ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/332550151

YATAY BORU İÇİNDEKİ AMONYAK (R717) YOĞUŞMA ISI TRANSFERİ VE BASINÇ KAYBININ MEVCUT KORELASYONLAR İLE İNCELENMESİ

Conference Paper · April 2019

CITATIONS
0

READ
1

3 authors, including:



Aykut Bacak
Yildiz Technical University
7 PUBLICATIONS **0** CITATIONS
SEE PROFILE



Ali Pinarbasi
Yildiz Technical University
52 PUBLICATIONS **251** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Friterm Company View project

Project PhD study in Liverpool University View project

All content following this page was uploaded by Aykut Bacak on 21 April 2019.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

YATAY BORU İÇİNDEKİ AMONYAK (R717) YOĞUŞMA ISI TRANSFERİ VE BASINÇ KAYBININ MEVCUT KORELASYONLAR İLE İNCELENMESİ

Investigation of Ammonia (R717) Condensation Heat Transfer and Pressure Drop in Horizontal Tube

Aykut BACAK
Ali PINARBAŞI
Hüseyin ONBAŞIOĞLU

ÖZET

Amonyak gibi doğal akışkanlar 19. yy'ın ortalarından bu yana başta yiyecek üretimi ve depolama gibi proseslerde soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Amonyak termofiziksel özelliklerinden dolayı ısıl kapasitesi daha yüksek olduğundan ve diğer ekipmanlarıda daha ekonomik seçildiğinde, daha düşük ebatlardaki cihazlar kullanılarak aynı soğutma kapasitesini sağlamaktadır. Mevcut soğutucu akışkanların ozon tabakasında incelmeye sebebiyet vermesi ve küresel ısınmaya neden olmasından dolayı başta Kyoto Protokolü gibi uluslararası platformlarda gündeme gelmiş klorofloro karbonlar ve hidroflorokarbonlar gibi doğaya zararlı soğutucu akışkanların kullanımında kısıtlamaya gidilmesi kararı alınmıştır. Bu protokolün aldığı kararlardan biri de mevcut soğutucu akışkanların yerine doğaya zararı daha düşük akışkanları araştırmak ve yeni nesil çevreci akışkanlara geçmektedir.

Bu çalışmada yatay olarak yerleştirilmiş düz boru içindeki yoğuşma ısı transferi hesaplamasında kullanılan iki faz çarpanı ve Nusselt sayısı için lineer regresyon yöntemi kullanılarak korelasyon geliştirilmiştir. İki faz çarpanı için türetilen korelasyonda maksimum ± %24 'lük bir sapma elde edilmiş olup mevcut olan korelasyondan daha az hata aralığına sahiptir. Nusselt sayısı için geliştirilen korelasyon ise sapma miktarı daha fazladır ancak belirtilen korelasyonlardan daha dar bir hata aralığına sahiptir.

Bu çalışmada yatay olarak yerleştirilmiş düz boru içindeki yoğuşma ısı transferi hesaplamasında kullanılan iki faz çarpanı ve Nusselt sayısı için lineer regresyon yöntemi kullanılarak korelasyon geliştirilmiştir. İki faz çarpanı için geliştirilen korelasyonda maksimum ± %24 'lük bir sapma elde edilmiş olup mevcut olan korelasyondan daha az hata aralığına sahiptir. Nusselt sayısı için geliştirilen korelasyon ise sapma miktarı daha fazladır ancak belirtilen korelasyonlardan daha dar bir hata aralığına sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Amonyak, Yoğuşma Isı Transferi, Yatay Boru İçi Yoğuşma, İki Fazlı Akışlar.

ABSTRACT

Natural fluids such as ammonia have been used for refrigeration in processes such as food production and storage since the mid-19th century. Due to the thermophysical properties of the ammonia, the thermal capacity is higher and when the other equipment is selected more economically, it provides the same cooling capacity by using lower size devices. As the existing refrigerants cause thinning of the ozone layer and caused global warming, it was decided to restrict the use of harmful refrigerants, such as chlorofluoro carbons and hydrofluorocarbons, which were raised in international platforms such as the Kyoto protocol. One of the decisions taken by this protocol is to replace the existing refrigerants with low-level fluids and to the next generation of environmental fluids.

Ammonia (R717) is a refrigerant that is not harmful to the environment since it has no global warming potential (GWP) and no ozone layer consumption potential (ODP) value and is derived from natural cycles. As ammonia is a smelly, flammable potential, it is a toxic fluid.

In this study, two-phase multiplier and Nusselt number correlation are developed for ammonia refrigeration condensation in horizontal smooth tube by using linear regression method. Maximum ± 24% deviation is obtained between the experimental results and has a narrowwe error range than current correlations. Developed correlation for Nusselt number has more deviation from the experimental results but it has narrower error range than current correlations.

Key Words: Ammonia, Condensation Heat Transfer, Horizontal Tube Condensation, Two Phase Flows

1. AMONYAK SOĞUTUCU AKIŞKANININ TARİHÇESİ

İnsanlar amonyağı soğutucu akışkan olarak 1950'lerde Fransa'da kullanmaya başladı ve 1860'larda Amerika Birleşik Devletleri'ne getirildi. 1900'lü yıllara kadar amonyak soğutucu akışkanı bir çok ticari işletmelerde buz blokları oluşturulması, yiyecekleri soğuk tutmak ve diğer kimyasalları oluşturmak için kullanıldı. 1920'lerle birlikte buz pateni pistlerinde ve 1930'lara kadar ev ve iş yerlerini soğuk tutmak için iklimlendirme cihazlarında kullanıldı. Günümüzde iklimlendirme cihazlarında yaygın olarak kullanılmamasına rağmen, gıda soğuk hava depoları ve birçok endüstriyel uygulamada tercih edilmektedir. Günümüzde amonyak, havaalanı, oteller ve üniversite kampüsleri gibi yüksek kapasiteli soğutma proseslerinde kullanılmaktadır [1]. Susuz amonyak yaygın olarak et, kümes hayvanları ve balık işleme tesislerinde, süt ve dondurma üretim merkezlerinde, alkol içecek üretiminde, meyve ve sebze suyu ile içecek işleme tesislerinde, soğuk hava depolarında, diğer gıda işleme tesislerinde, deniz mahsülleri ve deniz aşırı gıda taşıma gemileri ile petro-kimya tesislerinde soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır [2].

2. AMONYAK SOĞUTUCU AKIŞKANININ ÖZELLİKLERİ

Amonyak klasik alternatif soğutucu akışkanlar arasında en yaygın kullanılanıdır ve düşük maliyetli, daha iyi çevrim verimi, yüksek ısı transfer katsayısı, yüksek tespit edilebilirlik, yüksek kritik sıcaklığa sahip, sıvı pompalama maliyeti düşük ve Ozon Tabakası Tüketimi (ODP) ile Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) olmayan soğutucu bir akışkandır. Halokarbonlara göre yüksek ısı transfer kapasitesine sahip olması, uygulamalarda daha fazla toleransının bulunması amonyak akışkanını diğerlerine göre ayrıcaklı kılmıştır. Amonyak, zehirleyici olması yanısıra, kendiliğinden tutuşması oldukça zor olmasına rağmen hava ile yanabilen, kötü kokulu ve kokusu kolayca tesbit edilebilen ve atmosferde hızlı bir şekilde kaybolan soğutucu akışkandır [3]. Susuz amonyak doğada korozif değildir ancak bakır, pririnç ve diğer demir içermeyen malzemelerde korozyon özelliği gösterir. Bu yüzden amonyaklı sistemlerde bakır kullanımından kaçınılmalıdır. Amonyak soğutucu akışkanı kompresörün karterinde yağ ile karışmaz ancak kompresörden çıkarken yağ parçacıklarını evaporatör ve kompresöre taşır, bu nedenle amonyaklı sistemde yağ ayırıcı kullanılmalıdır. Amonyak doğada hemen hemen her yerde bulunur ve bu yüzden ucuzdur ve soğutma sistemlerinde maliyeti azaltır. Bütün bu özellikleri göz önüne alındığında ve zehirlilik esas faktör değilse ideal bir soğutucu akışkan olarak nitelendirilebilir [4].

Amonyak soğutucu akışkanı Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) ve Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP) olmayan ve bu özelliği ile diğer soğutucu akışkanlarda üstün olan bir soğutucu akşıkandır. Amonyak akışkanının ODP ve GWP değerleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir [5]:

Tablo 1. Çeşitli soğutucu akışkanların Ozon Tüketim ve Küresel Isınma Potansiyeli

	Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli (ODP)	Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)
Amonyak (NH_3)	0	0
Karbondioksit (CO_2)	0	1
Hidrokarbonlar (Propan C_3H_8, Bütan	0	3

C_4H_{10})		
Su (H_2O)	0	0
Kloroflorokarbonlar (CFCs)	1	4,680-10,720
Kısmi Halojenli Kloroflokarbonlar (HCFCs)	0.02-0.06	76-2,270
Perflorinli Hidrokarbonlar (PFCs)	0	5,820-12,010
Kısmı Halojenize Florinli Hidrokarbonlar (HFCs)	0	122-14,310

3. AMONYAK SOĞUTUCU AKIŞKANI KULLANIM SEBEPLERİ

1987'de Montreal Protokolünün imzalanmasından sonra ozon tabakasını tüketen ve küresel ısınmaya sebebiyet veren Kloroflorokarbonlara (CFCs) alternatif soğutucu akışkanların araştırılması gündeme geldi. Araştırmalar, ozon tabakası tüketim potansiyeli, sera etkisi, yanıcılık ve zehirlilik parametreleri ile değerlendirildi. Dört paramerenin tümünü sağlayan bir akışkan bulunmadığı için minimum risk olacak şekilde araştırmalar sürdürüldü. Bu nedenle alternatif soğutucu akışkanlar Hidroflorokarbonlar (HFCs) ve amonyak, propan ve bütan gibi doğal akışkanlar tercih edildi [6].

Amonyak kullanım sebepleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

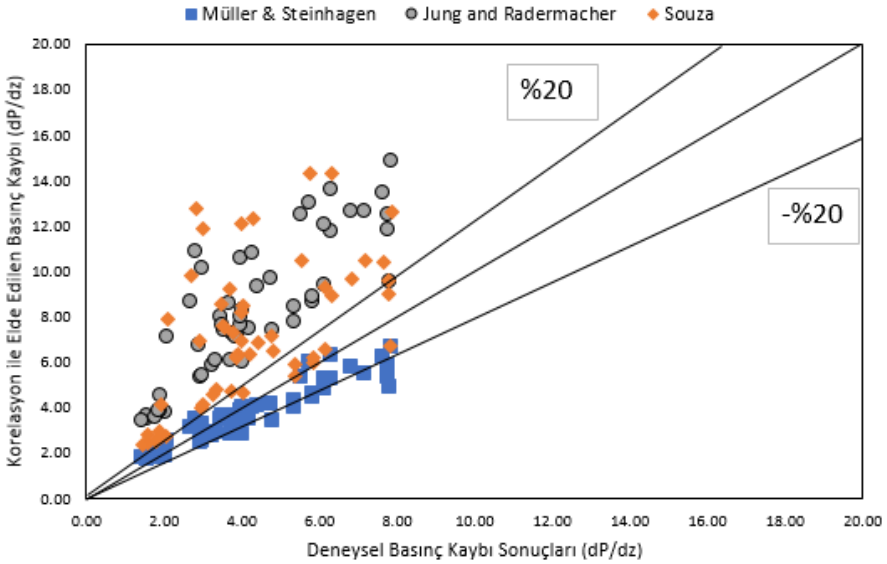
- **Daha Ucuz:** Amonyaklı soğutucular daha kısa borulama gerektirir ve tesisat maliyeti daha ucuz olur. Diğer tiplere göre maliyeti %10-20 daha ucuzdur.
- **Verimli:** Amonyaklı soğutma HFC kullanan diğer soğutma yöntemlerine göre %3-10 daha verimlidir.
- **Çevre Sağlığı:** HFC'ların aksine amonyak soğutucu akışkanının Küresel Isınma Potansiyeli yoktur.
- **Kimyasal maliyet:** Amonyak eldesi diğer HFC'lara göre daha ucuzdur.

4. SAF AMONYAKLI YOĞUŞMA SİSTEMİNDE ISI TRANSFERİ VE BASINÇ KAYBININ İNCELENMESİ

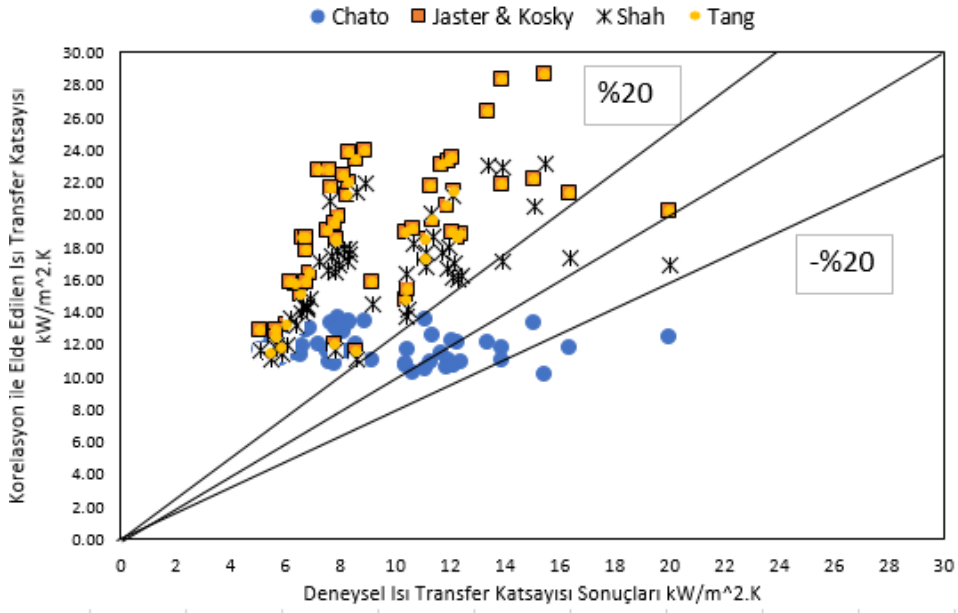
Literatürde amonyak akışkanının kullanıldığı yatay olarak yerleştirilmiş sistemlerde yoğuşma ısı transferinin ve basınç kaybının doğrudan incelendiği birkaç çalışma bulunmaktadır. Bunlardan Vollrath ve ark. [7], yatay olarak yerleştirilmiş 8.1 mm çapındaki düz ve yivli boru içerisindeki saf amonyak akışı esnasındaki yoğuşma ısı transfer katsayısı ve basınç kaybını incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarını ilkinde üst kısımda düz ve alt kısımda yivli boru, ikincisinde bu yerleşimin tam tersi ve üçüncüsünde yeni bir test bölmesi olacak şekilde üç farklı yöntemle incelemişlerdir. Üç farklı deney sonuçlarını Cavallini (2002), Dobson (1994), Thome (2003), Chen (1966), Shah (1979), Tang (1997) ve Travis'in (1973) oluşturduğu korelasyonlar ile karşılaştırmışlardır. Belirtilen korelasyonların deneysel üç deney grubu için deneysel sonuçlardan ±20'den fazla sapma meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir. Yatay olarak yerleştirilmiş yivli borunun içindeki amonyak yoğuşma ısı transferi incelendiğinde yoğuşma ısı transfer katayısının ortalama yarı yarıya azaldığını gözlemişlerdir. Düz boru için yapılan deneylerde basınç kaybı ise Friedel (1979), Jung ve Radermacher (1989) ve Souza (1993) korelasyonları ile karşılaştırılmış ve deneysel sonuçlardan üç korelasyonunda deney sonuçlarından ±20'den fazla sapmanın olduğunu gözlemişlerdir. Komandiwirya ve ark. [8], yatay olararak yerleştirilmiş düz ve yivli boru içerisinde saf amonyaklı ve %1-5 yağ ve amonyak karışımındaki akış esnasında yoğuşma ısı transferini ve basınç kaybını incelemişlerdir. Amonyak yağ karışımı için yüksek kütle akılarında ve kuruluk derecelerinde ısı transfer katsayısının düştüğümü gözlemlemişlerdir. Thome (2003) korelasyonunun ısı transfer katsayısını elde etmede ve Jung ve Radermacher ile Souza korelasyonlarının basınçkaybını elde etmede yakınsak sonuçlar verdiği gözlemlemişlerdir. Park ve ark [9], Komandiwirya ve ark. Deney sonuçlarından yola çıkarak yatay düz boru içindeki yoğuşma ısı

transferi sonuçlarını serbest taşınım ve zorlanmış taşınım yoğuşma rejimi arasındaki yüzey açısı ve sıvı amonyak film kalınlığına bağlı olarak korelasyon elde etmişler ve bu korelasyonu kullanarak elde edilen sonuçların deneysel sonuçlardan ±20 sapma olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca yayat olarak yerleştirilmiş düz bir boru içerisindeki iki fazlı basınç düşümünü inceleyerek Müller ve Steinhagen (1986), Friedel(1979) ve McAdams(1942) korelasyonlarıyla karşılaştırarak elde edilen sonuçların deneysel donuçlardan maksimum ±30 sapma olduğunu, en iyi sonucun Müller & Steinhagen korelasyonunun verdiğini gözlemlemişlerdir. Müller & Steinhagen korelasyonunun basınç kaybı 1 kPa/m'den daha yüksek değerleri için daha yakınsak sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Volrath ve ark [7] ve Komandiwirya [8] amonyak akışının halka akışı olarak gerçekleştiği deney sonuçlarının belirtilen koerlasyonlar ile karşılaştırması Şekil 1'de ifade edilmiştir.



Şekil 1. Amonyak halka akışı Komandiwirya ve ark / Vollrath ve ark. Basınç kaybı deneysel sonuçlarının korelasyon sonuçları ile karşılaştırması



Şekil 2. Amonyak halka akışı Komandiwirya ve ark / Vollrath ve ark. Isı transfer katsayısı deneysel sonuçlarının korelasyon sonuçları ile karşılaştırması

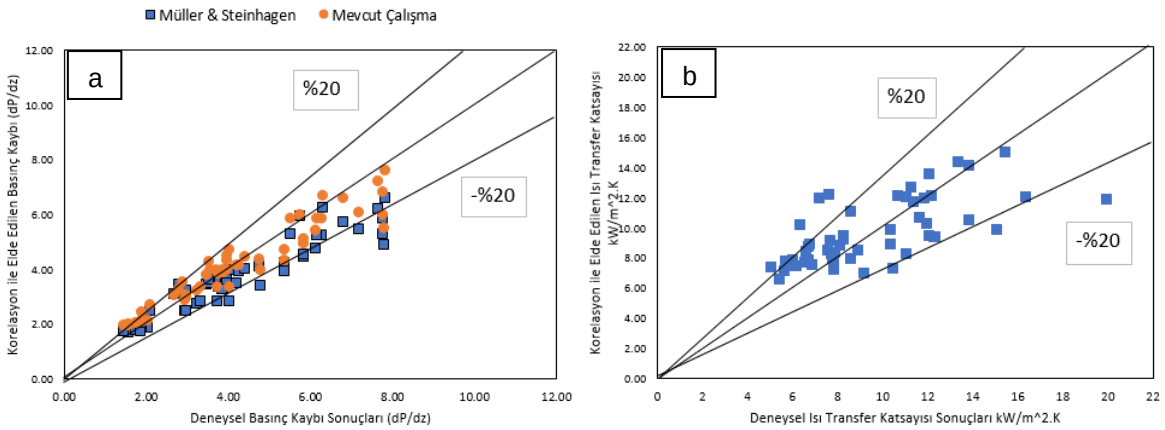
5. REGRESYON ANALİZİ / EĞRİ SABİTLEME YÖNTEMİ İLE KORELASYONUN AMONYAK AKIŞI İÇİN BASINÇ KAYBI VE ISI TRANSFER KORELASYONLARININ ELDESİ

Regresyon analizi eğri sabitleme yöntemi kullanarak basınç kaybı ve ısı transferi incelenmiştir. Regresyon analizi için Komandiwirya ve ark. ile Vollrath ve ark. deneysel çalışmaları sonucu elde edimiş sonuçlar referans alınmıştır. Bu çalışma 8.1 mm çapındaki yatay olarak yerleştirilmiş pürüzsüz (düz) boru içinde 120-270 kg/m^2.s kütle akısı, 0.37 – 0.95 kuruluk dercesinde ve 35°C yoğuşma sıcaklığı sını koşulları uygulanarak gerçekleştirlimiştir. Regresyon analizi yapılırken basınç kaybı ile ilgili tekil parametrelerin ve mevcut korelasyonların deney sonuçları üzerindeki ağırlıkları incelenmiştir. Müller ve Steinhagen'ın basınç kaybı için türetmiş olduğu basınç kaybı korelasyonundan türetilen iki faz çarpanının deneysel sonuçlar üzerindeki ağırlığı incelenerek amonyak akışkanı için Eşitlik 1'de gösterilen korelasyon türetilmiştir. Regresyon analizi bağımlı değişkeni ölçme gücü olan R-sq değerinin %76.76 olduğu görülmektedir. Bu değerin deneysel sonuca olan yakınsama değerini ifade etmekte olup Şekil 3.a'dan görüleceği üzere korelasyon sonucu elde edilen sonuçların büyük bir çoğunluğunun ±%20 sapma dahilinde olduğu görülmektedir.

Regresyon analizi eğri sabitleme yöntemi kullanılarak korelasyonu elde edilen diğer bir parametre ısı transfer katsayısıdır. Isı transferi için yapılan regresyon analizi, basınç kaybı regresyon analizinde olduğu gibi 8.1 mm çapındaki yatay olarak yerleştirilmiş pürüzsüz (düz) boru içinde 120-270 kg/m^2.s kütle akısı, 0.37 – 0.95 kuruluk dercesinde ve 35°C yoğuşma sıcaklığı sını koşulları uygulanarak gerçekleştirlimiştir. Regresyon analizi için Komandiwirya ve ark. ile Vollrath ve ark. deneysel çalışmaları sonucu elde edimiş sonuçlar referans alınmıştır. Yapılan regresyon analizi esnasında deneysel sonuçlar üzerinde etkili olan parametrelerin sıvı fazdaki Reynolds sayısı, Prandtl sayısı ve Froude sayısı olduğu gözlenmiştir ve Eşitlik 2'de belirtilen korelasyon elde edilmiştir. Regresyon analizi sonuçlarından görüldüğü üzere maksimum sapmanın %52.34 mertebelerinde olduğu gözlenmiştir. Elde edilen korelasyon ile ısı taşınım katsayısı sonuçlarının deneysel sonuçlar ile karşılaştırması Şekil 3.b'de gösterilmiştir.

$$\Phi^2_{lo} = -0.00426 + 1.341\,\Phi^2 \quad (1)$$

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0034292	76.76%	76.31%	75.25%



Şekil 3. Regresyon analizi sonucu elde edilen basınç kaybı (a) ve ısı transfer katsayısı (b) sonuçları

$$Nu = 10536 - 0.00710\,Re_{sıvı} - 8147\,Pr_{sıvı} + 24.0\,Fr_{sıvı} \quad (2)$$

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
43.7598	52.34%	49.48%	45.37%

6. YORUMLAR

Bu çalışmada yatay olarak yerleştirilmiş olan düz boru içerisindeki yoğuşma ısı transferi ve basınç kaybı için deney sonuçlarından yola çıkarak basınç kaybı iki faz çarpanı ve Nusselt sayısı için korelasyonlar geliştirilmiştir. Basınç kaybı hesabı için geliştirilen iki faz çarpan korelasyonu ile deneysel sonuçlar arasında maksimum ±%24 bir sapma olduğu sonuçların büyük bir çoğunluğunda ±%20 sapma aralığında olduğu gözlenmiştir. Nusselt sayısı için geliştirilen korelasyonundan elde edilen sonuçların deney sonuçlarına göre maksimum sapma miktarı ±%52 mertebelerinde olup elde edilen sonuçlar mevcut korelasyonlara nazaran daha az hata payına sahiptir. Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen Şekil 2'den görüldüğü üzere belirtilen korelasyonların amonyak akışkanı için uygun olmadığı görülmüştür. Geliştirilen korelasyonlar halka akış türüne uygun olduğu, diğer akış türlerinin karmaşıklığından ötürü yakınsama yapılamadığı görülmüştür. Literatürden benzer çalışmalardan görüldüğü üzere diğer akış türleri için fazlar arası temas açısı, temas yüzey alanı, her bir fazın hızı ve sürtünmesi gibi parametrelerin belirlenmesi ile bu akış türleri için korelasyonlar geliştirilebilir. Temel parametrelerin ele alınarak geliştirilen Nusselt sayısı korelasyonunun halen yetersiz olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2. Kullanılan basınç kaybı ve yoğuşma ısı transfer katsayısı korelasyonları

	Korelasyon
Müller-Steinhagen ve Heck (1986)	$\left(\frac{dP}{dz}\right)_{sürtünme} = a(1\text{-}2x)(1\text{-}x)^{1/3} + b\left[2x(1\text{-}x)^{1/3} + x^3\right]$ $a = \left(\frac{dP}{dz}\right)_{lo} = 0.079\left[\frac{\mu_l}{GD}\right]^{0.25}\left[\frac{2G^2}{D\rho_l}\right]$ $b = \left(\frac{dP}{dz}\right)_{vo} = 0.079\left[\frac{\mu_v}{GD}\right]^{0.25}\left[\frac{2G^2}{D\rho_v}\right]$
Jung ve Jadermacher (1989)	$\Phi_{lo}^2 = 12.82X_{tt}^{-1.47}(1\text{-}x)^{2.8}$
Souza ve ark. (1993)	$\Phi_{lo}^2 = (1.376 + C_1X_{tt}^{-C_2})(1\text{-}x)^{1.75}$ $C_1 = \begin{cases} 4.172 + 5.480Fr_l\text{-}1.564Fr_l^2 & 0 < Fr_l \le 0.7 \\ 7.242 & Fr_l > 0.7 \end{cases}$ $C_2 = \begin{cases} 1.773 - 0.169Fr_l & 0 < Fr_l \le 0.7 \\ 1.655 & Fr_l > 0.7 \end{cases}$
Chato (1962)	$Nu = 0.555\left(\frac{\rho_l(\rho_l\text{-}\rho_v)gh_{lv}D^3}{k_l\mu_l(T_{doy}\text{-}T_{yüzey})}\right)^{0.25}$
Jaster and Kosky (1976)	$Nu = 0.728\alpha^{0.75}\left(\frac{\rho_l(\rho_l\text{-}\rho_v)gh_{lv}D^3}{k_l\mu_l(T_{doy}\text{-}T_{yüzey})}\right)^{0.25}$
Shah (1979)	$Nu = 0.023Re_l^{0.8}Pr_l^{0.4}\left[1 + \frac{3.8}{P_{red}^{0.38}}\left(\frac{x}{1\text{-}x}\right)^{0.76}\right]$
Tang (1997)	$Nu = 0.023Re_l^{0.8}Pr_l^{0.4}\left[1 + 4.863\left(-\ln(P_{red})\frac{x}{1\text{-}x}\right)^{0.836}\right]$

KAYNAKLAR

[1] WEBSITE 1, https://www.creativesafetysupply.com/articles/ammonia-refrigeration/ 14.01.2019
[2] WEBSITE 2, https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/index.html 14.01.2019
[3] DİNÇER, İ, KANOĞLU K., "Refrigeration Systems and Applications", Second Edition, WILEY, 2003.
[4] WEBSİTE 3, https://www.brighthubengineering.com/hvac/64242-properties-of-ammonia-gas-or-r717-used-as-refrigerant/ 14.01.2019

[5] IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the ozone layer and the global climate system: issues related to Hydrfluorocarbons and Perflorocarbons, 2005
[6] MACLAINE, I., L:, LEAONARDI, E., "Why hydrocarbons save energy, AIRAH Journal51 (6), 33-37, June 1997.
[7] VOLLRATH, J., E., HRNJAK, P., S., NEWEL, T., A., "An Experimental Investigation of Pressure Drop and Heat Transfer in an In-Tube Condensation of Pure Ammonia, ACRC CR-51, 2003.
[8] KOMANDIWIRYA, H., B., HRNJAK, P., S., NEWEL, T, A, "An Experimental Investigation of Pressure Drop and Heat Transfer in an In-;Tube Condensation System of Ammonia with and without Miscible Oil in Smooth and Enhanced Tubes", ACRC CR-54, 2005.
[9] PARK, C., Y., HRNJAK ,P., "NH_3 in-tube Condensation Heat Transfer and Pressure Drop in Smmoth Tube, International Journal of Refrigeration 31, 643-651, 2008.

KISALTMALAR

D	Çap [m]
Fr_l	Sıvı faz Froude sayısı [-]
g	Yerçekimi ivmesi [m/s^2]
h	Buharlaşma entalpisi [kJ/kg]
k_l	Sıvı faz ısı iletim katsayısı [W/m^2K]
Nu	Nusselt Sayısı
P_{red}	İndirgenmiş basınç
Pr_l	Sıvı fazı Prandtl sayısı
Re_l	Sıvı faz Reynolds sayısı
T_{doy}	Doyma sıcaklığı [°C]
$T_{yüzey}$	Yüzey sıcaklığı [°C]
x	Kuruluk derecesi
X_{tt}	Lockhart-Martinelli parametresi
ρ_l	Sıvı faz yoğunluğu [kg/m^3]
ρ_v	Buhar faz yoğunluğu [kg/m^3]
μ_l	Dinamik viskozite [Pa.s]
Φ_{lo}	İki faz çarpanı

ÖZGEÇMİŞ

Aykut BACAK

2013 yılında, Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden lisans derecesini, 2016 yılında ise Gebze Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan yüksek lisans derecesini almıştır. 2017 yılından itibaren Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında doktora eğitimini sürdürmektedir. Nisan 2018 yılından itibaren Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş firmasında Ar-Ge Ürün Geliştirme Mühendisi olarak çalışmaktadır. Isıtma, soğutma, havalandırma, türbomakinalar ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi konularında çalışmalar yapmaktadır.

Ali PINARBAŞI

Ali Pınarbaşı 1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü"nden mezun oldu.1988 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Liverpool Üniversitesi"nden 1994 yılında Doktor ünvanını aldı. 1996-2012 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü"nde öğretim üyeliği, 2007-2010 yılları arasında ise aynı üniversitenin Mühendislik Fakültesi"nde Dekan Yardımcılığı görevlerini yapmıştır. 2012 yılından bu yana Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ABD"da Prof. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Yenilenebilir enerji sistemleri, enerji ve ekserji enalizleri, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, uygulamalı termodinamik, iş sağlığı ve güvenliği konularında çalışmalar yapmaktadır.

View publication stats

Hüseyin ONBAŞIOĞLU

1990 yılında, İTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezuniyeti ardından, 1993 yılında yüksek lisans ve 1999 yılında da doktora derecelerini almış; ardından 1999 yılında A.B.D. Urbana-Champaign kentinde, University of Illinois bünyesindeki ACRC Laboratuvarlarında 9 ay süre ile misafir araştırmacı statüsünde post-doktora çalışması yapmıştır. Onbaşıoğlu, 1992 yılında, İTÜ Makine Fakültesinde akademisyen olarak başladığı iş hayatına, 2002- 2010 yılları arasında Panel Sistem Soğutma Sanayi firmasında Ar-Ge Müdürü pozisyonunda devam etmiştir. Mühendislik alanındaki değişik konularda İstanbul, İzmir, Bursa, Carsege-Fransa, PforzheimAlmanya, Contanza-Romanya, Nürnberg-Almanya, Hannover-Almanya kentlerinde birçok seminer, eğitim ve çalışmalara katılmıştır. Isıtma, soğutma, güneş enerjisi sistemleri, v.b. konularda yurtdışı ve yurtiçi dergilerde 10'u aşkın yayın, makale ve bildirileri bulunan ONBAŞIOĞLU, Eylül 2010 Aralık 2014 tarihlerinde İZODER- Isı Su ses Yangın Yalıtımcıları Derneği bünyesinde Proje Yöneticisi olarak, birçok yurtiçi ve AB destekli proje yürütmüş, ortak olarak görev almıştır. Ocak 2015 yılında Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş'de Ar-Ge Bölüm Müdürü olarak göreve başlayan Onbaşıoğlu halen bu görevine devam etmektedir. Yabancı dil olarak çok iyi derecede İngilizce bilmektedir.