

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

مركز آموزش  
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

## تصفیه پساب واحد اوره صنایع پتروشیمی با استفاده از راکتور هیدرولیز حرارتی غیر همسو

محمد مهدی برمکی<sup>1</sup>، محمد رضا رحیم پور<sup>2</sup> و عبد الحسین جهانمیری<sup>3</sup>

دانشگاه شیراز - دانشکده مهندسی - بخش مهندسی شیمی

[rahimpor@shirazu.ac.ir](mailto:rahimpor@shirazu.ac.ir)

### چکیده

فعالیت واحد اوره از عمده ترین عوامل آلودگی در مجتمع های پتروشیمی است. یکی از آلاینده ها پساب خروجی از واحد اوره است. با توجه به مقررات زیست محیطی و استانداردهای بین المللی، حداکثر میزان مجاز اوره موجود در پساب 10 قسمت در میلیون (ppm) در نظر گرفته شده و مرتبط به عملکرد خوب راکتور هیدرولیز حرارتی می باشد. هدف از این مطالعه نیز شبیه سازی و بررسی عملکرد یک راکتور هیدرولیز حرارتی اوره در حالت نا همسو و طراحی راکتور جدید برای واحد های قدیمی اوره در چهار چوب مهندسی معکوس می باشد. راکتور هیدرولیز حرارتی اوره جزئی از واحد دفع اوره در مجتمع های پتروشیمی می باشد. در مجتمع های پتروشیمی تولید کننده اوره، این ماده آلی در تیخیر کننده هائی که برای تغلیظ اوره استفاده می شوند همراه با بخار آب وارد کندانسور شده و در نتیجه از این طریق وارد پساب می گردد. اوره را می توان از طریق روشهای بیوشیمیائی و یا هیدرولیز حرارتی از پساب دفع نمود، که رایج ترین راه استفاده از هیدرولیز حرارتی است. واکنش هیدرولیز در یک راکتور هیدرولیز (Hydrolyzer) انجام می شود که محصولات این واکنش، یعنی گازهای دی اکسید کربن و آمونیاک، به واحد تولید اوره برگردانده می شوند. برای شبیه سازی راکتور مورد نظر، فرض شده است که این راکتور به صورت چندین راکتور مخلوط کننده مداوم (CSTR) سری عمل می کند. این مدل قادر است توزیع دما و غلظت را در راکتور پیش بینی کند. نتایج حاصل از مدل ریاضی ارائه شده با داده های واحد دفع اوره مجتمع پتروشیمی خراسان مقایسه شده است. نتایج عددی بدست آمده در مقایسه با داده های واحد صنعتی توافق خوبی دارند.

واژه های کلیدی: هیدرولیز اوره، واحد پساب، شبیه سازی، راکتور هیدرولیز.

### 1- مقدمه

آلودگی، یک مفهوم کلی با تاثیرهای واقعی روی محیط زیست و سلامتی انسان است. در سال 1969 برای آلودگی آب تعریفی ارائه داد که آلودگی آب عبارت است از افزایش مقدار هر معرف، اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه اش شود [1]. در گذشته نه چندان دور، پساب ها بدون این که تصفیه شوند به محیط زیست تخلیه می شدند. این تخلیه های نادرست هنگامی مورد توجه

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

2- استاد مهندسی شیمی و مکاتبه کننده

3- استاد مهندسی شیمی

قرار گرفت، که به اثرهای آنها بر سلامتی و ایمنی پی برده شد و مورد توجه عموم قرار گرفت. با افزایش فشار عمومی و سخت تر شدن قانون های زیست محیطی صنایع فرایندی، رویکرد مخصوصی به طراحی و ایفای فرایندهای تمیز (cleaner process) به وجود آمد [2].

فعالیت واحد اوره از عمده ترین عوامل آلودگی در مجتمع های پتروشیمی است یکی از این آلاینده ها پساب خروجی از واحد اوره است. پساب های واحد اوره به طور عمده حاوی مقدارهای کمی آمونیاک و اوره هستند که بایستی به وسیله ی سیستم دفع، گرفته شوند. در یک واحد اوره با ظرفیت 1500 تن در روز، 450 تن در روز آب در اثر واکنش تولید می شود. در چنین واحدهایی به طور معمول 300 تن در روز آب اضافی به واحد خورنده می شود. لذا در مجموع، به تقریب 750 تن در روز آب بایستی از فرایند خارج شود.

از اوایل دهه هفتاد، به دلیل قوانین سخت زیست محیطی، میزان اوره موجود در پساب خروجی واحدهای صنعتی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. تا اینکه در دهه گذشته حداکثر میزان مجاز اوره موجود در پساب 100 قسمت در میلیون (ppm) در نظر گرفته شد. اما امروزه با توجه به مقررات زیست محیطی و استانداردهای بین المللی جدید این مقدار به کمتر از 10 قسمت در میلیون (ppm) در نظر گرفته شده است [3]. با توجه به تحقیقات انجام شده، مطالعات کمی بر روی واحد دفع اوره انجام شده است. تنها مطالعه انجام شده بر روی این واحدها می توان به کار لاگانا و وینچنزو (1995) و رحیم پور و آذرپور (5-2003) اشاره نمود [4,5,6].

روش های متعددی برای کاهش اوره در پساب خروجی وجود دارد که می توان به روش های بیولوژیکی، آنزیمی و هیدرولیز حرارتی اشاره کرد [7]. اما آنچه در مجتمع های پتروشیمی ایران مورد استفاده است روش هیدرولیز حرارتی است که در واحدهای قدیم به صورت همسو و در واحدهای جدید به علت بازدهی بالاتر، به صورت غیر همسو می باشد. برای اولین بار در این مطالعه سعی شده تا راکتور هیدرولیز حرارتی غیر همسو مورد بررسی قرار گیرد. از هیدرولیز حرارتی برای کاهش اوره موجود در پساب استفاده شده است. واکنش هیدرولیز حرارتی اوره در یک راکتور انجام می شود که محصولات این واکنش، یعنی گازهای دی اکسید کربن و آمونیاک، به واحد تولید اوره برگردانده می شوند.

### 1-1- تأثیرات منفی زیست محیطی

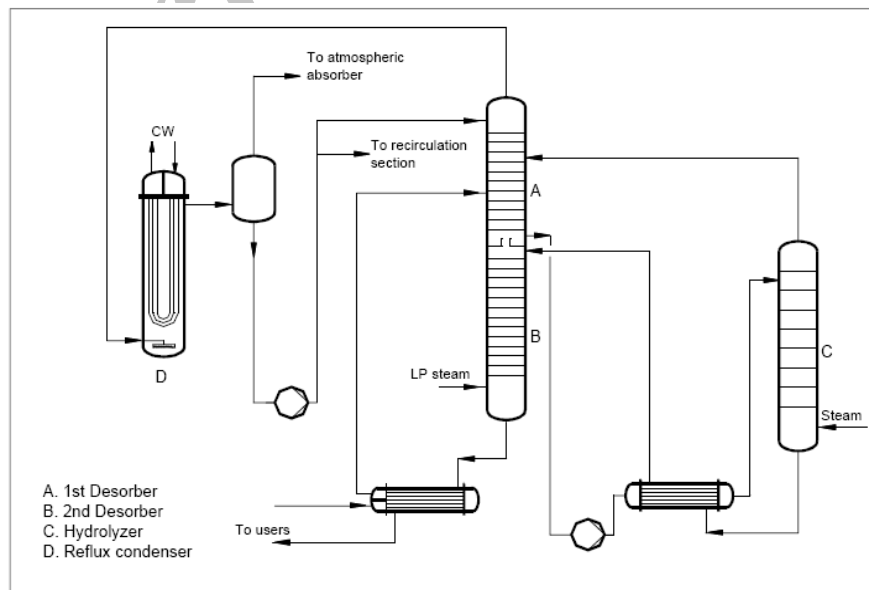
این آلاینده علاوه بر انسان بر دام و آبزیان منطقه تأثیر منفی می گذارد. نیتريت ها موادی هستند که از کود اوره تولید و مستقیماً وارد آب شده و زندگی انسانی را تهدید می نمایند. اوره به نیتريت تجزیه می گردد و نیتريت نیز سپس به نیتريت تبدیل و از طریق مصرف غذایی انسانی وارد بدن وی می گردد. اگر مقدار نیتريت در آب شرب بیش از 1000 ppm باشد، در زندگی انسان مشکلاتی از قبیل نابینایی اطفال، سرطان کبد، سرطان رحم و ریه، بیماری مغز استخوان و سیروز کبدی را به وجود می آورد. تصور نشود، تنها سموم هستند که محیط زیست را آلوده می کنند، بلکه تمام مواد شیمیایی کشاورزی ممکن است، آب های آشامیدنی را در شهر و روستا آلوده سازند و به ویژه افراد فقیر جامعه را که پروتئین کم تری وارد بدنشان می شود، با انواع مشکلات روبرو گردند. ماهیت نیتريت ها چندان سمی نمی باشد بلکه وقتی به نیتريت ها تبدیل می شوند مشکل ساز هستند. نیتريت ها وقتی وارد جریان گردش خون می شوند باعث تبدیل رنگدانه قرمز رنگ هموگلوبین به رنگدانه قهوه ای رنگ مت هموگلوبین می شوند. هموگلوبین مسئول حمل اکسیژن از ریه ها به بافت های بدن می باشند ولی مت گلوبین قادر به حمل اکسیژن نمی باشد. همچنین PH آب خالص برابر 7 است که در آب رودخانه های بدون آلودگی به نزدیک 8

می‌رسد و این مساله مشکلی برای ماهیان ایجاد نمی‌کند اما کارخانجات با اضافه کردن اسیدهای زیادی در آن PH آب را پایین تر از ۵ می‌رساند که این مساله باعث مرگ ماهیان خوراکی می‌گردد. این آلاینده نیز باعث کاهش PH آب می‌شود [8].

## 2- تشریح فرایند

پساب خروجی از واحد اوره به طور معمول حاوی 2الی 9 درصد وزنی آمونیاک ، 3/0الی 5/1 درصد وزنی اوره و 8/0الی 6 درصد وزنی کربن دی اکسید هستند . این داده ها نشان می دهد که مقدار عمده ای از مواد اولیه و فرآورده در این میعانات وجود دارند که بایستی بطور کامل جدا و بازیابی شوند.

بر اساس اصل تعادل برای بهبود هیدرولیز و کاهش اوره در خروجی راکتور، لازم می باشد که میزان ورودی دی اکسید کربن و آمونیاک به راکتور هیدرولیز به حداقل برسد. و به همین اساس آمونیاک و دی اکسید کربن ورودی را در desorber اول دفع می کنند. بنابراین یکی از فاکتورهای بسیار مهم در عملکرد راکتور هیدرولیز میزان غلظت های خوراک ورودی می باشد اگر میزان آمونیاک و دی اکسید کربن به مقدار مطلوبی در برج دفع اول کاهش یابد می توان گفت که در راکتور هیدرولیز، میزان خروجی اوره تا چند ppm می رسد. معمولاً فشار این راکتور 20 bar و دمای بالای 200 °C دارد. در راکتور هیدرولیز حرارتی بخار فشار بالا و برای برج دفع بخار فشار پایین استفاده می شود. خروجی راکتور هیدرولیز نیز وارد برج دفع دوم می شود تا آمونیاک و دی اکسید کربن حاصل از واکنش هیدرولیز جداسازی شده و یک جریان مایع عاری از هر گونه آمونیاک و اوره بدست بیاید. طول این برج 5/16 متر و قطری به طول 2 m دارد که دارای 13 سینی می باشد و برای دبی به میزان 3/40 طراحی شده است. این راکتور بر خلاف برج های دفع که میزان کمی مایع بر روی هر سینی قرار دارد، مملو از مایع است و بخارات به صورت حباب هایی از پایین راکتور به بالای راکتور عبور می کنند. شکل (1) واحد دفع اوره مجتمع پتروشیمی خراسان را نشان می‌دهد:



شکل (1). واحد دفع اوره مجتمع پتروشیمی خراسان

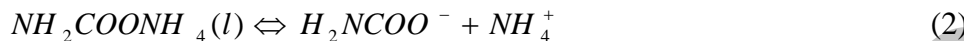
### 3-مدل سازی و شبیه سازی

#### 3-1- سینتیک واکنش هیدرولیز اوره

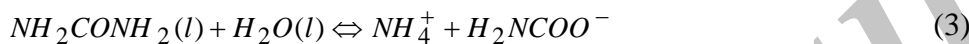
واکنش هیدرولیز در دو مرحله انجام می شود. ابتدا از واکنش اوره و آب کربامات آمونیوم تولید می شود [8]:



ولی با توجه به فشار عملیاتی راکتور و تجزیه کربامات آمونیوم، ماده تولید شده طبق واکنش زیر تجزیه می شود:

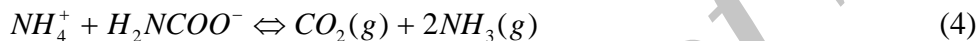


در نتیجه مرحله اول واکنش هیدرولیز اوره به صورت زیر می باشد:



این واکنش به میزان کمی گرمازا می باشد ( $\Delta H_{25^\circ C} = -23 \text{ kJ/gmol}$ ) [8].

در مرحله دوم در اثر واکنش یونهای بوجود آمده گازهای دی اکسید کربن و آمونیاک تولید می شوند:



این واکنش گرماگیر بوده ( $\Delta H = 84 \text{ kJ/gmol}$ ) و سریعتر از واکنش (3) انجام می شود [9].

از واکنشهای (3) و (4) نتیجه گرفته می شود که واکنش هیدرولیز اوره گرماگیر بوده و برای انجام بهتر واکنش، باید به مخلوط واکنش گرما داده شود. برای تامین گرمای لازم به راکتور بخار تزریق می شود.

#### 3-2- سرعت واکنش هیدرولیز اوره

واکنش (3) کند و واکنش (4) سریع میباشد. بنابراین می توان گفت واکنش (4) در تعادل کامل و واکنش (3)

کنترل کننده می باشد

$$k_f[(\gamma_1 C_1)(\gamma_2 C_2) - \frac{1}{K_{e,3}}(\gamma_3 C_3)(\gamma_4 C_4)] = R = k_f(a_1 a_2 - \frac{1}{K_{e,3}} a_3 a_4) \quad (5)$$

که  $a_i$  اکتیویته ماده  $i$ ،  $k_f$  ثابت سرعت رفت و  $\gamma_i$  ضریب اکتیویته  $C_i$  غلظت مواد می باشد.

معادلات ثابت تعادل برای واکنش های (3) و (4) به صورت زیر تعریف می شوند:

$$K_{e,j}(T) = K_{X,j}(X) K_{\gamma,j}(T, X); \quad j = 3, 4 \quad (6)$$

که  $K_{X,j}(X)$  ثابت تعادل وابسته به غلظت و  $K_{\gamma,j}(T, X)$  ثابت های تعادل وابسته به دما و جزء مولی می باشد.

$$K_{X,3} = \frac{X_3 X_4}{X_1 X_2} \quad (7)$$

$$K_{X,4} = \frac{X_5^2 X_6}{X_3 X_4} \quad (8)$$

و ثابت های تعادل وابسته به دما و جزء مولی برای واکنشهای (1) و (2) به صورت زیر تعریف می شوند:

$$K_{\gamma,3}(T, X) = \frac{\gamma_3(T, X)\gamma_4(T, X)}{\gamma_1(T, X)\gamma_2(T, X)} \quad (9)$$

$$K_{\gamma,4}(T, X) = \frac{\gamma_5^2(T, X)\gamma_6(T, X)}{\gamma_3(T, X)\gamma_4(T, X)} \quad (10)$$

### 3-3- ضرایب فعالیت

برای تخمین ضرایب فعالیت مخلوط  $Urea - NH_3 - CO_2 - H_2O$ ، برناردیس و همکارانش از مدل UNIQUAC بسط یافته استفاده کردند [9]. در این مطالعه برای بررسی حالت تعادلی میان اجزاء واکنش دهنده از شکل بسط یافته معادله UNIQUAC به صورت زیر استفاده شده است:

$$\ln \gamma_i = \ln \frac{\phi_i}{X_i} + \frac{Z}{2} q_i \ln \frac{v_i}{\phi_i} + l_i - \frac{\phi_i}{X_i} \sum_{j=1}^6 X_j l_{ij} + q_i \left[ 1 - \ln \left( \sum_{j=1}^6 v_j \tau_{ji} \right) - \sum_{j=1}^6 \frac{v_j \tau_{ij}}{\sum_{k=1}^6 v_k \tau_{kj}} \right] \left[ \frac{z_i^2 A_i^{0.5}}{(1 + B_i^{0.5})} \right] \quad (11)$$

### 3-4- مدل راکتور هیدرولیز

با توجه به اینکه این راکتور مملوء از مایع و حرکت مایع ورودی از بالای برج به پایین به صورت زیگزاگی می باشد و در هر سینی نوعی اختلاط کامل انجام می شود، می توان گفت حجم بین هردو سینی مانند یک راکتور اختلاط (CSTR) و راکتور اصلی هیدرولیز متشکل از 13 راکتور (CSTR) می باشد که گاز و بخار خروجی از هر راکتور (CSTR) در تعادل با مایع خروجی است.

معادلات جرم و حرارت:

$$V_{j,i} + L_{j,i} = V_{j-1,i} + L_{j+1,i} + \alpha_{i,3} s + \alpha_{i,4} w \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (12)$$

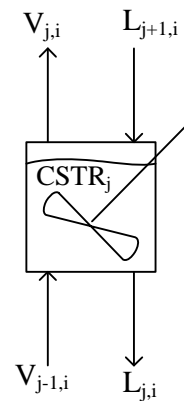
$$\sum x_{j,i} = 1 \quad (13)$$

$$\sum y_{j,i} = 1 \quad (14)$$

$$y_{j,i} = K_{j,i} x_{j,i} \quad (15)$$

$$\sum_i H_{j,i} V_{j,i} + \sum_i H_{j,i} L_{j,i} = \sum_i H_{j-1,i} V_{j-1,i} + \sum_i H_{j+1,i} L_{j+1,i} \quad (16)$$

$$P_j = P_{j+1} + \Delta P_j \quad (17)$$



شکل 1- شماتیک دیاگرام راکتور

که  $\alpha_{i,3}$  و  $\alpha_{i,4}$  اعداد استوکیومتری مواد به ترتیب در واکنش سنتیکی (3) و واکنش تعادلی (4) می باشد، که برای واکنش دهنده ها منفی و برای تولید شونده ها مثبت است.  $w$  و  $s$  نیز به ترتیب میزان مصرف اوره و کاربامات در واکنش های ذکر شده می باشد.  $i$  شماره هر سینی،  $x_i$  و  $y_i$  به ترتیب جزء مولی مواد در فاز مایع و بخار،  $H_i$  نیز آنتالپی مواد و  $K_i$  ثابت تعادل می باشد.

جدول 1- معرفی اجزاء واکنش گر و زیرنویس های مربوطه

جزء	زیرنویس	جزء	زیرنویس
	س		س
$H_2NCOO^-$	4	$NH_2CONH_2$	1
$NH_3$	5	$H_2O$	2
$CO_2$	6	$NH_4^+$	3

جدول 2- مشخصات خوراک ورودی به راکتور هیدرولیز [10].

Feed specification	Liquid phase input	Vapor phase input
Temperature (°C)	197	308
Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	18.3	20.3
Component molar rate (kmol/h)		
Water	2037.5	86.9
Urea	9	0
CO <sub>2</sub>	1.3	0
NH <sub>3</sub>	19.6	.
Total (kmol/h)	2067.4	86.9

#### 4- بحث و نتایج

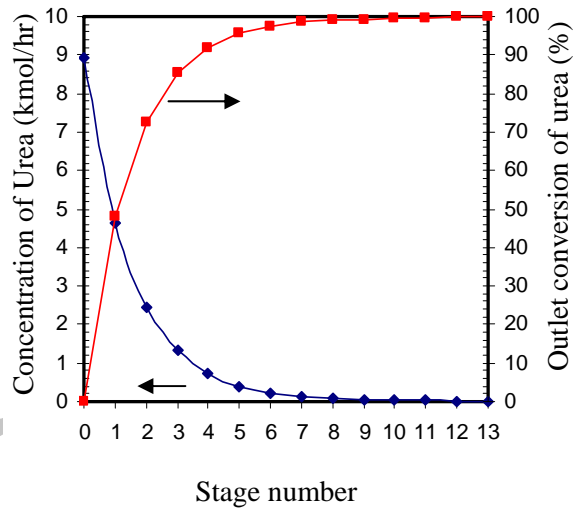
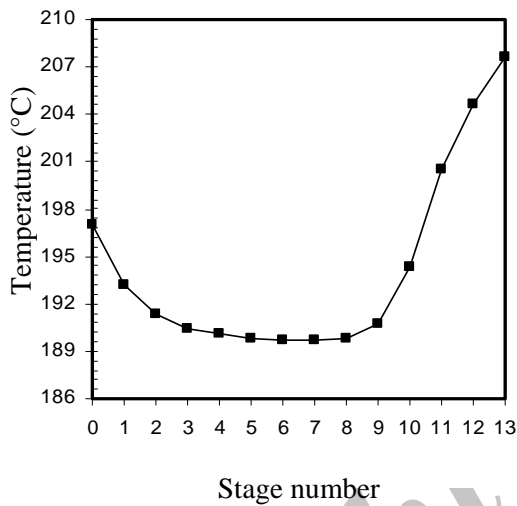
نتایج به دست آمده از مدل در نظر گرفته شده با داده های واحد دفع اوره مجتمع پتروشیمی خراسان مقایسه شدند. راکتور هیدرولیز اوره به صورت آدیاباتیک کار می کند. از آنجائیکه هیدرولیز اوره واکنشی گرماگیر است، در نتیجه حالت آدیاباتیک یک شیوه مناسب برای افزایش تبدیل اوره می باشد. برای انجام بهتر واکنش هیدرولیز، بخار به راکتور تزریق می شود. در این راکتور دما در طول راکتور به مقدار ناچیزی کاهش و سپس با توجه به تزریق بخار افزایش می یابد. داده های واحد، کاهش اوره در پساب خروجی از راکتور را نشان می دهد.

جدول 3- مقایسه مقادیر تئوری و واحد صنعتی.

	Liquid phase output			Vapor phase output		
	observed	model	Error	observed	model	Error
Temperature (°C)	207	207.6	+0.3%	194.2	193.3	+0.5%
Component molar rate (kmol/h)						
Water	2066.7	2070.5	+0.2%	48.15	44.37	-7.8%
Urea	<10ppm	7ppm		0	0	0
CO <sub>2</sub>	0.15	0.14	-6.7%	10.18	10.16	-0.2%
NH <sub>3</sub>	33.36	33.33	-0.9%	3.91	4.19	+7.1%
Total (kmol/h)	2100.48	2103.97	+0.2%	62.24	58.72	-5.6%

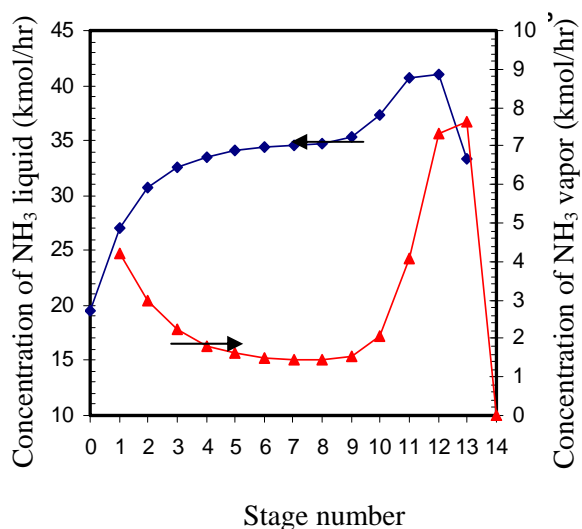
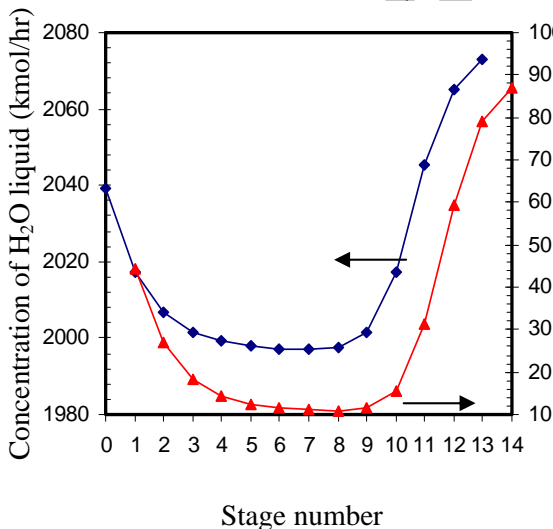
شکل (3) توزیع تبدیل اوره را در راستای طول راکتور نشان می دهد. شکل (4) توزیع دما در طول راکتور و کاهش دما را در ابتدای راکتور و سپس افزایش دما را در انتهای راکتور را نشان می دهد که علت آن نیز گرماگیر بودن واکنش و واکنش مقدار زیاد اوره در ابتدای راکتور می باشد که با تزریق بخار از انتهای راکتور، دما افزایش می یابد. قابل ذکر است که مقادیر مشاهده شده در سینی شماره 14 و 0 به ترتیب مشخصات همان خوراک مایع ورودی از بالا و بخار ورودی از پایین راکتور می باشد که در جدول 2 آمده است.

شکل (5) توزیع گاز و مایع آمونیاک در طول راکتور را نشان می دهد. شکل (6) توزیع بخار و مایع آب و شکل (7) توزیع گاز و مایع دی اکسید کربن در طول راکتور را نشان می دهد. شکل (8) تاثیر دمای خوراک را بر میزان اوره خروجی از راکتور نشان داده و همانطوریکه از نمودار مشخص است با افزایش دمای خوراک، میزان تبدیل اوره در راکتور افزایش می یابد.



شکل 4- پروفایل دما در طول

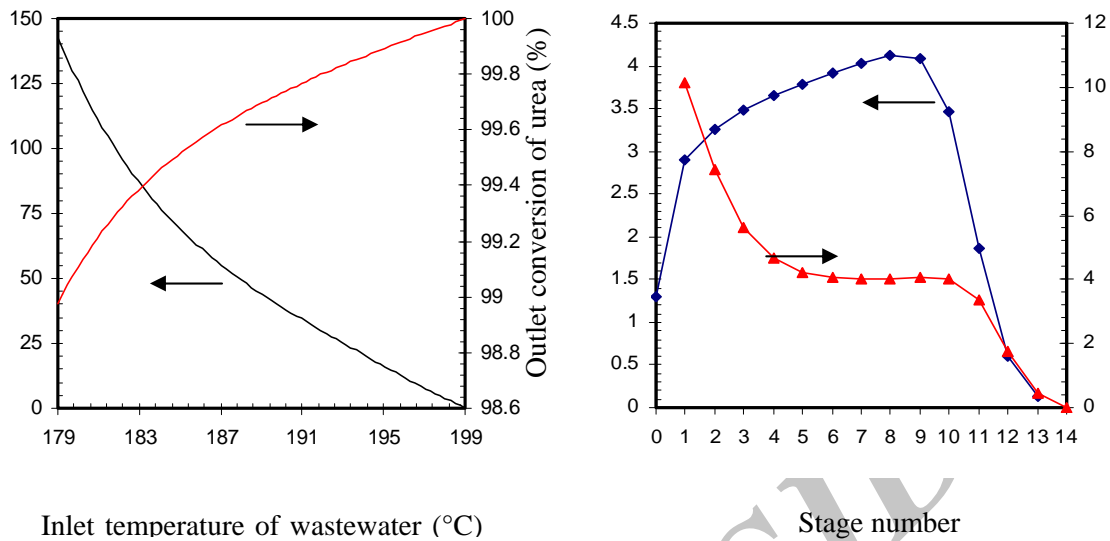
شکل 3- میزان تبدیل و دبی مولی اوره در



شکل 6- پروفایل دبی مولی بخار و مایع آب در طول راکتور هیدرولیز

شکل 5- پروفایل دبی مولی بخار و مایع آمونیاک در طول راکتور هیدرولیز





شکل 8- اثر دمای خوراک ورودی بر میزان تبدیل و خروجی اوره از راکتور

شکل 7- پروفایل دبی موی گاز و مایع دی اکسید کربن در طول راکتور

همان طور که مشخص است میزان دبی آمونیاک و دی اکسید کربن در فاز مایع در ابتدای راکتور بر اثر تولید در واکنش، افزایش، ولی در انتها با افزایش دما این مقادیر کاهش می یابد، اما مقدار خروجی آمونیاک مایع با توجه به شرایط ترمودینامیکی از مقدار اولیه خود کمتر نمی شود. در حقیقت عملکرد این راکتور به علت غیر همسو بودن جهت خوراک پساب ورودی از بالا و بخار ورودی از پایین، شبیه به برج های تقطیر واکنشی باز (open reactive distillation) می باشد. در مورد نمودار مربوط به ماده آب نیز می توان گفت در ابتدای این راکتور میزان آب مایع در اثر مصرف در واکنش، کاهش یافته، اما در انتها به علت کندانس شدن بخار این میزان افزایش می یابد. همچنین از نمودار ها و نتایج به دست آمده نتیجه گیری می شود که با توجه به نزدیکی خوب مقادیر شبیه سازی و داده های واحد، مدل استفاده شده مدلی مناسب می باشد. بنابراین می توان در شرایط متغییر عملیاتی، عملکرد راکتور را پیش بینی کرد و با توجه به مدل و نتایج حاصل، راکتور های هیدرولیزی طراحی کرد که قابلیت نصب در واحد های قدیمی اوره را داشته و از این طریق بتوان به استانداردهای جدید زیست محیطی دست یافت. نتایج نشان می دهد که با تغییر مناسب بعضی از شرایط عملیاتی مانند دمای خوراک ورودی می توان تبدیل اوره را افزایش داد.

### 5- نتیجه گیری

توافق خوب بدست آمده میان مقادیر تئوری و واحد صنعتی نشان می دهد که مدل در نظر گرفته شده مدلی مناسب می باشد. این مدل قادر است با تغییر شرایط عملیاتی در راکتور، تاثیر این عوامل را به خوبی ارزیابی نماید. در این مطالعه یکی از فاکتور مهم که اثر دمای خوراک ورودی بود، بررسی شد و نشان داد، افزایش دمای خوراک رابطه مستقیمی با کاهش میزان اوره خروجی دارد. در کل می توان با الگو برداری از مدل بالا و روش مهندسی معکوس، سیستم تصفیه پساب جدیدی در واحد های قدیمی اوره طراحی کرد تا پسابی عاری از اوره و حد مطلوب استانداردهای جدید زیست محیطی را به دست آورد.

## تشکر و قدر دانی

بدینوسیله از اداره پژوهش و توسعه مجتمع پتروشیمی خراسان و شیراز جهت حمایت از این پروژه تشکر و سپاسگزاری می شود.

## نشانه ها

$l_i$	پارامتر معادله حالت UNIQUAC برای جزء $i$ (-)	$a_i$	اکتیویته ماده $i$
$P_j$	فشار در سینی $j$ bar	$A$	ثابت دمای-هاکل (-)
$q_i$	پارامتر معادله حالت UNIQUAC برای جزء $i$ (-)	$B$	نزدیک ترین فاصله میان یونها (-)
$S$	تعداد مول های مصرف شده اوره در واکنش (3)	$C_i$	غلظت ماده $i$ $kmol m^{-3}$
$kmol h^{-1}$		$H_{j,i}$	انتالپی مولی ماده $i$ در سینی $j$ $Kj kmol^{-1}$
$V_{j,i}$	دبی مولی ماده $i$ در فاز بخار $kmol h^{-1}$	$I$	قدرت یونی
$w$	تعداد مول های مصرف شده یون کاربامات در واکنش (4)	$j$	شمارنده هر سینی
$kmol h^{-1}$		$K_{j,i}$	$j$ ثابت تعادل در مرحله
$x_{j,i}$	کسر مولی جزء $i$ در فاز مایع در سینی شماره $j$	$K_{\gamma,j}$	ثابت تعادل وابسته به دما و جزء مولی $j$ واکنش
$y_{j,i}$	کسر مولی جزء $i$ در فاز بخار در سینی شماره $j$	$K_{X,j}$	ثابت تعادل وابسته به جزء مول
$Z$	عدد همپایگی UNIQUAC ( $Z=10$ )	$k_f$	ثابت سرعت واکنش رفت $kmol m^{-3} h^{-1}$
		$L_{j,i}$	دبی مولی ماده $i$ در فاز مایع $kmol h^{-1}$

## حروف یونانی

$\alpha_{i,j}$	عدد استوکیومتری ماده $i$ در واکنش $j$	$\tau_{ij}$	پارامتر معادله حالت UNIQUAC
$\phi_i$	جزء حجمی جزء $i$	$\gamma_i$	ضریب فعالیت جزء $i$
$v_i$	جزء سطحی جزء $i$		

## مراجع

1-www.daneshname.ir

2- فرهاد شهرکی و محمد رضا علی اسفندیاری "کمینه کردن ضایعات و کاهش آلودگی در یک واحد پتروشیمی"، نشریه شیمی و مهندسی شیمی، دوره 25، شماره 2، 1385.

3- Stamicarbon's, Seventh Urea Symposium

4- U. S. Pat. 5, 399, 755, Lagana & Vincenzo (Milan, IT), (March 21, 1995).

5- Rahimpour, M.R. (2004). A non-ideal rate-based model for industrial urea thermal hydrolyser, Chem. Eng and Processing 43, 1299-1307

6- Rahimpour, M. R., Azarpour, A. (2005). Simulation of a Urea Thermal Hydrolysis Reactor, Chem. Eng. Comm., 192: 155–167

7-Atkinson, B., 'Biochemical Reactors', Pion Limited, London, (1974).

8-www.aftab.ir

9- Irazoqui, H. A. and M. A. Isla, "Thermodynamic Framework Simulation of a Urea Synthesis Reactor", J. Ind. Eng. Chem. Res. 32(11), 2671-2680 (1993b).

10- اطلاعات و نتایج واحد اوره، فرایند هیدرولیز حرارتی، پتروشیمی خراسان، زمستان 1386.

Archive of SID

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL  
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو