



پرسش ۲-۱۴) مشترک حداکثر مقدار هوای عبوری از یک کانال فولادی با مقطع دایره و به ضخامت ۰/۶ میلی‌متر در سیستمی با فشار ۳۰۰ پاسکال، چقدر است؟ (آبان ۹۳ «۴۶»)

الف) ۲/۱ متر مکعب بر ثانیه

ب) ۱/۶۶ متر مکعب بر ثانیه

ج) ۱/۱ متر مکعب بر ثانیه

د) ۰/۹ متر مکعب بر ثانیه

پاسخ) طبق جدول ۱۴-۳-۶-۲ "پ" صفحه ۷۰ مبحث ۱۴، حداقل قطر مقطع کانال با درز طولی به ضخامت ۰/۶ میلی‌متر، ۲۰۰ میلی‌متر و با درز اسپیرال ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است، همچنین طبق جدول (۱۴-۳-۶-۱) "الف" صفحه ۶۸ مبحث ۱۴، کانال‌کشی سیستم با فشار ۳۰۰ پاسکال در کلاس ۲ قرار می‌گیرد و طبق بند «الف-۷» آیین‌نامه ۱۴-۳-۶-۱۴ صفحه ۶۹ مبحث ۱۴، حداکثر سرعت هوا در کانال‌کشی با کلاس ۲ نباید از ۱۲/۷ متر در ثانیه (۲۵۰۰ فوت در دقیقه) بیشتر باشد. بنابراین با در نظر گرفتن قطر ۲۰۰ میلی‌متر، حداکثر مقدار هوای عبوری برابر است با:

$$\dot{V} = A.v = 3.14 \times \frac{(0.2^2)}{4} \times 12.7 = 0.4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

با در نظر گرفتن قطر ۲۰۰ میلی‌متر، حداکثر مقدار هوای عبوری برابر است با:

$$\dot{V} = A.v = 3.14 \times \frac{(0.6^2)}{4} \times 12.7 = 3.6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

از آنجایی که این سوال مربوط به ویرایش قبل مبحث ۱۴ می‌باشد، پاسخ در گزینه‌ها نمی‌باشد (در پاسخنامه گزینه الف به عنوان گزینه صحیح در نظر گرفته شده است).

کانال غیرفلزی (۱۴-۳-۶-۳)

الف) کانال غیرفلزی جریان هوا، از نظر انتخاب مصالح و روش ساخت، باید مطابق یکی از استانداردهای زیر باشد (بند الف).

- 1- SMACNA FIBROUS GLASS DUCT CONSTRUCTION STANDARDS
- 2- UL 181
- 3- NAIMA FIBROUS GLASS DUCT CONSTRUCTION STANDARDS

استفاده از کانال غیرفلزی ساخته شده از مصالح سوختنی مجاز نیست (بند الف-۲).

کانال‌های پلاستیکی باید از جنس PVC و فیتینگ‌های آن می‌تواند از جنس PVC یا پلی اتیلن با چگالی زیاد باشد. کانال‌واتصالات پلاستیکی فقط برای کاربردهای مدفون در زمین است و حداکثر دمای طرح برای این نوع کانال‌واتصالات ۶۶ درجه سلسیوس (۱۵۰ درجه فارنهایت) می‌باشد (بند الف-۳).

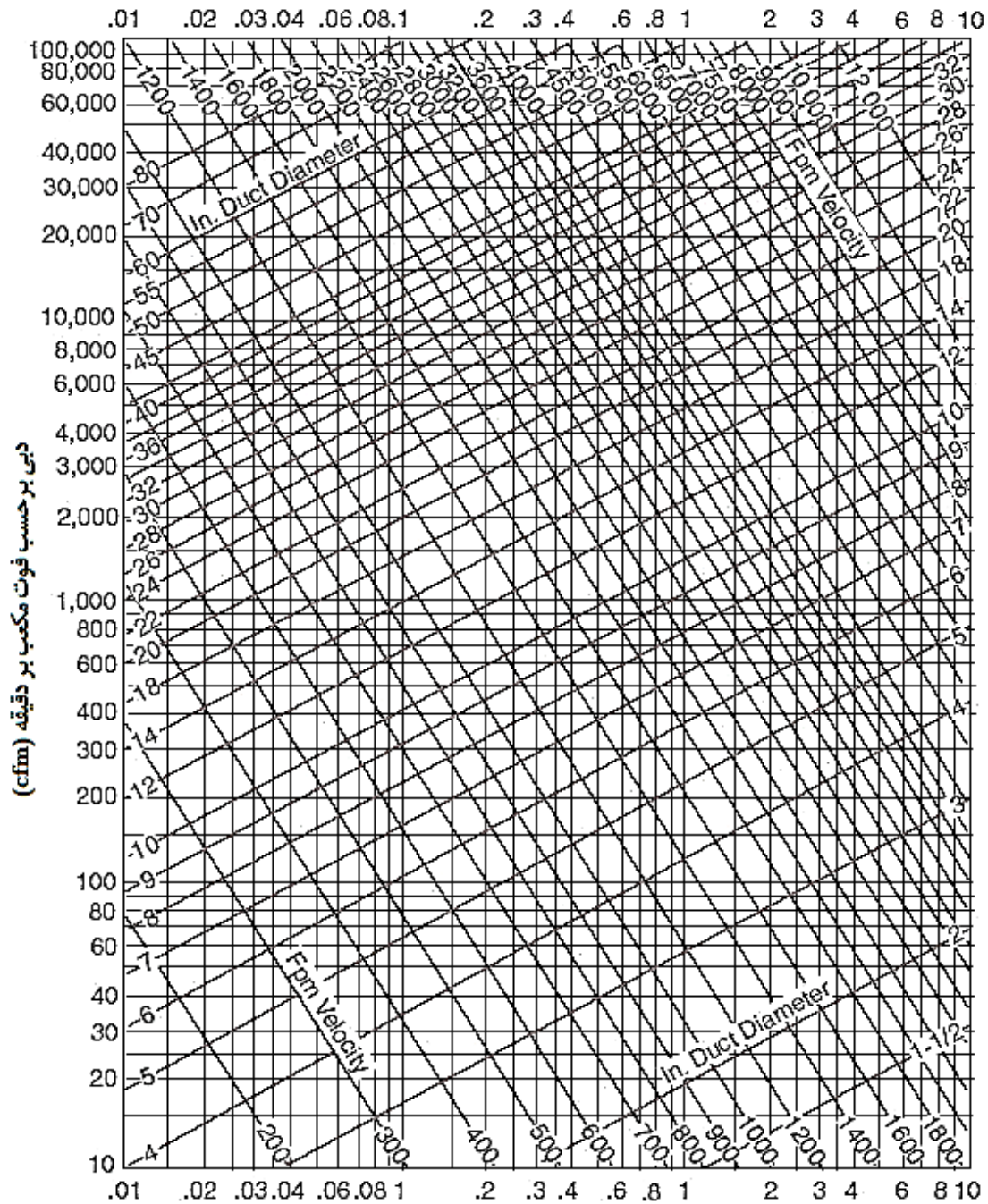
استفاده از کانال ساخته شده از پانل‌های گچی فقط برای هوای برگشت مجاز است. در این حالت دمای هوای داخل کانال نباید از ۵۲ درجه سلسیوس (۱۲۵ درجه فارنهایت) بیشتر باشد، و دمای سطح داخلی کانال باید کنترل شود که از دمای نقطه شبنم هوای داخل کانال کمتر نشود (بند ب).

در سیستم‌های هوارسانی با خنک‌کننده تبخیری از جمله کولر آبی، استفاده از کانال ساخته شده از پانل‌های گچی مجاز نیست (بند ب-۱).

۲-۲-۵ اندازه‌گذاری کانال

یکی از نکات مهم در کانال‌کشی، اندازه‌گذاری درست کانال می‌باشد بدین معنا که نه آنقدر بزرگ اندازه‌گذاری کنیم که هزینه‌ها افزایش یابد و حجم هوادهی مناسبی به فضا نرسد و نه اینکه آنقدر کوچک اندازه‌گذاری کنیم که سیستم با مشکل تولید نویز و صدا مواجه شود یا حجم هوادهی کافی نباشد.

برای اندازه‌گذاری صحیح یک کانال می‌توان از نمودار زیر استفاده کرد، این نمودار مقدار افت فشار در کانال را با توجه به میزان دبی هوای عبوری در هر ۱۰۰ فوت طول کانال نشان می‌دهد همچنین خطوط مربوط سرعت هوا در کانال و قطر مقطع کانال نیز نشان داده شده است، این نمودار جهت تعیین دبی، افت فشار، سرعت و قطر کانال مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌طوری‌که با داشتن دو پارامتر، سایر پارامترهای مربوطه را می‌توان محاسبه کرد.



افت فشار بر حسب اینچ آب در هر ۱۰۰ فوت طول کانال

شکل (۲-۱): نمودار دبی بر حسب افت فشار در کانال‌هایی با مقطع گرد

باید به این نکته توجه کرد که از این نمودار می‌توان مقدار قطر کانال را برای کانال با مقطع دایره استخراج کرد، اگر کانال با مقطع مستطیل یا غیره باشد باید با استفاده از روابط مربوطه مقطع دایره را به مستطیل یا غیره تبدیل نمود.

پرسش ۲-۱۵) مشترک از یک کانال فولادی گالوانیزه با مقطع دایره و درز طولی، 2000 cfm هوا عبور می‌کند. در صورتی که کلاس فشار کانال ۱ اینچ آب باشد، حداقل ضخامت ورق مورد نیاز برای ساخت کانال چقدر باید باشد؟ افت فشار در کانال را $0.1 \text{ in. wg}/100 \text{ ft}$ (شهریور ۹۵ «۸»)

(الف) ۱ میلی‌متر

(ب) 0.6 میلی‌متر

(ج) 0.5 میلی‌متر

(د) 0.75 میلی‌متر

پاسخ) با توجه به نمودار افت فشار در کانال، با دبی هوای 2000 فوت مکعب در دقیقه و افت فشار $0.1 \text{ in. wg}/100 \text{ ft}$ ، قطر کانال هوا

تقریباً 20 اینچ بدست می‌آید، طبق جدول ۱۴-۳-۲ "پ" صفحه ۷۰ مبحث ۱۴، حداقل ضخامت ورق مورد استفاده برای این



کانال فولادی گالوانیزه با مقطع دایره و درز طولی، ۰/۷۵ میلی‌متر می‌باشد. گزینه د صحیح است (این سوال براساس ویرایش قبل مبحث ۱۴ طرح شده است و پاسخ صحیح در پاسخنامه رسمی گزینه ب می‌باشد).

پرسش ۲-۱۶) طراحی یک کانال عبور هوا از جنس ورق فولادی گالوانیزه با حجم عبوری هوای ۷۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه در زیر سقف کاذب اجرا می‌شود. به دلیل محدودیت ارتفاع سقف کاذب، حداکثر ارتفاع کانال ۲۰ اینچ است. با فرض افت فشار

$$\frac{1}{10} \frac{\text{inwg}}{\text{ft}} \quad \text{برای هوا، ضخامت ورق کانال حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟ (شهریور ۱۴۰۱) (طراحی) «۵۵»}$$

الف) ۱/۲۵ (ب) ۰/۶ (ج) ۱ (د) ۰/۷۵

پاسخ با توجه به نمودار افت فشار در کانال، با دبی هوای ۷۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه و افت فشار $\frac{1}{10} \frac{\text{inwg}}{\text{ft}}$ ، سرعت در کانال هوا تقریباً ۱۴۵۰ فوت بر دقیقه بدست می‌آید، بنابراین سطح مقطع کانال از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = V \times A \Rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{7000}{1450} = 4.82 \text{ ft}^2 = 694 \text{ in}^2 \quad \begin{matrix} A=h \times L \\ \Rightarrow \end{matrix} \quad L = \frac{694}{20} = 34.7 \text{ in}$$

با توجه به بعد بزرگ‌تر مقطع کانال و طبق جدول ۱۴-۳-۲ "ب" صفحه ۶۹ مبحث ۱۴، حداقل ضخامت ورق مورد استفاده برای این کانال فولادی گالوانیزه ۰/۷۵ میلی‌متر می‌باشد. گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۱» آزمون «طراحی اسفند» سال ۹۵ می‌باشد.

پرسش ۲-۱۷) طراحی برای مسجدی با گنجایش ۵۵۰ نفر (تعداد مردان و زنان برابر در نظر گرفته شود) مقرر است توالی عمومی تعبیه شود. حداقل قطر کانال اصلی برای تخلیه هوای تمام توالی‌های عمومی باید چند اینچ باشد؟ سرعت هوا در کانال اصلی ۱۵۴۰ fpm فرض شود. (اردیبهشت ۹۷) (طراحی) «۳۸»

الف) ۹ (ب) ۸ (ج) ۱۲ (د) ۱۰

پاسخ ابتدا به جدول ۱۶-۳-۲ "الف" صفحه ۲۹ مبحث ۱۶، مراجعه کرده و با توجه به اینکه تعداد توالی عمومی در اماکن مذهبی برای هر ۵۰ نفر مرد ۱ عدد و برای هر ۵۰ نفر زن نیز یک عدد است، تعداد اتاق‌های توالی عمومی را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases} N_{\text{toilet(men)}} = \frac{550 \div 2}{50} = 5.5 \approx 6 \\ N_{\text{toilet(women)}} = \frac{550 \div 2}{50} = 5.5 \approx 6 \end{cases} \Rightarrow N_{\text{toilet}} = 6 + 6 = 12$$

طبق جدول ۱۴-۴-۲ صفحه ۴۲ مبحث ۱۴، حداقل مقدار هوای ورودی از بیرون برای هر اتاق توالی عمومی، ۷۰ فوت مکعب بر دقیقه می‌باشد، بنابراین مقدار دبی هوا برای ۱۲ اتاق برابر است با:

$$\dot{V} = 70 \times 12 = 840 \text{ cfm}$$

با توجه به سرعت هوا در کانال، قطر آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{V} = A \times v \quad \begin{matrix} A = \pi \frac{d^2}{4} \\ \Rightarrow \end{matrix} \quad d = \sqrt{\frac{4 \dot{V}}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \times 840}{3.14 \times 1540}} = 0.833 \text{ ft} \approx 10 \text{ in}$$

گزینه د صحیح است.

پرسش ۲-۱۸) طراحی از یک کانال مربعی شکل به ابعاد (۰/۱ × ۰/۱) متر هوا با سرعت متوسط $V = 5 \text{ m/sec}$ و با جرم مخصوص $\rho = 1.02 \text{ kg/m}^3$ عبور می‌کند. جرم عبوری هوا از کانال در زمان یک ثانیه برابر است با: (اسفند ۸۹) «۳»

الف) $\dot{m} = 0.51 \text{ gr/sec}$ (ب) $\dot{m} = 5.1 \text{ gr/sec}$ (ج) $\dot{m} = 51 \text{ gr/sec}$ (د) $\dot{m} = 510 \text{ gr/sec}$

پاسخ دبی جرمی هوا را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\dot{V} = A \times v \quad \begin{matrix} \dot{m} = \rho \dot{V} \\ \Rightarrow \end{matrix} \quad \dot{m} = \rho \times A \times v = 1.02 \times 0.1 \times 0.1 \times 5 = 0.051 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 51 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

گزینه ج صحیح است.



۶-۲-۲ فشار و سرعت در سیستم کانال کشی

سیستم کانال‌های رفت و برگشت با توجه به سرعت و فشار هوا در کانال‌ها طبقه‌بندی می‌شوند:

فشار هوا:

سیستم‌های توزیع هوا از جهت فشار هوا در کانال به سه دسته تقسیم می‌شوند که منطبق با تقسیم‌بندی فن‌هاست:

- فشار پایین: حداکثر تا $3/75$ اینچ جیوه – فن کلاس I
- فشار متوسط: بین $3/75$ تا $6/75$ اینچ جیوه – فن کلاس II
- فشار بالا: بین $6/75$ تا $12/25$ اینچ جیوه – فن کلاس III

سرعت هوا:

کانال‌های اصلی: این کانال‌ها به طور معمول سرعت بالاتری دارند زیرا حجم بیشتری از هوا را منتقل می‌کنند. حدود سرعت مجاز در کانال‌های اصلی برابر است با:

- برای سیستم‌های خانگی و اداری: ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه
- برای سیستم‌های صنعتی: ۱۰ تا ۲۰ متر بر ثانیه

کانال‌های فرعی: این کانال‌ها به طور معمول سرعت متوسطی دارند تا افت فشار کاهش یابد.

حدود سرعت مجاز در کانال‌های فرعی:

- برای سیستم‌های خانگی و اداری: ۳ تا ۵ متر بر ثانیه
- برای سیستم‌های صنعتی: ۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه

حدود سرعت مجاز در **کانال‌های توزیع نهایی:** این کانال‌ها به طور معمول سرعت پایین تری دارند تا نویز در فضاهای داخلی کاهش یابد.

- برای سیستم‌های خانگی و اداری: ۲ تا ۳ متر بر ثانیه
- برای سیستم‌های صنعتی: ۳ تا ۵ متر بر ثانیه

این مقادیر به منظور کاهش نویز، جلوگیری از افت فشار زیاد و افزایش کارایی سیستم در نظر گرفته می‌شوند.

برای کانال‌کشی در ساختمان‌های مسکونی، اداری و عمومی و غیره از سیستم کم فشار (سرعت کم) استفاده می‌شود. جدول زیر حداکثر سرعت هوای پیشنهادی در این نوع سیستم را برای کاربری‌های متفاوت بر حسب فوت در دقیقه (fpm) نشان می‌دهد:



جدول (۲-۴): سرعت مجاز هوا در کانال‌کشی ساختمان‌ها

سرعت پیشنهادی هوا برحسب FPM با در نظر گرفتن حداقل افت اصطکاکی		سرعت پیشنهادی هوا برحسب FPM با در نظر گرفتن سطح مجاز صدا		نوع کاربری فضا
برگشت	رفت	برگشت	رفت	
۶۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	مسکونی
				آپارتمان‌ها
۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰	اتاق خواب هتل‌ها
				بیمارستان‌ها
۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	ادارات خصوصی
				اتاق‌های کار
				کتابخانه
۸۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۳۰۰	تئاتر و سینما
				سالن اجتماعات
۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	ادارات دولتی
				رستوران لوکس
				فروشگاه‌های لوکس
				بانک
۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	فروشگاه‌های معمولی
				غذاخوری
۱۵۰۰	۲۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰	محیط‌های صنعتی

پرسش ۲-۱۹) مشترک در اماکن مسکونی سرعت توصیه شده در کانال‌های اصلی هوا برحسب متر بر ثانیه کدام است؟ (شهریور ۸۶ «۵۷»)

الف) ۲/۵ - ۳/۵ ب) ۴/۵ - ۵/۵ ج) ۳/۵ - ۴/۵ د) ۵/۵ - ۶/۵

پاسخ) طبق جدول بالا، سرعت پیشنهادی با در نظر گرفتن حداقل افت اصطکاکی در کانال اصلی رفت و برگشت هوا برای ساختمان مسکونی ۱۰۰۰ و ۸۰۰ فوت بر دقیقه (تقریباً ۵ و ۴ متر بر ثانیه) می‌باشد همچنین با در نظر گرفتن سطح مجاز صدا سرعت پیشنهادی ۶۰۰ فوت بر دقیقه (تقریباً ۳ متر بر ثانیه) می‌باشد، با توجه به این مقادیر، گزینه ج پاسخ مناسب‌تری می‌باشد.

۲-۲-۷ اندازه‌گیری فشار کل، فشار استاتیک و فشار سرعتی

وقتی قرار است هوا در داخل کانالی جریان یابد، مانند جریان هر سیال دیگری، فشاری لازم است تا جریان را به‌طور ثابت و دائمی برقرار کند. فشار هوا که «ارتفاع فشار» نیز نامیده می‌شود، دارای دو مولفه استاتیک و سرعتی است:

الف) فشار استاتیک (h_s): این فشار، برای مقابله با مقاومت ناشی از اصطکاک مولکول‌های هوا با جدار کانال لازم است.

ب) فشار سرعتی (h_v): این فشار، صرف ایجاد سرعت هوا در کانال می‌گردد و در هر مقطع از کانال در شرایط استاندارد (21°C) در فشار یک اتمسفر) برحسب اینچ آب نسبی (in.wg) می‌باشد و عبارت است از:

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad (۲-۱)$$

که در آن، V سرعت در هر مقطع از کانال (fpm) می‌باشد.



نکته ۲-۲) رابطه‌ی بالا برای اندازه‌گیری فشار سرعتی در شرایط استاندارد می‌باشد، برای محاسبه‌ی فشار سرعتی می‌توان از رابطه‌ی زیر که با در نظر گرفتن دو نقطه از کانال با ارتفاع ثابت، از رابطه‌ی برنولی بدست آمده نیز استفاده کرد:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad \Rightarrow \quad \Delta P + \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) = 0 \quad \Rightarrow \quad v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho} + v_1^2} \quad (2-2)$$

ج) فشار کل هوا (h_t): برابر است با حاصل جمع فشارهای استاتیک و سرعتی:

$$h_t = h_s + h_v \quad (3-2)$$

واحد فشار استاتیک، فشار سرعتی و فشار کل، معمولاً برحسب اینچ آب یا پاسکال بیان می‌شود.

د) نرخ افت اصطکاکی (h_f): نرخ افت اصطکاکی، مقدار افت فشار (افت هد) ناشی از اصطکاک بین جداره‌ی داخلی کانال و هوای عبوری می‌باشد و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) h_v \quad (4-2)$$

که در آن، h_f افت فشار اصطکاکی (برحسب اینچ آب)، f ضریب اصطکاک سطح داخلی کانال، L طول کانال (برحسب فوت)، D قطر داخلی کانال مدور (برحسب فوت)، h_v فشار سرعتی (برمبنای سرعت متوسط هوا در داخل کانال) (برحسب اینچ آب) می‌باشد.

توضیح اینکه بادزن می‌بایست فشار استاتیکی تولید کند که بر افت فشارهای طول مسیر غلبه کرده همچنین بر افت فشارهای ناشی از وصاله‌ها (اتصالات) و همچنین افت فشار ناشی از دریچه خروجی باشد.

پرسش ۲-۲۰) مشترک اگر فشار سرعتی هوا ۰/۵ اینچ باشد. سرعت هوای استاندارد چقدر است؟ (تیر ۸۰ «۵۴»)

الف) ۲۵۰۰ فوت در دقیقه

ب) ۲۸۳۰ فوت در دقیقه

ج) ۳۲۳۰ فوت در دقیقه

د) ۳۵۰۰ فوت در دقیقه

پاسخ) سرعت هوا در شرایط استاندارد برابر است با:

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \Rightarrow V = 4005 \sqrt{h_v} = 4005 \sqrt{0.5} = 2831.9 \text{ fpm}$$

گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴۲» آزمون «آذر» سال ۷۹ می‌باشد.

پرسش ۲-۲۱) مشترک در یک کانال، سرعت معادل $2000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$ می‌باشد. مقدار هد سرعتی برحسب اینچ آب، کدام است؟

الف) ۰/۶۲۵

ب) ۰/۲۵

ج) ۰/۵

د) ۵

پاسخ) هد سرعتی هوا در شرایط استاندارد برابر است با:

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \Rightarrow h_v = \left(\frac{2000}{4005} \right)^2 = 0.25 \text{ inH}_2\text{O}$$

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲-۲۲) مشترک فشار کلی خروجی یک بادزن ۲ اینچ، فشار کلی ورودی آن ۱/۵- اینچ و فشار سرعتی خروجی آن ۰/۵ اینچ است، فشار استاتیک این بادزن چقدر است؟ (اسفند ۸۲ «۶۰»)

الف) ۳ اینچ

ب) ۲/۵ اینچ

ج) ۲ اینچ

د) ۱/۵ اینچ

پاسخ) فشار کل برای این فن برابر است با:

$$h_t = h_{t(\text{out})} - h_{t(\text{in})} = 2 - (-1.5) = 3.5 \text{ inH}_2\text{O}$$

فشار استاتیک فن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:



$$h_s = h_t - h_v = 3.5 - 0.5 = 3 \text{ in H}_2\text{O}$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲-۲۳) مشترک فشار سرعتی هوا در گذر از یک کانال هوا با مقطع گرد ۰/۵ اینچ آب است. این کانال هوا برای تخلیه هوای یک رختکن به مساحت ۲۵ متر مربع به کار می‌رود. حداقل قطر کانال چند اینچ است؟ (اسفند ۱۴۰۲ (نظارت) «۲۰»)

(الف) ۵/۲

(ب) ۸/۴

(ج) ۳/۴

(د) اطلاعات برای حل مسئله کافی نیست.

پاسخ) رابطه‌ی فشار سرعتی و سرعت در مقطع کانال به صورت زیر است، بنابراین داریم:

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \Rightarrow V = 4005 \sqrt{h_v} = 4005 \sqrt{0.05} = 895.5 \text{ fpm}$$

همچنین طبق جدول ۱۴-۴-۴ صفحه ۴۲ مبحث ۱۴، حداقل مقدار تخلیه هوا برای رخت‌کن ۰/۵ فوت مکعب بر دقیقه بر فوت مربع فضا می‌باشد، بنابراین حداقل مقدار هوایی که باید از کانال عبور کند و وارد محیط شود برابر است با:

$$\dot{V} = 0.5 \frac{\text{ft}^3}{\text{min.ft}^2} \times 25 \text{ m}^2 \times \frac{10.76 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} = 134.5 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

حال با داشتن دبی هوا و سرعت آن سطح مقطع کانال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{V} = v \times A = v \times \pi \frac{d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times \dot{V}}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 134.5}{3.14 \times 895.5}} = 0.44 \text{ ft} = 5.28 \text{ in}$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲-۲۴) مشترک در طراحی یک شبکه توزیع هوا با دمای ۷۰ درجه فارنهایت در ارتفاع ۶۰۰ فوت از سطح دریا: (شهریور ۸۶ «۸»)

(الف) افت فشار استاندارد باید برای ارتفاع تصحیح گردد.

(ب) افت فشار استاندارد باید برای ارتفاع و دما تصحیح گردد.

(ج) تصحیح افت فشار ضروری نیست.

(د) افت فشار استاندارد باید برای دما تصحیح گردد.

پاسخ) با افزایش ارتفاع چگالی هوا کاهش می‌یابد و بر افت فشار در کانال تأثیر می‌گذارد اما نیازی به تصحیح افت فشار برای دما نیست، گزینه الف صحیح است.

نکته ۲-۳) کانال معادل:

منظور از کانال معادل، کانالی است که همان میزان دبی را با همان میزان افت فشار حمل نماید، معادل کانال با مقطع گرد و به قطر d کانالی با مقطع مستطیل به ابعاد $a \times b$ می‌باشد که ارتباط بین مقطع دایره و مستطیل به صورت رابطه زیر است: (تمامی ابعاد برحسب اینچ است)

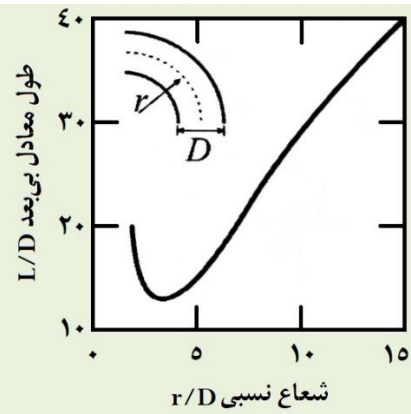
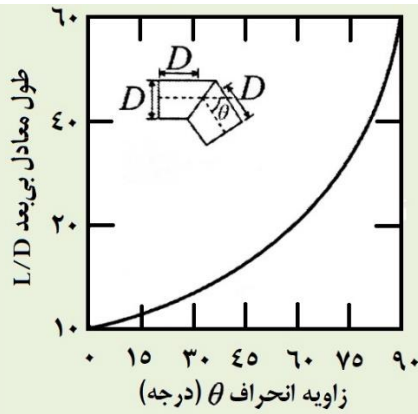
$$d = 1.3 \frac{(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}} \quad (۵-۲)$$

این رابطه قطر معادل کانال مستطیلی را در افت فشار مساوی محاسبه می‌کند.

در صورت برابر نبودن افت فشار از رابطه‌ی زیر برای بدست آوردن قطر معادل استفاده می‌شود:

$$d = \sqrt{\frac{4ab}{3.14}} \quad (۶-۲)$$

در دو نمودار زیر می‌توان رابطه‌ی بی‌بعدی برای طول معادل اتصالات در سیستم کانال کشی بدست آورد و جهت تعیین میزان افت فشار از آن استفاده کرد:



شکل (۲-۲): تعیین طول معادل بی بعد اتصالات با استفاده از زاویه انحراف اتصال و شعاع نسبی

پرسش ۲-۲۵) مشترک مقدار ۲۰۰۰ cfm هوا در کانالی از جنس فولاد گالوانیزه با ابعاد ۱۸×۱۲ اینچ مربع و طول ۸۰ متر در حال گذر می باشد. مقدار افت فشار استاتیک هوا در طی عبور از کانال چه مقدار است؟ (چگالی هوا را با فرض شرایط استاندارد کنار دریا در نظر بگیرید.) (بهمن ۹۴ «۲۱»)

(الف) ۰/۸۳ in.wg

(ب) ۰/۳۲ in.wg

(ج) ۰/۶۵ in.wg

(د) ۰/۴۶ in.wg

پاسخ قطر معادل کانال گرد به صورت زیر محاسبه می شود:

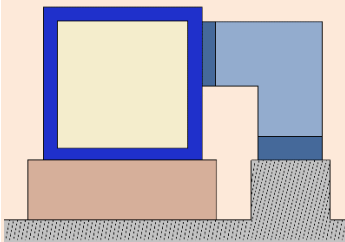
$$d = 1.3 \frac{(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}} = 1.3 \frac{(18 \times 12)^{0.625}}{(18+12)^{0.25}} = 15.98 \text{ in} \approx 16 \text{ in}$$

با استفاده از مقدار قطر بدست آمده و مقدار دبی، از نمودار افت فشار بر حسب دبی، افت فشار تقریباً ۰/۲ اینچ آب در ۱۰۰ فوت طول لوله بدست می آید، بنابراین افت فشار این کانال با طول ۸۰ متر برابر است با:

$$\Delta P = 0.2 \frac{\text{inH}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} \times 80 \text{ m} \times \frac{3.28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} = 0.52 \text{ inH}_2\text{O}$$

گزینه د صحیح است.

پرسش ۲-۲۶) مشترک مطابق شکل روبرو کانال خروجی از یک کولر آبی به ظرفیت هوادهی ۵۴۰۰ m³/hr با ابعاد ۵۰ cm×۵۰ cm با زانوی گوشه دار (زانوی ۹۰ درجه بدون قوس) وارد ساختمان می شود. در صورتی که در زانویی از پره های هدایت کننده، استفاده نشده باشد، افت فشار ناشی از آن تقریباً چند پاسکال است؟ (چگالی هوا ۱/۲ kg/m³ است.) (بهمن ۹۷ نظارت «۲۶»)



(الف) ۴۰

(ب) ۵۰

(ج) ۳۵

(د) ۸۵

پاسخ سرعت هوا در کانال به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\dot{V} = A \times v \Rightarrow v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{5400 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}}}{0.5 \times 0.5} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{196.85 \text{ fpm}}{1 \text{ m/s}} = 1181.1 \text{ fpm}$$

هد سرعتی در شرایط استاندارد از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \Rightarrow h_v = \left(\frac{1181}{4005} \right)^2 = 0.087 \text{ inH}_2\text{O} = 21.6 \text{ pa}$$



قطر معادل کانال از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$d = \sqrt{\frac{4ab}{3.14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.5 \times 0.5}{3.14}} = 0.56 \text{ m}$$

چون زاویه انحراف ۹۰ درجه است رابطه‌ی طول معادل بی‌بعد اتصال به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{L_e}{D} = 60 \Rightarrow \frac{L_e}{0.56} = 60 \Rightarrow L_e = 33.6 \text{ m} \approx 110 \text{ ft}$$

با استفاده از نمودار دبی برحسب افت فشار، با دبی ۵۴۰۰ متر مکعب بر ساعت که معادل ۳۱۷۸/۳ فوت مکعب بر دقیقه می‌باشد و با سرعت ۱۱۸۱/۱ فوت بر دقیقه، مقدار افت فشار کانال تقریباً ۰/۰۸ اینچ آب در ۱۰۰ فوت طول کانال بدست می‌آید. بنابراین با استفاده از طول معادل بدست آمده برای اتصال، افت فشار استاتیکی آن برابر است با:

$$0.08 \frac{\text{inH}_2\text{O}}{100\text{ft}} \times 110 \text{ ft} = 0.088 \text{ inH}_2\text{O} \approx 21.9 \text{ Pa}$$

افت فشار کل در اتصال برابر است با:

$$P_t = P_s + P_v = 21.9 + 21.6 = 43.5 \text{ Pa}$$

گزینه ب صحیح است.

نکته ۲-۴) قطر هیدرولیکی:

طول مشخصه‌ای است که در کانال‌های باز یا مقاطع غیر مدور مطرح می‌شود. از این کمیت برای زمانی که سیال مورد نظر در مقطعی غیر دایره‌ای در حرکت است استفاده می‌شود، این قطر با قطر معادل، متفاوت داشته و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$D_H = \frac{4A_c}{P} \quad (۷-۲)$$

در این رابطه، A_c سطح مقطع جریان و P محیط خیس شده از سطح مقطع جریان است.

پرسش ۲-۲۷) مشترک از کانال مربع مستطیل شکلی به ابعاد $(۲۰ \times ۳۰) \text{ cm}^2$ هوا عبور می‌کند. شعاع هیدرولیکی کانال برابر است با: (اسفند ۸۹ «۱۱»)

الف) $R = ۳ \text{ cm}$ ب) $R = ۴ \text{ cm}$ ج) $R = ۵ \text{ cm}$ د) $R = ۶ \text{ cm}$

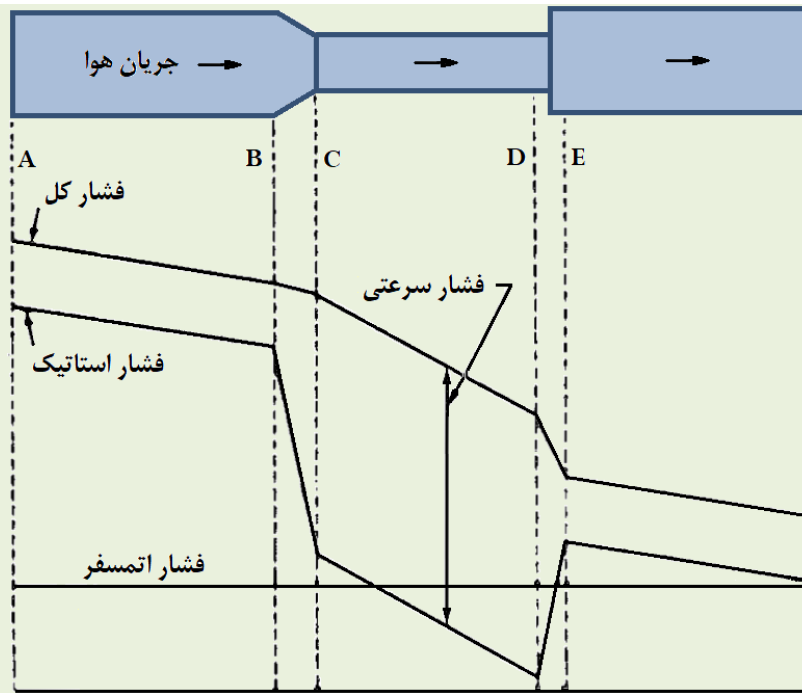
پاسخ) با استفاده از رابطه قطر هیدرولیکی داریم:

$$D_H = \frac{4A_c}{P} = \frac{4(20 \times 30)}{2(20 + 30)} = 24 \text{ cm} \Rightarrow R_H = 12 \text{ cm}$$

در پاسخنامه رسمی گزینه د پاسخ صحیح می‌باشد!

نکته ۲-۵) در طول مسیر هوا در کانال در نقاطی که مقطع کانال ثابت است فشار سرعتی ثابت می‌ماند، در نقاطی که مقطع کانال شروع به کوچک شدن می‌کند فشار سرعتی افزایش و در نقاطی که مقطع کانال افزایش می‌یابد، فشار سرعتی کم می‌شود.

فشار استاتیک فشاری است که برای مقابله با مقاومت ناشی از اصطکاک مولکول‌های هوا با جدار کانال لازم است. بنابراین هر چه هوا در طول کانال پیشروی کند فشار استاتیک آن رفته رفته کاهش می‌یابد.



شکل (۳-۲): تغییرات فشار هوا در طول کانال

پرسش ۲-۲۸) طراحی کدام گزینه در مورد افت فشار هوا در کانال کشی صحیح نیست؟ (اردیبهشت ۹۷ (طراحی) «۵۷»)

الف) در صورت ثابت بودن نسبت مساحت مقاطع و زاویه تبدیل، افت فشار تبدیل واکرا بیشتر از تبدیل همگراست.

ب) با اضافه کردن پره هدایت کننده هوا به زانویی ۹۰ درجه گوشه دار، افت فشار هوا در آن کاهش می یابد.

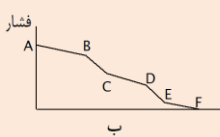
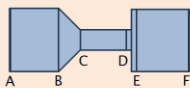
ج) در کانال کشی، فشار استاتیکی هوا در طول مسیر همواره کاهش می یابد.

د) ضریب افت فشار در اتصالات می تواند منفی باشد.

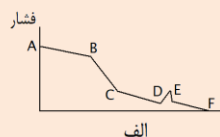
پاسخ) در کانال کشی فشار استاتیکی هوا در طول مسیر میتواند با تغییر در سطح مقطع و شکل کانال و تغییر در سرعت هوا ثابت باشد. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲-۲۹) طراحی در شکل زیر کانال کشی هوای رفت به یک ساختمان کارگاهی نشان داده شده است. تغییرات فشار

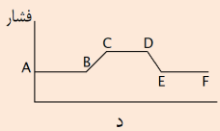
سرعتی در این مجموعه کدام یک از حالات مندرج در این شکل است؟ (شهریور ۱۴۰۱ (طراحی) «۴۲»)



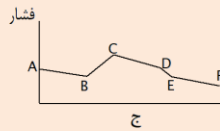
ب



الف



د



ج

د (د)

ج (ج)

ب (ب)

الف (الف)

پاسخ) با توجه به نکته بالا، تغییرات فشار سرعتی به صورت شکل د است، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون «نظارت بهمن» سال ۹۷ می باشد.

پرسش ۲-۳۰) طراحی در شکل زیر هوای محیط بیرون توسط سیستم کانال کشی به داخل فضایی منتقل می شود. تغییرات فشار

استاتیکی این مجموعه کانال کشی کدام یک از حالات زیر می تواند باشد؟ (بهمن ۹۷ (طراحی) «۴۹»)