بسمه تعالی

**طرح درس طراحی مبدلهای حرارتی پیشرفته برای دوره کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی مکانیک به ارزش 3 واحد نظری (نیمسال اول 1403-1402)**

24 جلسه کلاس 2 ساعتی معادل 16 جلسه 3 ساعتی برای 3 واحد درسی بعلاوه آزمون میان ترم معادل 1 جلسه و همچنین آزمون نهائی طبق برنامه گروه مهندسی مکانیک(**حداقل یک بازدید از شرکت های تولید کننده مبدلهای حرارتی در شهرک های صنعتی منطقه توصیه میگردد)**

**پیش نیاز :** درس طراحی مبدل دوره کارشناسی و دروس محاسبات عددی پیشرفته و طراحی بهینه سیستمهای حرارتی دوره کارشناسی ارشد

آزمون میان ترم شامل محاسبات طراحی یک مبادله کن فشرده (Compact) و یک مبادله کن پوسته- لوله حاوی طرح حرارتی از دیدگاه Rating و محاسبات افت فشار مربوط به طرح هیدرودینامیکی آن و همچنین محاسبات هندسی یک نوع از مبادله کنهای فشرده

ارزیابی نهائی از دو بخش تشکیل می شود، بخش اول آزمون کلاسی به ارزش 15 نمره بصورت جزوه باز و کتاب باز شامل طرح حرارتی یک مبادله کن فشرده و یک مبادله کن پوسته- لوله از دیدگاه Sizing با محدودیت های ابعادی و افت فشار و بخش دوم پروژه انفرادی به ارزش 5 نمره شامل آنالیز و محاسبه عددی و نرم افزاری بازده پره برای سطوح گسترش یافته.

**سرفصل های درس :**

**هفته اول :** مروری بر روشهای طرح حرارتی مبادله کنها شامل LMTD صریح و تکراری ، **e**-Ntu ، P-NtuT ، **y**-P

هفته دوم : مروری بر محاسبات R**a**ting مبادله کنهای پوسته- لوله (Shell&Tube)

هفته سوم : طرح حرارتی و هیدرودینامیکی برای انتخاب اصلح یک مبادله پوسته- لوله از نظر Sizing برای شرایط کاری با محدودیت های لازم + بهینه سازی طرح Sizing مبدل پوسته- لوله برمبنای پارامترهای بهینه سازی حاصل از قیود و محدودیت های ابعادی و افت فشار.

**هفته چهارم :** معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه های بکار رفته در مبادله کنهای فشرده شامل : بانک لوله های گرد (Circular Tube Bank) با آرایش جناغی (Staggered) و خطی (In Line) - بانک لوله های تخت با آرایش جناغی و خطی ( تعریف تفاوت بین لوله تخت Flat Tube با لوله تخت شده Flattened Tube ) - بانک لوله های چین و شکن دار (Dimpled) با آرایش جناغی و خطی

**هفته پنجم :** ادامه معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه مبادله کن های فشرده شامل : بانک لوله های پره دار یا پره خورده اعم از لوله های دایروی با آرایش های جناغی و خطی شامل پره های دایروی Circular Fins اعم از منفرد یا Integral Fins ، مارپیچ Helical پیوسته ، پره های صفحه ای یکپارچه- بانک لوله های تخت با آرایش های جناغی و خطی شامل پره های صفحه ای یکپارچه اعم از ساده Plain Fins و موجدار Ruffled Fins .

**هفته ششم :** ادامه معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه مبادله کن های فشرده شامل : مبدلهای پره صفحه ای ساده Plain Plate Fins اعم از : پره های کنگره دار Louvered Fins با 14 مورد پروفیل پله ای موازی و غیر موازی با فشردگی و فواصل متنوع- پره های سوراخدار Perforated Fins با 1 مورد پروفیل مستطیلی با کنج های گرد - پره های نواری Strip Fins با 21 مورد پروفیل مثلثی نرمال و فشرده یک ردیفی و دو ردیفی و سه ردیفی ، مستطیلی ساده و مستطیلی با کنج های گرد بطور یک ردیفی و دو ردیفی و سه ردیفی - پره های موجی Wavy Fins با 3 مورد پروفیل مستطیلی با کنج های گرد تحت گامهای متفاوت موج ها - پره های میله ای Pin Fins با 6 مورد از مقاطع دایروی و بیضوی اعم از منقطع و پیوسته.

**هفته هفتم :** ادامه معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه مبادله کن های فشرده شامل : مبدلهای پره صفحه ای مضرس Corrugated Plate Fins مطابق موارد پنجگانه صفحه ای ساده ولی از صفحات راه راه یا دندانه دار که اصطلاحاً Serrated Plate هم گفته می شود.

**هفته هشتم :** معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه مبادله کن های فشرده مربوط به سطوح ماتریسی میله ای متقاطع Crossed-rod Matrices اعم از ردیفی و جناغی و ترکیبی با طرح ساده و طرح انباشته (6 مورد)- سطوح ماتریسی شبکه موجی Woven-Screen Matrices (1 مورد)- سطوح ماتریسی پره صفحه ای Plate Fin Matrix (1مورد)- سطوح ماتریسی سرامیک شیشه ای Glass Ceramic Matrix (2 مورد) که سطوح ماتریسی برحسب گام تقاطعی میله ها و ضریب تخلخل حجمی ارزیابی می شوند.

**هفته نهم :** معرفی پارامترهای هندسی مبادله کنهای فشرده شامل : afr و ac و L و **a** و **b** و **s** و Dh و روابط بین آنها.

**هفته دهم :** محاسبات مشخصه های هندسی برای یک نمونه از انواع 38 گانۀ هسته های مبادله کن های فشرده.

**هفته یازدهم :** معرفی دیاگرامهای St.Pr2/3=f(Re) و f=g(Re) برای انواع 38 گانه هسته های مبادله کنهای فشرده از مرجع K&L

**هفته دوازدهم :** مقایسه روش محاسبه ضریب انتقال گرما و ضریب اصطکاک مربوط به جداول و همبسته های Grimison و Jameson و Zukauskas با دیاگرامهای تجربی Kays&London

**هفته سیزدهم :** حل مثال ها و مسائل مبادله کنهای فشرده با استفاده از دیاگرامهای مرجع K&L

**هفته چهادهم :** تحلیل ریاضی انواع پره ها برای استحصال بازده هندسی آنها + استخراج رابطه و منحنی برای بازده پره های صفحه ای و محاسبه طول توزیع خطوط ایزوترم برای انواع بانک لوله های پره دار + تمرینات محاسبات عددی بازده پره های صفحه ای و بازده کل مرکب از سطوح ساده و سطوح گسترش یافته Extended Surface

**هفته پانزدهم :** معرفی انواع روشهای اتصال پره به لوله های گرد و تخت- استخراج بازده کلی سطح شامل ترکیب باز هندسی پره و بازده نحوه اتصال و بازده ناشی از مقامت تماس پره و لوله با جنس های متفاوت Bi-metalic Contact Resistance + محاسبه عددی دقیق مقاومت اتصال پره و لوله برحسب زبری مطلق جنس آنها و میزان فشردگی ناشی از اتصال مکانیکی و مقایسه آن با مقاومت ناشی از اتصال جوشی و لحیمی با فلز پرکننده برحسب خاصیت موئینگی مذاب آن در حد فاصل پره و لوله.

**هفته شانزدهم :** حل مسائل کاربردی اعم از رکوپراتورها و رژنراتورها و اواپراتور ها و کندانسورها در سیکل های تبرید و مبدلهای فشرده هواساز و کندانسور هواخنک شو + حل مسائل کاربردی در نیروگاهها از جمله انتقال گرمای پریودیک در پیش گرمکن هوا و مبدل سیستمهای ذخیره ای بصورت ناپایا + معرفی نرم افزارهای طراحی مبدل برای مدل سازی و شبیه سازی و بهینه سازی ، ازجمله : Ansys و AHED و Xchanger Suite و Heatex و Heat run و Aspen-B-Jac و Aspen**+** و موارد دیگر.

**مراجع درس :**

1- *طراحي مبادله كنهاي گرما* ، تالیف: دكترسيد فرامرز رنجبر، مهندس امين شمس خرمي ، ويراستار علمی و ادبی دكترمحمد اسماعيل خوشروان آذر

انتشارات فن آذر- انتشارات آشينا ، ویراست اول ، چاپ اول – بهار 1393

2. Kays, W. M., and A. L. London: *Compact Heat Exchangers*, Third Edition: 2018 ,Special arranged with Krieger Publishing Company, Inc. USA  
3. Theodore, Louis. *Heat transfer applications for the practicing engineer*. Vol. 7. Wiley. com, 2011.  
4. Tubular Exchanger Manufacturers Association. *Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association*. TEMA, 1959.  
5. Kakaç, Sadık, Anchasa Pramuanjaroenkij, and Hongtan Liu. *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. CRC press, 2012.  
6. Rohsenow, Warren M., James P. Hartnett, and Ejup N. Ganic. *Handbook of heat transfer applications*. New York, McGraw-Hill Book Co., 1985.  
7. Bejan, Adrian, and Allan D. Kraus, *Heat transfer handbook*. J. Wiley, 2003.  
8. Taborek, J., Shell-and-tube heat exchangers, in *Heat Exchanger Design Handbook*, Vol. 3, Hemisphere Publishing Corp., New York, 1988.  
9. Bell, K. J. and A. C. Mueller, *Wolverine Engineering Data Book II*, Wolverine Tube, Inc., www.wlv.com, 2001.  
10. Saunders, E. A. D. Heat Exchangers: *Selection, Design and Construction*, 1988

11. Kern, Donald Quentin. *Process heat transfer*. Tata McGraw-Hill Education,1950.  
12. Thome, John R*. Engineering data book III*. Wolverine Tube Inc. (2004).  
13. Kraus, Allan D., Abdul Aziz, and James Welty. *Extended surface heat transfer.* Wiley. com, 2002.  
14. Smith, Eric M. *Advances in thermal design of heat exchangers: a numerical  
approach: direct-sizing, step-wise rating, and transients*. Wiley, 2005.  
15. Ludwig, Ernest E. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants: Volume 3*. Vol. 3. Access Online via Elsevier, 1997.  
16. Cao, Eduardo. *Heat transfer in process engineering*. McGraw Hill Professional, 2010.  
17. Shah, Ramesh K., and Dušan P. Sekulić. *Fundamentals of heat exchanger design*. (2002).