کاری بادزن را در سیستم‌های مثال زده شده به خطر بیندازد.

علل و نتایج ناخواسته‌ی اثر آیرودینامیکی سیستم بادزن – کانال

چرا عملکرد بادزن را تغییر می‌دهد؟

بادزن یک دستگاه تاسیساتی، حساسیت ویژه‌ای نسبت به اثر آیرودینامیکی سیستم دارد. علت آن است که بادزن، یک وسیله‌ی آیرودینامیکی است که شامل یک ورودی، یک پروانه با تعدادی پره یا تیغه و یک محفظه برای کمک به هدایت و جهت‌دهی به شارش هوا است. شارش خوب آیرودینامیکی در ورودی و خروجی باعث می‌شود که هدف از بکارگیری آن یعنی حرکت دادن کارآمد هوا همراه با سرو صدای کم حاصل آید.

برای هر بادزن، یک شکل و ترکیب (configuration) و سرعت گردش (rpm) بهینه وجود دارد تا قدرت موتور با بهره‌ورترین شکل تبدیل یافته و به جهت‌دهی شارش هوا با حداقل سر و صدا و انرژی بپردازد. اگر بادزن توسط افت فشار پیش‌بینی نشده‌ی اثر سیستم واداشته شود که خارج از نقطه‌ی کاری بهینه کار کند یا اگر آشفته‌گی و گردبادهای اثر سیستم ناشی از اجزای بالادست موجب اغتشاش شارش یکنواخت از روی پره‌های بادزن گردد، نقطه‌ی جدایش در طول سزح پره یا تسغه به سمت جلو حرکت می‌کند. این امر باعث می‌گردد که مطابق شکل (3ب) ابعاد یا مقیاس گردبادهای در پی جدایش، افزایش یابد. در این حالت، بادزن به‌صورت غیر بهره‌ور و ناکارآمدی کار می‌کند، هوای کمتری ارسال می‌کند، نیاز به اسب بخار (توان) بیشتری برای حرکت دادن هوا دارد و سر و صدای بیشتری تولید می‌کند.

توصیف سر و صدای یک بادزن را به سادگی می‌توان به دو بخش مقدماتی تقسیم کرد: سر و صدای شارش گردبادی و سر و صدای شارش دورانی (rotation). سر و صدای شارش گردبادی ناشی از گردباد به وجود آمده از تیغه‌ی بادزن و برخورد گردبادها روی سطوح ثابت دیگر است. سر و صدای خروجی از شارش گردبادی از لحاظ طیف فرکانسی «باند وسیع یا broad band» است.

سر و صدای شارش دورانی ناشی از ضربان‌های هواست که هربار که تیغه‌های بادزن از جلوی یک سطح ثابت (مثل صفحه‌ی برشی یا cut off plate بادزن) عبور می‌کنند، به‌وجود می‌آید. خروجی سر و صدا در فرکانس‌های معمولی یا عادی صوت است که «صداها و تن‌های ساده یا خالص (tone pure)» به آن گفته می‌شود.

این مولفه اغلب به عنوان فرکانس عبور پره مطرح می‌شود که برابر با سرعت پروانه (دور در ثانیه) ضرب در تعداد پره‌های بادزن است.



علل و نتایج ناخواسته‌ی اثر آیرودینامیکی سیستم بادزن-کانال

اما یک منبع غالباً نادیده انگاشته شده‌ی سر و صدا، مولفه‌ی سر و صدای ناشی از ارتعاش است. به‌طور نمونه، محفظه‌ی بادزن سانتریفیوژ، محفظه‌ی موتور و کانال متصل به بادزن دارای ورق‌های بزرگ منعطفی هستند که به‌صورت هم‌نوایی یا تشدید با گردبادها، آشفتگی‌ها و پیچانه‌ها و نیز فرکانس‌های بادزن و موتور، ارتعاش می‌کنند. نتیجه‌ی ارتعاش ورق‌ها، اغلب تولید سر و صدای کم فرکانسی است که به‌عنوان «رُمبیدن یا رُمبش rumbling» مطرح می‌شود.

در جای خود، وجود این سر و صدای فرکانس پایین تحمیل شده بر شارش در پره‌ی بادزن می‌تواند حتی منجر به جدایش زودرس شارش هوا از پره‌های بادزن شود (شکل 3 ب). این امر موجب تشدید بیشتر سر و صدای بادزن می‌گردد.



اثر فزاینده‌ی هر سه منبع سر و صدا (مولفه‌های ارتعاشی، دورانی و گردبادی) می‌توانند کاملاً بارز و قابل توجه باشند. وقتی شرایط آیرودینامیکی بدی به بادزن داده شود، هر یک از مولفه‌های آیرودینامیکی سر و صدا دارای این امکان هستند که با قدرت بیشتری با یکدیگر تعامل و همکاری داشته باشند. این امر موجب می‌گردد خروجی سر و صدای یک بادزن، بیشتر از حد مورد انتظار آن گردد.

همچنین مقدار آن معمولاً خیلی بیشتر از محاسبات آکوستیکی یا آزمون آزمایشگاهی متداول مولفه‌هاست.