

محاسبه ضریب جذب تشعشعی محفظه های کروی

سیروس آقاجانی ، ضیاء بشر حق و علیرضادهقانی
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
al_dehghani@hotmail.com

چکیده

تأثیر کیفیت بازتابش از روی سطح داخلی کره از جهت دیفیوز و آئینه ای بودن مسئله مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. ضریب جذب کروی محفظه در زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ درجه به صورت نمودار ترسیم شده است. ضمناً تأثیر زوایای تابش اشعه ورودی در ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ درجه بر روی ضریب جذب کروی ترسیم و با حل دقیق مقایسه شده است. نتایج به دست آمده تطابق خوبی را بین تحلیل به روش مونت کارلو و حل دقیق نشان می دهد.

در این مقاله به بررسی انتقال حرارت تشعشعی در یک محفظه کروی و اثر شعاع منفذ ورودی به شعاع عظیمه کره در مقادیر ضریب جذب با بهره گیری از روش مونت کارلو با استفاده از یک برنامه کامپیوتری پرداخته شده است. برای این منظور با بررسی تأثیر زاویه تابش اشعه ورودی و تأثیر ضریب جذب تشعشعی سطح و تأثیر نسبت آئینه ای بودن سطح بر روی ضریب جذب کروی در زوایای مختلف بازتابی دهانه و

Radiative Absorptivity Calculations of a Spherical Cavity

S. Aghanajafi, Z. Basharhagh, A. Dehghani
Faculty of Mechanical Engineering, K.N.T. University of Technology

ABSTRACT

This paper Investigates the radiative absorptivity of a spherical cavity by using monte carlo techniques. Several parameters such as the angle of incoming radiation which enters the cavity for both diffuse wall cavity and specular wall cavity has been investigated. The absorptivity of a spherical cavity has been calculated and compared with the exact values when the angle of incoming radiation is about 45°, 60°, 75°, 120°. This paper demonstrates that the monte carlo technique is a powerful method to calculate the radiative absorptivity.

این محفظه ها به علت رفتار متقابل سطوح تشکیل دهنده خاص که در معرض تشعشع قرار گرفته است، وجود دارد. این محفظه ها به علت رفتار متقابل سطوح تشکیل دهنده و خواص فیزیکی متفاوت و اندازه های هندسی گوناگون رفتار خاص خود را نمایان می نمایند، به طوری که تغییر در یکی از پارامترهای مطرح شده در این مبحث باعث تغییرات عمده ای در پارامترهایی نظیر ضریب جذب محفظه می شود. شاید در مبحث انتقال حرارت به شیوه تشعشعی یکی از پارامترهای مورد علاقه در مباحث مهندسی پارامتر ضریب جذب کلی یک محفظه باشد که عملاً تعیین کننده میزان حرارت جذب شده توسط سطوح داخلی محفظه

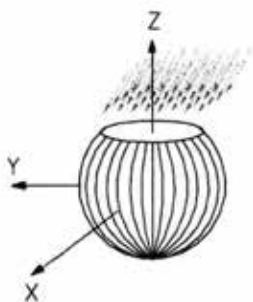
مقدمه

در مبحث انتقال حرارت تشعشعی در ارتباط با صدور، جذب و انعکاس از سطوح به طور عام، تئوری ها مراحل بسط تکمیلی را گذرانده اند و مطالب مفصلی در ارتباط با سطوحی که در معرض شار تشعشعی قرار می گیرند و همچنین در مورد چگونگی عملکرد شار تشعشعی دریافتی، وجود دارد. این مباحث با بررسی جزئیات فیزیکی سطح از قبیل سطوح آئینه، خاکستری و یا سیاه تعمیم یافته است و لیکن در تمامی مراجع کمتر بحثی در ارتباط با رفتار یک محفظه با شکل هندسی

مقدمه

در مبحث انتقال حرارت تشعشعی در ارتباط با صدور، جذب و انعکاس از سطوح به طور عام، تئوری ها مراحل بسط تکمیلی را گذرانده اند و مطالب مفصلی در ارتباط با سطوحی که در معرض شار تشعشعی قرار می گیرند و همچنین در مورد چگونگی عملکرد شار تشعشعی دریافتی، وجود دارد. این مباحث با بررسی جزئیات فیزیکی سطح از قبیل سطوح آئینه، خاکستری و یا سیاه تعمیم یافته است و لیکن در تمامی مراجع کمتر بحثی در ارتباط با رفتار یک محفظه با شکل هندسی

به صورت اتفاقی و با استفاده از اعداد تصادفی صورت می پذیرد، لیکن باید قیدهایی بر این تصادفات اعمال شود تا هنگام بسیار زیاد شدن تعداد پرتوها، شرایط هندسی و فیزیکی حاکم بر مساله لحاظ شوند.



شکل ۱- شماتیکی از محفظه کروی

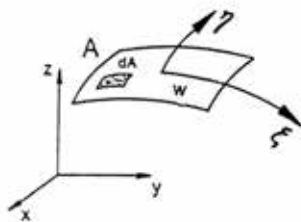
تعیین تصادفی نقطه پرتاب

در ابتدا فرض می کنیم، می خواهیم از سطح W ، تعداد N_T پرتو مجزا (به اندازه کافی زیاد) به درون محفظه گسیل کنیم. اولین قدم، تعیین مختصات نقطه پرتاب می باشد. اگر سطح W را یک سطح سه بعدی غیر مشخص به مساحت A در نظر بگیریم، در حالت کلی می توان این سطح را با معادله $F(x, y, z) = 0$ نمایش داد. حال اگر مطابق با شکل ۲ یک دستگاه جدید مثل (ξ, η) بر روی سطح مذکور تعریف کنیم به شرط آنکه $\xi = \xi(x, y, z)$ و $\eta = \eta(x, y, z)$ باشد، در این صورت خواهیم داشت:

$$dA = f(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (1)$$

فرض می کنیم که بتوان نوشت $f(\xi, \eta) = g(\xi) h(\eta)$ بنابراین داریم:

$$dA = g(\xi) h(\eta) d\xi d\eta$$



می باشد. مسئله ای که در این مقاله به بررسی و تحلیل آن پرداخته شده است تحلیل محفظه های کروی شکل است که در اکثر تحلیل های مشابه در مکانیک سیالات و انتقال حرارت به آن پرداخته شده است [۱، ۲، ۳].

تاریخچه روش مونت کارلو

روش مونت کارلو در سال ۱۹۴۹ میلادی ابداع شد و نخستین بار چند ریاضیدان آمریکایی در توسعه و پیشرفت این روش سعی کردند [۴، ۵، ۶]. البته پایه نظری این روش، از مدت ها قبل بنا شده بود. روش مذکور یک روش عددی حل مسائل با استفاده از نمونه گیری های تصادفی می باشد. به بیان واضح تر، روش مونت کارلو روشی است که روابط ریاضی را که ممکن است مدل شده قوانین فیزیکی باشند، مستقیماً به وسیله فرایند های تصادفی مدل می کند. نام گذاری این روش، برگرفته از نام شهر مونت کارلو در موناکو می باشد که شهرتش را مدیون بازی های ساده مکانیکی با استفاده از تولید اعداد تصادفی می باشد [۷].

تئوری و فرضیات مسئله

برای محاسبه ضریب جذب محفظه کروی (شکل ۱) باید انرژی صادر شده از سطح فوقانی را درون محفظه دنبال کرده و پس از بازتاب ها و انعکاس های مختلف، آن بخش از انرژی مزبور را که جذب دیگر سطوح می شوند را تعیین کرد. وقتی یک پرتو وارد محفظه می شود، فرض می کنیم این پرتو از تعداد بسیار زیادی پرتو کوچکتر تشکیل شده است که مجموع انرژی این پرتوهای کوچک، برابر انرژی پرتو اولیه است و هر یک از این پرتوهای کوچک در هر لحظه، تنها یکی از اتفاقات جذب و یا بازتابش را تجربه می کند. لازم به ذکر است که هنگام رسیدن پرتو به سطح محفظه یا جذب کامل، یا انعکاس دیفیوز کامل و یا انعکاس آئینه ای رخ خواهد داد. نقطه پرتاب، جهت پرتاب و سرنوشت پرتو درون محفظه تا هنگام جذب شدن توسط سطوح و یا خروج از محفظه، همگی

حال با این فرض $g(\xi) = r$ و $h(\eta) = 1$ خواهیم داشت:

$$P(r) = \frac{r}{\int_0^R r dr} = \frac{r}{\frac{1}{2}R^2} \quad (۷)$$

$$P(\phi) = \frac{1}{\int_0^{2\pi} d\phi} = \frac{1}{2\pi} \quad (۸)$$

و بنابراین:

$$R_r = \frac{2}{R^2} \int_0^r r^* dr^* = \frac{r^2}{R^2} \quad (۹)$$

$$R_\phi = \frac{1}{2\pi} \int_0^\phi d\phi^* = \frac{\phi}{2\pi} \quad (۱۰)$$

در نتیجه:

$$r_p = R\sqrt{R_r} \quad (۱۱)$$

$$\phi_p = 2\pi R_\phi \quad (۱۲)$$

پس برای محاسبه مختصات هر یک از نقاط پرتاب پرتوهای گسیل شده کافی است هر بار دو عدد تصادفی بین صفر و یک به R_ϕ و R_r نسبت داده و Γ_p و Φ_p را به دست آورد و سپس X_p و Y_p و Z_p را محاسبه کرد.

تعیین تصادفی جهت پرتاب

در این مرحله نیز با استفاده از داده های آماری به تعیین جهت تصادفی پرتاب پرداخته ایم. در ابتدا با بنا ساختن یک دستگاه مختصات محلی X و Y و Z بر روی نقطه P به دست آمده از حالت قبل، می توان جهت پرتاب را نسبت به این دستگاه سنجید و سپس توسط یک ماتریس تبدیل که اعضای این ماتریس کسینوس هادی های بردارهای یکه دستگاه محلی هستند می توان این دستگاه محلی را به دستگاه مطلق ربط داد که در اینجا برای سادگی دستگاههای محلی و مطلق را می توان هم راستا در نظر گرفت. بنابراین داریم:

$$\vec{N} = -\frac{\nabla F}{|\nabla F|} \quad (۱۳)$$

$$\nabla F = \frac{\partial F}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial F}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial F}{\partial z} \hat{k}$$

شکل ۲- شماتیکی از دستگاه مختصات (x,y,z) و دستگاه مختصات $(\xi$ و $\eta)$

که در رابطه فوق $g(\xi)$ و $h(\eta)$ به ترتیب توابع فراوانی متغیرهای ξ و η هستند [۵ و ۸]. حال می توان نوشت:

$$p(\xi) = \frac{g(\xi)}{\int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} g(\xi) d\xi} \quad (۲)$$

$$P(\eta) = \frac{h(\eta)}{\int_{\eta_{\min}}^{\eta_{\max}} h(\eta) d\eta} \quad (۳)$$

که $P(\xi)$ و $P(\eta)$ توابع تراکم احتمال نامیده می شوند. بنابراین داریم:

$$R_\xi = \int_{-\infty}^{\xi} P(\xi^*) d\xi^* \quad (۴)$$

$$R_\eta = \int_{-\infty}^{\eta} P(\eta^*) d\eta^* \quad (۵)$$

که R_ξ و R_η توابع توزیع تجمعی نامیده می شوند و مقدار آنها بین صفر و یک می باشد. یادآوری می کنیم که می خواهیم مختصات نقطه پرتاب پرتوهای ارسالی از سطح W را به صورت تصادفی تعیین کنیم. برای این کار لازم است که ξ و η هر نقطه را به روش زیر به دست آوریم.

ابتدا با استفاده از رابطه (۱)، توابع $g(\xi)$ و $h(\eta)$ را تعیین می کنیم. سپس توابع $P(\xi)$ و $P(\eta)$ را با کمک روابط (۲) و (۳) محاسبه می شود. بدین وسیله R_ξ و R_η از روابط (۴) و (۵) به دست می آیند. چون طرف دوم معادلات (۴) و (۵) به ترتیب توابعی از ξ و η می باشند، پس با نسبت دادن دو عدد تصادفی به R_ξ و R_η (بین صفر و یک) می توان ξ و η را مشخص کرد و از آنجا با توجه به روابط قبل می توان مختصات نقطه پرتاب $(X_p$ و Y_p و $Z_p)$ را تعیین کرد.

حال با استفاده از روش مذکور نقطه پرتاب را به طور تصادفی بر روی دایره فوقانی محفظه مدل شده به دست می آوریم. اگر شعاع دایره را با Γ نمایش دهیم، با استفاده از سیستم مختصات قطبی خواهیم داشت:

$$dA = r dr d\Phi \quad (۶)$$

روش تعیین تقاطع پرتو با سطح محفظه

\vec{V} برداریکه ای است که جهت پرتاب گسیل شده (یا منحرف شده و یا منعکس شده) از نقطه P را مشخص می سازد. در اینجا بدون در نظر گرفتن اثر گاز بر روی پرتو، فرض می کنیم که پرتو مزبور به طور مستقیم به نقطه ای از سطح محفظه برخورد می نماید. هدف پیدا کردن نقطه تقاطع می باشد، چون در حالت کلی، معادله یا معادلاتی که سطوح محفظه را تعریف می کنند، می توانند پیچیده باشند. بهتر است که ابتدا شماره سطحی را که نقطه بر آن واقع است، تعیین کرد. در اینجا معادلات سطوح محفظه، کلی و غیر مشخص هستند. فرض می کنیم که شماره این سطوح به طریقی محاسبه شده باشد. سطح مزبور را W می نامیم. خطی که توسط برداریکه \vec{V} و نقطه P مشخص می شود را می توان به صورت پارامتری بیان کرد:

$$\begin{aligned} X &= X_p + C_1 L \\ Y &= Y_p + C_2 L \\ Z &= Z_p + C_3 L \end{aligned} \quad (22)$$

که در آن L پارامتری از جنس طول بوده و C_1, C_2, C_3 مؤلفه های V در مختصات دستگاه اصلی هستند. حال اگر سطح W را که پرتو با آن برخورد کرده را با معادله $F_k(X, Y, Z)$ نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$F_k(X_p + C_1 L, Y_p + C_2 L, Z_p + C_3 L) = 0 \quad (23)$$

که در معادله فوق، تنها کمیت مجهول L است و در حالت کلی این معادله را باید با روش های عددی مناسب حل کرد. پس از محاسبه L مختصات نقطه تقاطع را می توان از رابطه (23) به دست آورد. اگر نقطه تقاطع را I بنامیم، طول مسیری که پرتو از نقطه آغاز (P) تا نقطه پایان (I) در حرکت خود پیموده است برابر با مقدار L خواهد بود، یعنی $L = |\vec{PI}|$. واضح است

$$\vec{T} \cdot \vec{N} = 0 \quad (14)$$

$$\vec{S} = \vec{N} \times \vec{T} \quad (15)$$

که با توجه به فرمول های فوق می توان برداریکه قائم بر سطح (N) و دو بردار داخل سطح را (S و T) همراه با یک شرط اضافی دلخواه پیدا می شود. حال:

$$dQ_e = \epsilon I \cos \theta d\Omega \quad (16)$$

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\phi \quad (17)$$

$$d\Omega_e = \epsilon I \sin \theta \cos \theta d\theta d\phi \Rightarrow$$

$$\begin{cases} g(\theta) = \sin \theta \cos \theta \\ h(\theta) = \epsilon I \end{cases} \quad (18)$$

که در اینجا $g(\theta)$ و $h(\Phi)$ توابع فراوانی می باشند و مجدداً مانند حالت قبل داریم:

$$\left. \begin{aligned} P(\theta) &= 2 \sin \theta \cos \theta \\ P(\phi) &= \frac{1}{2\pi} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \quad (19)$$

توابع تراکم احتمال

$$\left. \begin{aligned} R_\theta &= \sin^2 \theta \Rightarrow \theta = \sin^{-1} \sqrt{R_\theta} \\ R_\phi &= \frac{\phi}{2\pi} \Rightarrow \phi = 2\pi R_\phi \end{aligned} \right\} \Rightarrow \quad (20)$$

توابع توزیع تجمعی بنابراین برای تعیین جهت بردار پرتاب، یک عدد تصادفی به R_θ و یک عدد تصادفی دیگر به R_ϕ نسبت می دهیم. سپس θ و Φ را محاسبه می کنیم در این صورت بردار پرتاب در مختصات محلی و سپس مختصات مطلق به دست می آید.

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \sin \theta \cos \phi \\ C_2 &= \sin \theta \sin \phi \\ C_3 &= \cos \theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\vec{V} = C_1 \hat{i} + C_2 \hat{j} + C_3 \hat{k} \quad (\text{بردار پرتاب}) \quad (21)$$

- ۱- شمارنده ای برای محاسبه ضریب جذب در نظر خواهیم گرفت. در صورت جذب پرتو توسط سطوح محفظه یک شمارنده به شمارنده فوق الذکر اضافه می شود و در صورت خروج چیزی به آن اضافه نمی شود.
- ۲- نقطه پرتاب را مشخص می کنیم.
- ۳- جهت پرتاب را مشخص می کنیم
- ۴- محل تقاطع پرتو را با سطح مشخص می نمایم.
- ۵- بررسی های لازم را از نظر جذب و یا انعکاس انجام می دهیم.
- ۶- در صورت جذب یا خروج پرتو، یک پرتو جدید به درون محفظه می فرستیم.
- ۷- با تقسیم تعداد پرتوهای جذب شده به کل تعداد پرتو فرستاده شده ضریب جذب پیدا می شود.

بررسی نمودارها

برای مقایسه بهتر و دسته بندی نتایج، نمودارها را می توان به دو دسته طبقه بندی کرد. در این نمودارها با استفاده از زاویه دهانه ورودی و تغییر پارامتر ضریب جذب سطحی α و تغییر در ضرایب انعکاسی سطح μ بر اساس زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه ترسیم شده است. شایان ذکر است در برنامه کامپیوتری که بدین منظور تهیه شده برای به دست آوردن هر نقطه، بین هزار تا ده هزار پرتو به داخل محفظه گسیل شده و مسیر پرتو تا تعیین تکلیف نهایی پی گیری شده است. علت اینکه از روش مونت کارلو استفاده شده این است که با بالا بردن تعداد پرتوها دقت نتایج بهتر می شود. همچنین هر چقدر دهانه محفظه کوچکتر باشد (زوایای θ کوچکتر) تعداد برخورد پرتوها با محفظه افزایش می یابد (شکل ۳)، به طوریکه در زوایای باز شدگی دهانه در حدود ۵ درجه و محفظه ای با سطح داخلی انعکاسی $\mu = 0.999$ تعداد برخوردها با سطح محفظه بیش از ۸۰۰ بار می گردد تا نهایتاً از روزنه فوقانی خارج گشته و یا در یکی از برخوردها جذب شود. اگر تصور کنید که این عملیات ۱۰۰۰۰ بار و با استفاده از اعداد تصادفی صورت

که چون جهت حرکت بسته انرژی از نقطه P به طرف I می باشد، همواره $L > 0$ است.

تعیین سرنوشت پرتو برخورد کرده با سطح محفظه

می خواهیم ببینیم پس از اینکه بردار با سطح کروی برخورد کرد چه سرنوشتی در انتظار پرتو می باشد. از نظر فیزیکی، از کل مقدار انرژی ورودی به سطح که مقدار آن را واحد فرض می کنیم، مقداری برابر با ضریب جذب سطح، جذب سطح شده و بقیه آن یا به صورت دیفیوز یا آئینه ای منعکس خواهد شد. بنابراین ما این طور استدلال می کنیم که اگر تعداد بسیار زیادی بسته انرژی به سطح برسند نسبت آن تعداد پرتوهایی که جذب سطح شده اند، به کل تعداد پرتوهای رسیده به سطح، به سمت α (ضریب جذب سطح) میل خواهد کرد. بدین ترتیب برای تعیین سرنوشت یک پرتو به صورت زیر عمل می کنیم. یک عدد تصادفی R_{N1} انتخاب می کنیم. عدد انتخاب شده را با α سطح مقایسه می کنیم. اگر $\alpha > R_{N1}$ باشد، پرتو جذب سطح شده و سفر پرتو خاتمه می یابد. اگر $\alpha < R_{N1}$ باشد، پرتو از سطح منعکس خواهد شد. برای تشخیص نوع انعکاس نیز باز هم به ملاحظات آماری پناه می بریم. بدین ترتیب که یک عدد تصادفی دیگر R_{N2} انتخاب کرده و آن را با μ (درصد انعکاس آئینه ای سطح که برابر است با ρ/μ) مقایسه می کنیم. اگر $\mu > R_{N2}$ باشد، انعکاس از نوع آئینه ای در غیر این صورت پرتو به صورت دیفیوز منعکس می شود:

و جذب $\alpha > R_{N1} \Rightarrow$

$$\alpha < R_{N1} \Rightarrow \begin{cases} \text{انعکاس} \\ \text{آئینه} \Rightarrow \mu < R_{N2} \\ \text{دیفیوز} \Rightarrow \mu > R_{N2} \end{cases}$$

محاسبه ضریب جذب تشعشی

با توجه به مطالب بیان شده می توان ضریب جذب تشعشی را چنین محاسبه کرد:

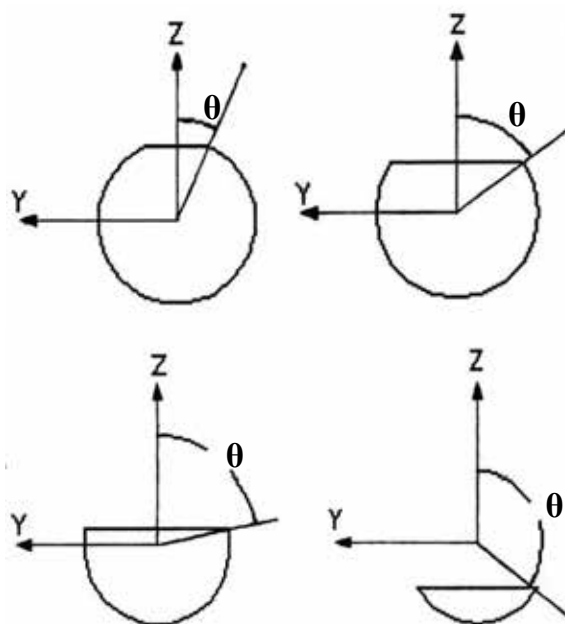
پذیرد، آنگاه می توان مطمئن بود که تمام حالات ممکنه اتفاق می افتد.

۳- نتایج نشان می دهد که بازتابش به صورت دیفیوز باعث افزایش ضریب جذب کروی می گردد.

۴- در جدول ۱ زمان انعکاس به صورت دیفیوز داده شده است.

جدول ۱- زمان انعکاس به صورت دیفیوز

$\theta = 5^\circ$	$\alpha_s = 0/4444$	زمان محاسبه ۲۴ ثانیه
$\alpha = 0/01$		
$\mu = 0/99$		
$G = 10000$		
$\theta = 5^\circ$	$\alpha_s = 0/922$	زمان محاسبه ۵۰ ثانیه
$\alpha = 0/01$		
$\mu = 0/01$		
$G = 10000$		



شکل ۳- شماتیکی از حالات مختلف زوایای دهانه ورودی محفظه کروی

۵- با افزایش زمان بازشدگی دهانه، ماکزیمم ضریب جذب کروی در نمودارها در حالات متفاوت دیفیوز و آئینه ای کاهش می یابد.

۶- نرخ افزایش ضریب جذب کروی در قبال افزایش ضریب جذب سطحی محفظه در $\alpha = 0/5$ کاهش چشم گیری دارد.

۷- موضوع بند ۶ با افزایش خاصیت انعکاسی به صورت دیفیوز محفظه افزایش می یابد.

۸- با افزایش عدد α سطحی و نزدیک به عدد ۱ تأثیر دیفیوز و انعکاسی بودن کاهش یافته و در مقادیر حدود ۱ تقریباً بی تأثیر است.

نمودارهای دسته دوم

نمودارهای دسته دوم بر مبنای شار تشعشعی تحت زاویه خاص محاسبه و ترسیم شده اند. (نمودار ۲). در این حالت بر خلاف حالت قبلی که جهت بردار تابش به صورت کاملاً تصادفی و متغیر انتخاب می شدند. تمامی بردارهای تابش تحت زاویه

تحلیل نمودارهای دسته اول

نمودارهای دسته اول بر مبنای زاویه بازشدگی دهانه θ خاصی ترسیم شده اند. در این نمودارها با فرض ثابت ماندن ضریب جذب سطحی α و با تغییرات ضریب انعکاسی سطح اعداد ضریب جذب کروی از برنامه کامپیوتری به دست آمده است. همان طور که دیده می شود جواب ها همگرا می باشند (نمودار ۱). با بررسی دقیق تر نمودار ۱ می توان موارد زیر را بیان کرد:

۱- با افزایش میزان بازشدگی دهانه میزان ضریب جذب کروی محفظه کاهش می یابد.

۲- صحت نتایج با کاهش زاویه بازشدگی دهانه در حد ۱ درجه و استحصال ضریب جذب کروی ۱ با پیش فرض

I شدت تابش
 X', Y', Z' دستگاه مختصات محلی
 P تابع تراکم احتمال
 ε ضریب صدور سطح
 N, T, S بردارهای یکه دستگاه مختصاتی محلی
 R_N عدد تصادفی
 A مساحت
 γ بردار در امتداد خط برخورد
 $g(\xi)$ و $h(\eta)$ توابع فراوانی
 θ, Φ زوایای پرتاب در مختصات کروی
 F معادله رویه
 Ω زاویه فضایی

مشخصی از مدخل ورودی کره عبور کرده و وارد فضای داخلی کره می گردند. برای تحلیل مسئله به ازای هر کدام از نمودارها نوع بازتابش با پیش فرضی مشخص شده است.

نتیجه گیری

۱- بر مبنای ضریب انعکاس سطحی ثابت ($\mu = \text{const}$) با کاهش میزان ضریب جذب، میزان ضریب جذب کروی کاهش می یابد.
 ۲- بازتابش از روی سطوح دیفیوز باعث افزایش ضریب جذب کروی می گردد.
 ۳- افزایش و کاهش زاویه تابش در مقدار نهایی ضریب جذب کروی تأثیری نداشته و عملاً نمودارهای یکسانی به دست می آید.
 ۴- طبق نتایج به دست آمده زمان محاسبات در حالت بازتابش دیفیوز بیشتر است.

۵- می توان به این نتیجه کلی رسید که در کره با حفره دایره ای زاویه تابش اثری بر روی میزان ضریب جذب کروی نخواهد داشت.
 ۶- میزان ضریب جذب کروی با استفاده از حل دقیق به صورت زیر می باشد.

$$\alpha = \frac{\alpha}{1 - 0.5(1 - \alpha)(1 + \cos\phi)} \quad (24)$$

مطابق با جدول ۲ می توان مغایرت بین جوابهای حاصل از روش مونت کارلو و حل دقیق را مشاهده کرد. همان طور که دیده می شود این تفاوتها بسیار اندک و تقریباً مطابق با حل دقیق می باشند.

نمادها

R تابع توزیع تجمعی

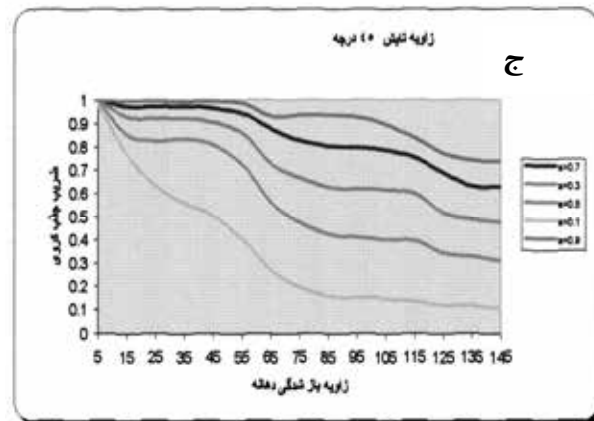
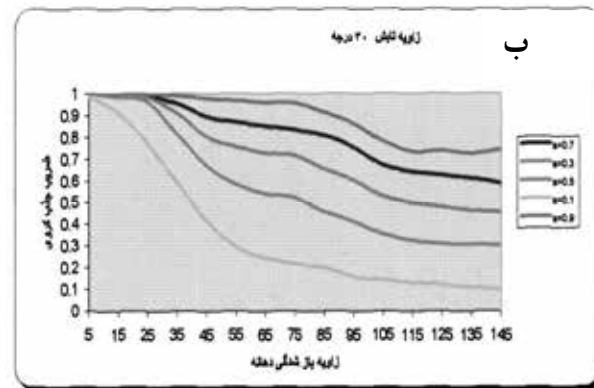
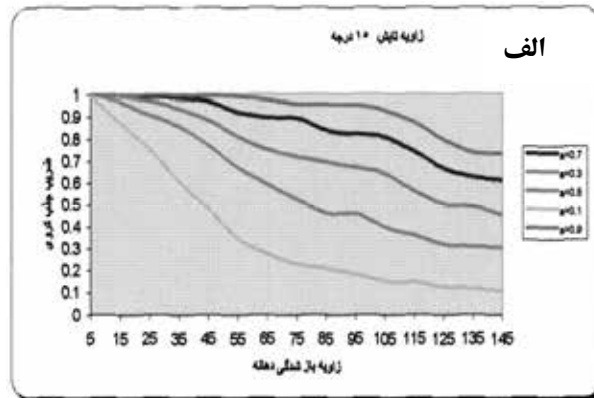
جدول ۲- مقایسه نتایج روش مونت کارلو در کره ای با سطح داخلی کاملاً دیفیوز و حل دقیق برای $\alpha = 0.9$

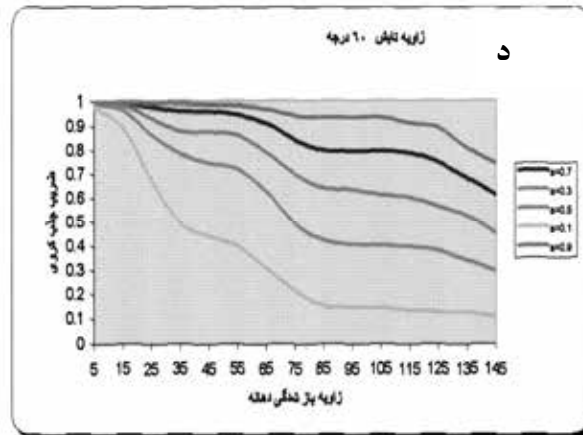
زاویه بازشدگی دهانه	حل دقیق	حل به روش مونت کارلو	میزان خطا به درصد
۲	۰/۹۹۹۹	۱	۰/۰۱
۴	۰/۹۹۹۸	۱	۰/۰۲
۶	۰/۹۹۹۶	۱	۰/۰۴
۸	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۹۹	۰/۰۴۵
۱۰	۰/۹۹۹۱	۰/۹۹۹۹	۰/۰۸
۱۲	۰/۹۹۸۷	۰/۹۹۹۷	۰/۰۸
۱۴	۰/۹۹۸۳	۰/۹۹۹۴	۰/۰۹۵
۱۶	۰/۹۹۷۸	۰/۹۹۹۱	۰/۱۱
۱۸	۰/۹۹۷۲	۰/۹۹۹۰	۰/۱۵
۲۰	۰/۹۹۶۶	۰/۹۹۹۰	۰/۲۳
۲۲	۰/۹۹۵۹	۰/۹۹۹۰	۰/۲۸
۲۴	۰/۹۹۵۲	۰/۹۹۸۹	۰/۳۴
۲۶	۰/۹۹۴۲	۰/۹۹۸۸	۰/۴۴
۲۸	۰/۹۹۳۵	۰/۹۹۸۸	۰/۵
۳۰	۰/۹۹۲۶	۰/۹۹۸۷	۰/۵۸

منابع

- [1] H.C.Hottel ,M. Perlmutter,"Monte Carlo Solution Of Thermal Transfer Through Radiant Media Between Gray Walls",Journal Heat Transfer, Vol.86,PP.116-122,(1964).
- [2] J.R. Mahan , L.D.Eskin,"The Radiation Distribution Factors Its Calculation Using Monte Carlo Techniques And An Example Of Its Application" , Proceeding First U.K Nation Conference Of Heat,(1998). [3] R.Siegel, J.Howell , "Thermal Radiation Heat Transfer " , Mc Graw Hill,New York, (2002).
- [4] A.Haji-Sheikh,"Monte Carlo Method Handbook Of Numerical Heat Transfer", John Willey&Sons, new York,(1988).
- [5] m.Sobol, "The Monte Carlo " , Mir Publ- isher , Moscow,(1984).
- [6] M.D. Karesten," The Monte Carlo Method In Science And Engineering Theory And Application" , Computer Method In Applica- tion Mechanic And Engineering,Vol.89,PP . 463-483,(1991).
- [7] R.L. lee , B.R. Barkstorm, R.D. Cess, "Characterization Of Earth Radiation Budget Experiment Solar Monitors", NASA Langley Research Center,(1986).
- [8] R.M.Goody,"Atmosphere Radiation , The- oretical Basis",Vol.1 Clarendon Press,Oxford ,(1984).

نمودار ۱- تأثیرات زاویه های مختلف تابش (بر حسب درجه) بر روی ضریب جذب کروی بر اساس $m=0.5$.





نمودار ۲- تأثیرات متقابل ضریب جذب سطحی و ضریب انعکاس سطحی در زاویه های مختلف (برحسب درجه)

