

شبیه سازی گرمایش از کف گلخانه کلاسیک با روش cfd و بررسی اثر نانوسیال در آن

محمود باغبانیان^۱، شعبان قوامی جولندان^{۲*}، سید محمد صفی الدین اردبیلی^۳، سید مجید سجادی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز (Baghbanianmahmoud@gmail.com)

۲. استاد یار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز (s.ghavami@scu.ac.ir)

۳. استاد یار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز (m.safeddin@scu.ac.ir)

۴. استاد یار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز (m.sajadiye@scu.ac.ir)

چکیده

با توجه به افزایش روز افزون استفاده از انرژی و پایان پذیر بودن سوخت‌های فسیلی در تامین انرژی سیستم‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی، استفاده از نانوسیالات و بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایشی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سیستم‌های گرمایشی پر مصرف باشد. از طرفی با عنایت به نیاز مبرم گلخانه به سیستم‌های گرمایشی و نیز به جهت جلوگیری از تخریب ریشه گیاهان، در این تحقیق از پیکربندی گرمایش از کف و کاربرد نانوسیال برای گلخانه استفاده شده است. به این منظور در گام نخست، هندسه‌ی حجم کنترل یک گلخانه در نرم‌افزار سالدورک طراحی و به منظور بررسی شبیه‌سازی، هندسه‌ی هرمی شکل برای آن در نظر گرفته شد. شرایط مرزی برای سردترین شبانه روز سال با توجه به شرایط محیطی با اندازه‌گیری داده‌های دما، رطوبت و جریان هوا استخراج گردید. تحلیل پارامتریک نتایج برای دو نوع نانوسیال آلومینا و دی‌اکسید تیتانیوم در درصدهای حجمی مختلف صورت پذیرفت و تاثیر پارامترهای مذکور بر عدد ناسلت و در جریان گرمایش از کف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانوسیال آلومینا نسبت به نانوسیال دی‌اکسید تیتانیوم دارای عدد ناسلت بیشتری بوده و افزایش قطر نانو ذرات تاثیر منفی بر مقدار عدد ناسلت دارد.

کلمات کلیدی:

شبیه سازی، گلخانه، گرمایش، نانوسیال، CFD

* شعبان قوامی جولندان
s.ghavami@scu.ac.ir

شبیه سازی گرمایش از کف گلخانه کلاسیک با روش cfd و بررسی اثر نانوسیال در آن

مقدمه

مقوله‌ی نانو فناوری علیرغم نوپا بودن آن، توجه بسیاری از پژوهشگران، برنامه‌ریزان و حتی سیاست‌گذاران کشورهای پیشرفته و در حال توسعه را به خود جلب کرده است. یکی از زمینه‌هایی که اخیراً کاربرد نانوفناوری در آن چشمگیر است، انتقال حرارت به کمک نانو مواد می‌باشد. انتظار می‌رود که در آینده نانوسیالات به نوع جدیدی از سیالات مورد استفاده در انتقال حرارت پیشرفته برای کاربردهای مهندسی تبدیل شود. بیشترین تاثیر نانوسیال در خواص انتقال گرمای آن می‌باشد [4]. سیال‌های متداول از جمله آب، اتیلن گلیکول و روغن موتور، ضریب هدایت محدودی دارند لذا استفاده از آنها به تنهایی در سیستم‌های صنعتی امروزی که حرارت تولیدی در واحد سطح تجهیزات بسیار افزایش یافته، انتقال حرارت را با مشکل مواجه می‌کند. نانوسیال‌ها متشکل از ذرات بسیار ریزی (معمولاً کمتر از ۴۰۰ نانومتر) هستند که در سیال پایه پراکنده شده‌اند. اولین مشاهدات از افزایش هدایت حرارتی سیالات حاوی ذرات جامد با اندازه‌ی کوچکتر از میکرون، در سال ۱۹۹۳ توسط ماسودا و همکاران گزارش شد [1]. امروزه تحقیقات در زمینه‌ی نانوسیالات ابعاد گسترده‌ای پیدا کرده است. از یکسو محققین در رابطه با افزایش هدایت حرارتی سیالات و افزایش انتقال حرارت، پیگیر ساخت و تهیه‌ی نانوسیالات با انواع نانو ذرات و نانو لوله‌ها با توزیع اندازه‌های مختلف هستند، در حالی که برخی دیگر از محققین به بررسی مسئله‌ی پایداری و عدم ته‌نشینی نانو ذرات در طی فرآیند انتقال حرارت و عدم کلوخه شدن یا مهاجرت آنها می‌پردازند. ایجاد تغییرات در خواص رئولوژیکی سیال پایه با افزودن نانو ذرات، بخشی از تلاش‌های محققین را به بررسی این موضوع معطوف داشته است و این در حالی است که محققین دیگر در حال تهیه و ساخت نانوسیالات هیبریدی پیشرفته، اعم از نانوسیالات پلیمری^۱ و نانوسیالات کاهش دهنده‌ی میزان اصطکاک^۲ می‌باشند [5,6]. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که به دلیل بالاتر بودن هدایت حرارتی نانوسیال‌ها نسبت به سیال‌های متداول (آب، اتیلن گلیکول و روغن)، امکان استفاده از این سیال‌ها در کاربردهای حرارتی وجود دارد. انتقال حرارت جابجایی با نانوسیال‌ها را می‌توان به کمک روش‌های تک فاز و دو فاز مدلسازی کرد. در مدل تک فاز فرض بر این است که نانو ذرات و فاز سیال در تعادل حرارتی و

¹ Polymer-nanofluids

² Drag-Reduction-Nanofluids

هیدرودینامیکی هستند. این مدلسازی نسبت به مدلسازی دو فاز ساده تر و زمان محاسبات در آن کمتر است. بنابراین در بسیاری از تحقیقات تئوری انتقال حرارت جابجایی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدلسازی نانوسیال همانند یک سیال معمولی در نظر گرفته شده و معادلات بقای جرم، مومنتوم و انرژی در مورد آنها به کار گرفته می شود. تنها اثر نانو ذرات در ضریب هدایت حرارتی و لزجت می باشد که به کمک مدل های تئوری یا اندازه گیری های تجربی در نظر گرفته می شوند [2,3]. برای این منظور، لازم است که یک تایید معین از عملکرد چنین سیالی تحت یک محیط جابجایی داشته باشیم. اینها نه تنها برای نشان دادن رفتار جابجایی نانوسیالات مهم است، بلکه تئوری های جامع دینامیک سیالات و انتقال حرارت نانوسیالات را ارائه می دهد. لذا با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش به کمک روش عددی، گرمایش از کف گلخانه کلاسیک با استفاده از نرم افزار cfd شبیه سازی و مورد بررسی قرار می گیرد. چوبکار و همکاران [7] اثر اندازه ذرات را بر روی هدایت حرارتی نانوسیال با سیال پایه آب و اتیلن گلیکول و نانوذرات Ag_2Al, Al_2Cu با اندازه های مختلف بین ۳۰ تا ۱۲۰ نانومتر را بررسی کردند. برای هر چهار نوع نانوسیال آنها مشاهده کردند که هدایت حرارتی با کاهش اندازه نانوذرات افزایش می یابد. بیک و همکاران [8] درباره اثر نانو ذرات بر روی هدایت حرارتی، مطالعاتی را روی نانوسیال آب- و اتیلن گلیکول- و با نانوذراتی به قطر ۸ تا ۲۸۲ نانومتر انجام دادند. آنها از روش سیم داغ در دمای اتاق برای اندازه گیری هدایت گرمایی استفاده کردند. آنها مشاهده کردند که با درصد حجمی ثابت نانوذرات، نسبت هدایت حرارتی با کاهش اندازه ذرات افزایش می یابد. این اثرات برای نانوسیالاتی با ذرات کوچکتر از ۵۰ نانومتر بیان شده است. میتسا و همکاران [9] ضریب هدایت حرارتی نانوسیال آب- Al_2O_3 را اندازه گرفتند. در این تحقیق ذراتی با دو قطر متفاوت ۳۶ و ۴۷ نانومتر استفاده شده است. آنها مشاهده کردند که افزایش هدایت حرارتی برای هر دو نوع نانوذرات و در دمای اتاق نزدیک به هم است. در حالی که در دماهای بالاتر نانوسیال آب- Al_2O_3 با نانوذرات کوچکتر افزایش بیشتری را در هدایت حرارتی نشان می دهد. ژی و همکاران [10] هدایت گرمایی نانوسیالات آب- Sic را با دو نوع از نانوذرات، کروی با قطر متوسط ۲۶ نانومتر و لوله ای با قطر متوسط ۶۰۰ نانومتر را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که ۴,۲ درصد حجمی از نانوذرات کروی در سیال پایه باعث افزایش ۱۵,۸ درصدی هدایت حرارتی می شود. در حالی که نانوسیال با ۴ درصد حجمی نانوذرات لوله ای باعث افزایش ۲۲,۹ درصدی هدایت حرارتی می شود. همانطوری که با دقت در مطالعات پیشین مشاهده می شود، در هیچ یک از این مطالعات، تحلیل عددی تاثیر استفاده از گرمایش از کف حامل نانوسیال آلومینا و دی اکسید تیتانیوم برای فصول سرد و تحلیل جامع و پارامتریک سیستم گرمایش اجرا نشده است و در این تحقیق به این موضوع پرداخته خواهد شد.

مواد و روش ها

تحلیل و شبیه‌سازی گلخانه‌ی هرمی شکل بر مبنای دینامیکی سیالات محاسباتی سه‌بعدی به منظور بررسی تاثیر هر یک از نانو سیالات بر رفتار سیالاتی و انتقال حرارتی گلخانه اجرا شده است. روند تحلیل در نرم‌افزار فلونتت به این ترتیب است که معادلات ناویر استوکس مستقل از زمان و فرمولاسیون مدل آشفتگی در جریان به صورت اجزای محدود حل می‌شوند. به منظور ارزیابی میدان فشار، الگوریتم کوپل شده‌ی بین سرعت-فشار SIMPLE^۳ انتخاب شده است. در مجرای ورودی گلخانه، پروفیل سرعت یکنواخت در نظر گرفته می‌شود. ضریب اصطکاک جریان در مقطع گرمایش از کف f از طریق افت فشار ΔP در طول مقطع L ، با قطر هیدرولیکی D_h از رابطه‌ی زیر قابل حصول است:

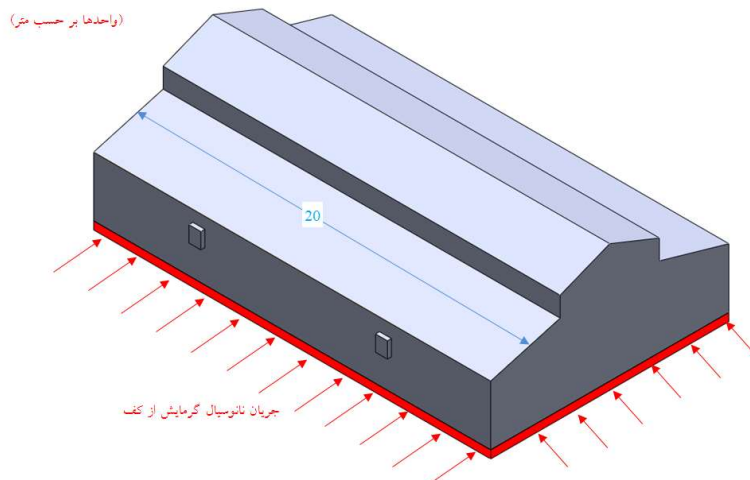
$$f = \frac{\Delta P}{0.5\rho u^2} \frac{L}{D_h} \quad (1)$$

عدد ناسلت میانگین نیز عبارتست از:

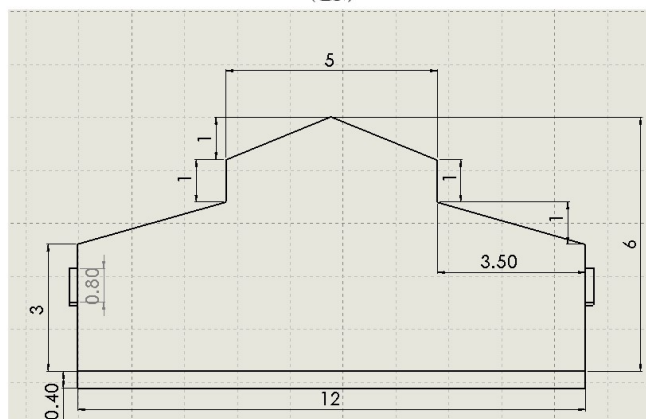
$$Nu = \frac{hD_h}{k_f} \quad (2)$$

شکل ۱، ترسیمی از طراحی و ابعاد گلخانه‌ی هرمی شکل کلاسیک در نرم‌افزار Solid works است. از آنجا که مطابق با مطالعات پیشین که در بالا ارائه شد، تحلیل دمای لوله‌ی حامل جریان نانو سیال بر ضریب عملکرد سیستم‌های مختلف تاثیر داشته است، افزایش دمای خروجی سیال T_c (که در واقع مقارن با افزایش عدد ناسلت کانال Nu_c می‌باشد) به عنوان هدف اول طراحی انتخاب شده است. برای حصول نقاط طراحی در مسائل مرتبط با تحلیل پارامتریک، نیاز به تحلیل اجزای محدود جریان در گلخانه خواهد بود. مطابق با شکل ۱، هندسه در نرم‌افزار Solid works ترسیم و طبق روال شبیه‌سازی، در نرم‌افزار انسیس فلونتت شبیه‌سازی شده است (اشکال ۲ و ۳). در ورودی گلخانه، جریان با سرعت یکنواخت و دمای ثابت ۳۱۳ درجه‌ی کلون (۴۰ درجه‌ی سانتیگراد) وارد کانال می‌شود. طول گلخانه به اندازه‌ی کافی طولانی است و شرایط خروجی به طور کامل توسعه یافته است و مشتقات محوری در آن صفر در نظر گرفته می‌شود. قسمت سقف گلخانه تحت شار تابشی خورشیدی ۹۰۰ وات بر متر مربع قرار گرفته است.

³ Semi Implicit Method for Pressure Linked Equations

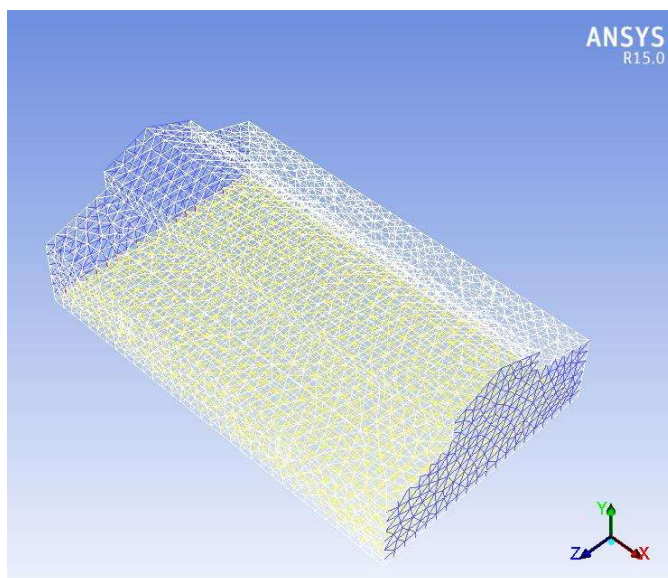


(الف)

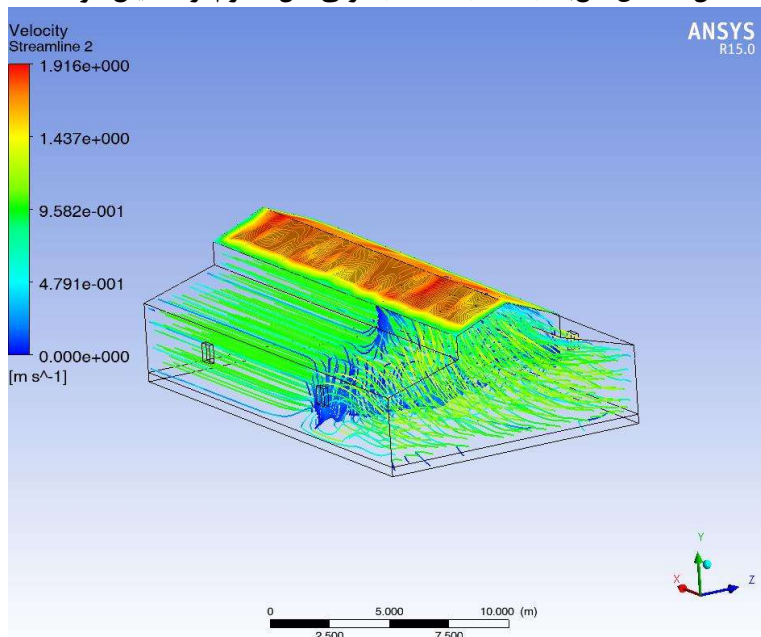


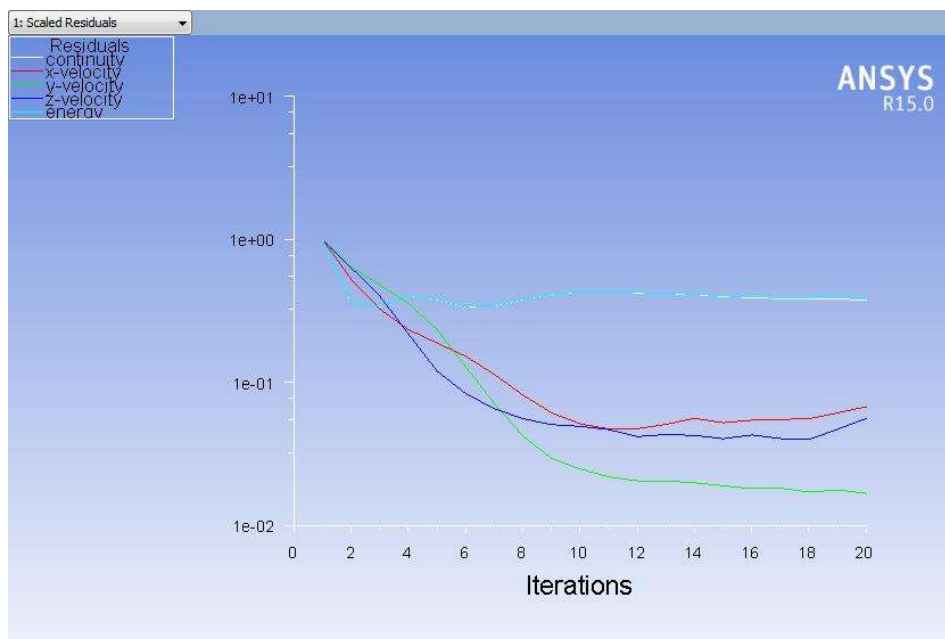
(ب)

شکل ۱- (الف) طراحی، (ب) ابعاد گلخانه‌ی هومی شکل کلاسیک در نرم‌افزار Solid works



شکل ۲- مدل مش‌بندی شده‌ی گلخانه‌ی هرمی شکل در نرم‌افزار انسیس فلونت

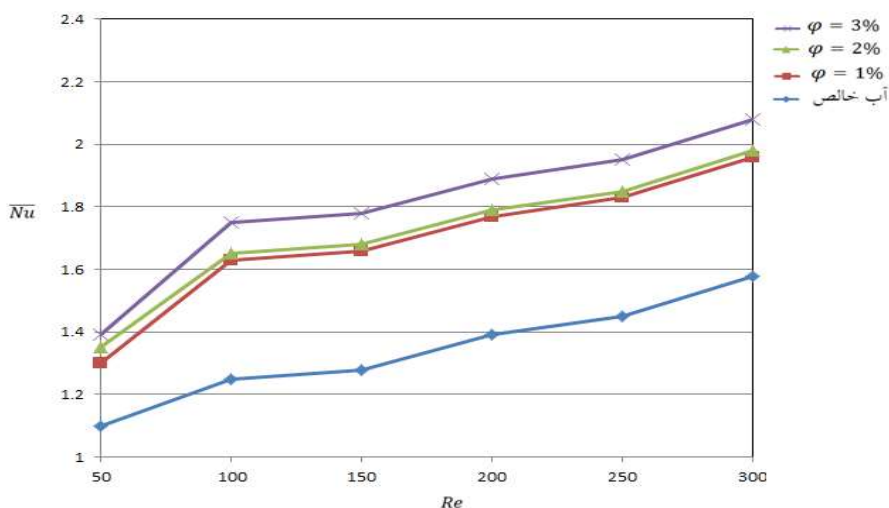




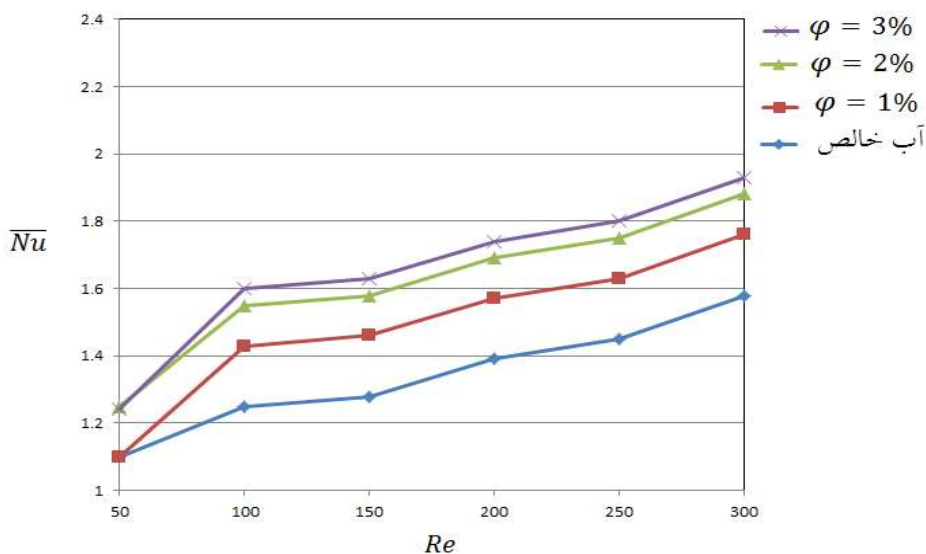
شکل ۳- تحلیل CFD جریان گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی شکل در نرم‌افزار انسیس فلوئنت

نتایج و بحث

در ابتدا لازم به توضیح است که در پژوهش حاضر از مدل تک فاز برای حل جریان نانوسیال استفاده می‌شود. بنابراین معادلات حاکم همانند جریان سیالات متداول است. برای جریان پایا که خواص فیزیکی سیال تابع دما است، معادله بقا جرم، بقا مومنتم و انرژی به صورت جریان تک‌فازی خواهد بود. در اشکال ۴ و ۵، تغییرات عدد ناسلت در درصدهای حجمی مختلف بر حسب عدد رینولدز در گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی شکل ترسیم شده است. با تحلیل شکل مشاهده می‌شود که افزایش عدد رینولدز در کلیه درصدهای حجمی، افزایش عدد ناسلت را در پی دارد. همچنین نانوسیال آلومینا نسبت به نانوسیال دی‌اکسید تیتانیوم دارای عدد ناسلت بیشتری خواهد بود. از طرفی در هر دو نانوسیال با فرض ثابت بودن دمای ورودی ۴۰ درجه سانتیگراد و قطر نانوذرات ۵ نانومتر، با افزایش درصد حجمی ذرات در رینولدز ثابت، عدد ناسلت نیز افزایش خواهد داشت. به عنوان مثال در عدد رینولدز ۱۰۰ با افزایش درصد حجمی ۱ درصدی به آب خالص، برای نانوسیال آلومینا، عدد ناسلت ۱/۲ برابر و برای نانوسیال دی‌اکسید تیتانیوم ۱/۲۵ برابر خواهد شد.



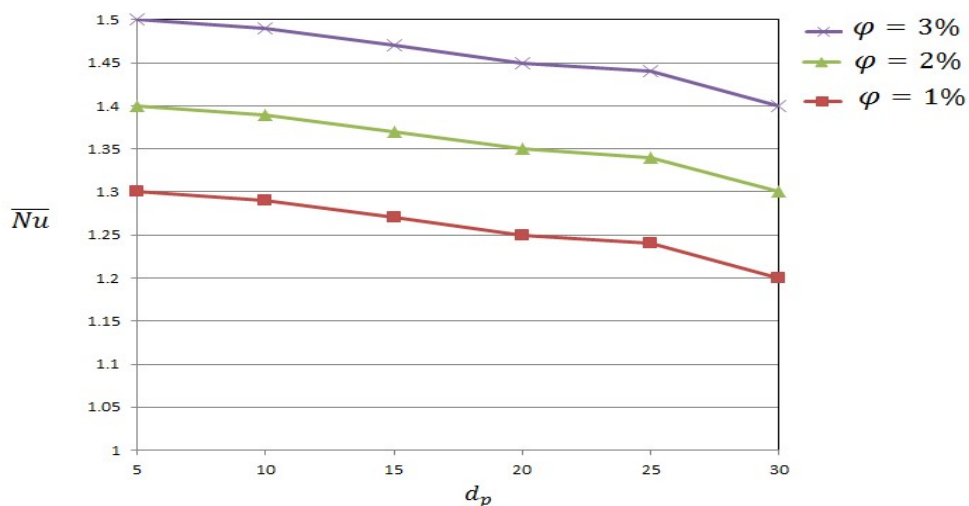
شکل ۴- نمودار تغییرات عدد ناسلت متوسط نانوسیال آلومینا بر حسب عدد رینولدز در درصدهای حجمی متفاوت در دمای ورودی ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و قطر ذرات ۵ نانومتر



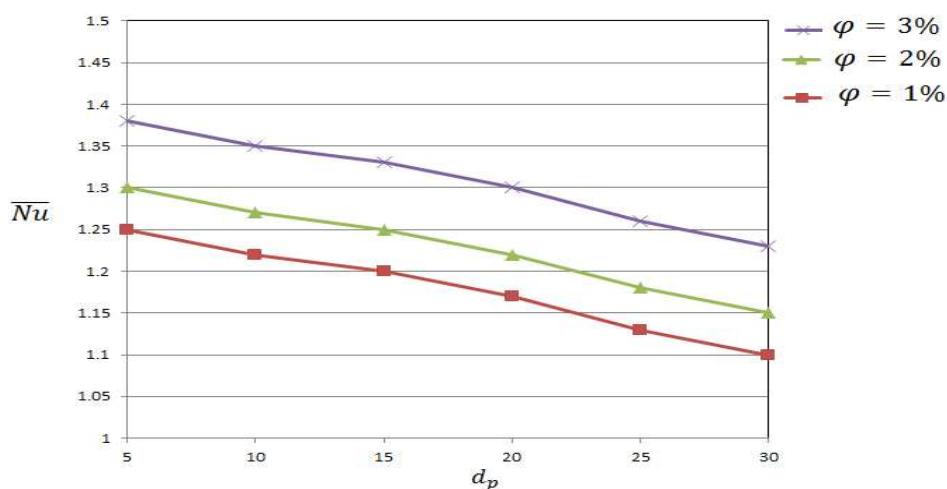
شکل ۵- نمودار تغییرات عدد ناسلت متوسط نانوسیال دی‌اکسید تیتانیوم بر حسب عدد رینولدز در درصدهای حجمی متفاوت در دمای ورودی ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و قطر ذرات ۵ نانومتر

در اشکال ۶ و ۷، ترسیمی از تاثیر قطر نانوذرات در درصدهای حجمی مختلف بر عدد ناسلت در دمای ورودی ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و رینولدز ۱۰۰ برای گرمایش از کف گلخانه‌ی هر می‌شکل ترسیم شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش قطر نانوذرات، عدد ناسلت برای هر دو نانوسیال آلومینا و دی‌اکسید تیتانیوم کاهش خواهد یافت که این کاهش برای نانوسیال دی‌اکسید تیتانیوم بیشتر است. بنظر می‌رسد افزایش قطر نانوذرات که کاهش ضریب اختلاط بین دو نانوذرات و سیال پایه را در پی خواهد داشت، عامل کاهش عدد ناسلت در این تحلیل شده

است که این عدم اختلاط در نانوذرات تیتانیوم شدیدتر می‌باشد. از طرفی در قطر نانوذرات ثابت، با افزایش درصد حجمی نانوذرات، عدد ناسلت افزایش می‌یابد.



شکل ۶- نمودار تغییرات عدد ناسلت متوسط نانوسیال بر حسب ابعاد نانوذرات آلومینا در درصد‌های حجمی متفاوت ناسلت در دمای ورودی ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و رینولدز ۱۰۰



شکل ۷- نمودار تغییرات عدد ناسلت متوسط نانوسیال بر حسب ابعاد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در درصد‌های حجمی متفاوت ناسلت در دمای ورودی ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و رینولدز ۱۰۰

نتیجه گیری

با توجه به قابلیت‌ها و مدل‌های موجود برای شبیه‌سازی جریان در گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی شکل، پروفیل فشار غیرخطی و میدان‌های سرعت مختلف در نرم‌افزار آنسیس فلونت، با دقت قابل قبولی بصورت عددی شبیه‌سازی شد و نتایج نشان داد که نانوسیال

آلومینا نسبت به نانوسیال دی اکسید تیتانیوم دارای عدد ناسلت بیشتری در گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی شکل خواهد بود و همچنین افزایش قطر نانو ذرات تاثیر منفی بر مقدار عدد ناسلت داشته است.

پیشنهادات

ارائه‌ی یک برنامه‌ی جدید به زبان APDL یا MATLAB برای بهینه‌سازی هندسه‌ی گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی و بررسی‌های عملی و تست آزمایشگاهی به منظور توسعه‌ی طراحی و تحلیل جریان در گرمایش از کف گلخانه‌ی هرمی با هندسه‌ی جدید.

منابع

1. H., Masuda, A., Ebada, K., Teramae, N., Hishinuma, Alternation of thermal conductivity and viscosity of liquid by dispersion Ultra-Fine particles Netsu Bussei, 7- 4, (1993) 227-233.
2. R., Jou, S., Tzeng, Numerical research of nature convective heat transfer enhancement filled with nanofluids in rectangular in enclosure International Communication in Heat and Mass Transfer, 33 (2006) 727-736.
3. H. A., Pakravan, M., Yaghoubi, Analysis of nanoparticles migration on natural convection heat transfer of nanofluids International journal of Thermal Science, 68 (2013) 79-93.
4. D. Kim, Y. Kwon, Y. Cho, C. Li, S. Cheong, Y. Hwang, J. Lee, D. Hong, S. Moon, Convective heat transfer characteristics of nanofluids under laminar and turbulent flow conditions, *Current Applied Physics*, Vol. 9, No. 2, pp. e119-e123, 2009.
5. Syam Sundar L, Hashim Farooky M, Naga Sarada S, Singh M.K., Experimental thermal conductivity of ethylene glycol and water mixture based low volume concentration of Al₂O₃ and CuO nanofluids, *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, vol. 41, 2013, pp. 41-46.
6. N. Kannadasan, K. Ramanathan, S. Suresh, Comparison of heat transfer and pressure drop in horizontal and vertical helically coiled heat exchanger with CuO/water based nano fluids, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 42, pp. 64-70, 2012.
7. Chopkar, M., Sudarshan, S., Das, P., and Manna, I., 2008, "Effect of Particle Size on Thermal Conductivity of Nanofluid," *Metall. Mater. Trans. A*, 39(7), pp. 1535-1542.
8. Beck, M., Yuan, Y., Warriar, P., and Teja, A., 2009, "The Effect of Particle Size on the Thermal Conductivity of Alumina Nanofluids," *J. Nanopart. Res.*, 11(5), pp. 1129-1136.
9. Mintsu, H. A., Roy, G., Nguyen, C. T., and Doucet, D., 2009, "New Temperature Dependent Thermal Conductivity Data for Water-Base Nanofluids," *Int. J. Therm. Sci.*, 48(2), pp. 363-371.
10. Xie, H., Wang, J., Xi, T., and Liu, Y., 2002, "Thermal Conductivity of Suspensions Containing Nanosized SiC Particles," *Int. J Thermophys.* , 23(2), pp. 571-580.



Simulation of heating from a classic greenhouse floor by cfd method and investigation of the effect of nanofluid on it

Mahmoud Baghbanian¹, Shaban Ghavami Jolandan ^{*2}, Seyed Mohammad Safieddin Ardebili ³
, Seyed Majid Sajadiye⁴

1. MSc student of Mechanics of Biosystem Engineering, Department of Biosystem Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz.

2,3,4. Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz

Abstract

Due to the increasing use of energy and the flexibility of fossil fuels in the energy supply of domestic, industrial and agricultural systems, the use of Nano-fluids and optimization of heating systems can be a good alternative to high-consumption heating systems. On the other hand, considering the urgent need of the greenhouse for heating systems and also to prevent the destruction of plant roots, in this research, underfloor heating configuration and application of Nano-fluid for the greenhouse has been used. For this purpose, in the first step, the geometry of the control volume of a greenhouse was designed in SolidWorks software and In order to study the simulation, the pyramidal geometry of the figure was considered for it. Boundary conditions for the coldest day and night of the year were extracted according to environmental conditions by measuring temperature, humidity and air flow data. The results were analyzed for two types of alumina and titanium dioxide Nano-fluids in different volume percentages and the effect of these parameters on the Nusselt number and underfloor heating was investigated. The results showed that alumina Nano-fluid had a higher Nusselt number than titanium dioxide Nano-fluid and increasing the nanoparticle diameter had a negative effect on the Nusselt number.

Key words: simulation, Greenhouse, Heating, Nano-fluid, CFD

* Shaban Ghavami Jolandan

E-mail: s.ghavami@scu.ac.ir