

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XVI Всеукраїнської

науково-технічної

конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса



ОДЕСА

2016

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова:

Сторов Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Замісники:

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент,

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Члени оргкомітету:

Артеменко С.В.

Бошкова І.Л.

Бошков Л.З.

Василів О.Б.

Гоголь М.І.

Дьяченко Т.В.

Желєзний В.П.

Зацеркляний М.М.

Князева Н.О.

Кологривов М.М.

Котлик С.В.

Крусір Г.В.

Мазур В.О.

Мазур О.В.

Мілованов В.І.

Морозюк Л.І.

Нікулина А.В.

Ольшевська О.В.

Плотніков В.М.

Роганков В.Б.

Роженцев А.В.

Сагала Т.А.

Семенюк Ю.В.

Смирнов Г.Ф.

Тітлов О.С.

Шпирко Т.В.

Хлієва О.Я.

Хмельнюк М.Г.

Хобин В.А.

Цикало А.Л.

Відповідальний за випуск: Тітлов О.С., завідувач кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв

Мова видання: українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Рекомендовано до друку Радою факультету прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій, протокол № 2 від 21 вересня 2016 року.

А 43 Актуальні проблеми енергетики та екології / Матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. – 312 с.

ББК 31:20.1

ISBN 978-966-930-137-6

© Одеська національна академія харчових технологій

© Факультет прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій

СЕКЦІЯ 3:
**ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
В НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕХНІЧНОГО АМІАКУ ЗА УМОВ МАГІСТРАЛЬНОГО АМІАКОПРОВОДУ ТОЛЬЯТТІ-ОДЕСА

Сусак О. М., канд. техн. наук, доцент, Григорський С. Я., канд. техн. наук, асистент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

За результатами досліджень отримано математичну модель густини технічного аміаку за умов магістрального аміакопроводу Тольятті-Одеса як функцію абсолютного тиску, температури та об'ємної частки води. Сумарна відносна похибка розробленої моделі не перевищує 0,1 % в порівнянні з експериментальними даними.

Ключові слова: аміак, математична модель, віріальний коефіцієнт, термодинамічна поверхня.

By results of researches obtained the mathematical model of technical ammonia density in conditions of the main ammonia-pipeline Toliatti-Odessa as a function of absolute pressure, temperature and volume fraction of water. The total relative error of the model doesn't exceed 0,1 % compared with experimental data.

Keywords: ammonia, mathematical model, virial coefficient, thermodynamic surface.

Виробництво та транспортування аміаку як цінної хімічної сировини залишається однією з небагатьох сфер економіки країни, які практично не зазнали суттєвого падіння виробничих обсягів. Основними виробниками аміаку в Україні є підприємства хімічного холдингу OSTCHEM, зокрема, "Рівнеазот", Северодонецьке об'єднання "Азот", Черкаський "Азот" та Концерн "Стірол", а також Одеський припортовий завод та "ДніпроАзот". Більше того, в останні роки гостро почало ставати питання збільшення об'ємів транспортування рідкого аміаку, зокрема по магістральному аміакопроводу Тольятті-Одеса. Така тенденція обумовлена кількома факторами. Перш за все, аміак як основна сировина для виготовлення азотних добрив стає більш витребуваним в умовах зростання значимості агропромислового виробництва в світовій та вітчизняній макроекономіках. По-друге, обмежені логістичні можливості унікального за своїм функціональним призначенням магістрального аміакопроводу Тольятті-Одеса, в умовах зростаючих потреб у технічному аміаку в першу чергу експортних споживачів, створюють певні труднощі у можливому оперативному збільшенні обсягів перекачування.

Аміак (NH_3) – токсична горюча газоподібна речовина, що володіє властивістю утворювати при контакті з повітрям вибухонебезпечну суміш. При нормальному тиску і кімнатній температурі існує у вигляді газу. Для використання у виробництві і при транспортуванні аміак зріджують. Суміш чистого аміаку та незначної кількості води (до 0,5 % в об'ємному співвідношенні) називають технічним аміаком. Він використовується як основна сировина при виробництві великої кількості речовин, що містять азот, використовуваних в різних галузях: мінеральних добрив, азотної та синильної кислот, загалом в органічному синтезі та у виробництві соди.

Основними фізичними властивостями технічного аміаку, які безпосередньо впливають на гідравлічний та тепловий режим роботи аміакопроводу є: густина, кінематична в'язкість, пружність насичених парів, питома масова ізобарна теплоємність, коефіцієнт Джоуля-Томсона. Густина аміаку є важливим технологічним параметром, числове значення якого необхідне при складанні матеріального балансу аміаку в трубопроводі, визначенні пропускної здатності системи та питомих витрат електроенергії на перекачування. Для забезпечення нормальної роботи трубопроводу напір аміаку має знаходитись в діапазоні від мінімально допустимого – для запобігання явища кавітації на вході в аміакоперекачувальну станцію та утворення парової фази в порожнині трубопроводу, до максимально допустимого – для забезпечення міцності лінійної частини трубопроводу. В обох випадках величина напору залежить від густини аміаку.

На даний час розрахунок густини технічного аміаку проводиться за методикою [1], яка має найвищу точність – до 0,1 % в порівнянні з експериментальними даними [2]. Дана методика базується на визначенні густини чистого аміаку за формулою Naag&Gallagher [3] та густини води за рівнянням стану IAPWS-IF97 [4] із урахуванням величини поправки на зміну густини суміші залежно від об'ємної частки води в суміші. Формула Naag&Gallagher являє собою рівняння стану з другим та третім віріальними коефіцієнтами, які є частинними похідними від функції термодинамічної поверхні та є поліноміальною функцією відносно густини другого порядку та оберненої температури – четвертого порядку [3]. При цьому, густина рідкого аміаку визначається методом послідовних наближень за відомих значень абсолютного тиску та температури. Густина води відповідно до [4] знаходиться за допомогою рівняння вільної енергії Гіббса, яке

є ортонормованою поліноміальною функцією від зведеного тиску та оберненої температури. Перевагою методики [1] є її висока точність та можливість застосування у широкому діапазоні зміни абсолютного тиску (від 0,1 до 40 МПа) та температури (від 230 до 600 К) [2]. Основним недоліком – значна складність, зумовлена розробкою ітераційного алгоритму та неможливістю використання для практичних розрахунків.

Для умов магістрального аміакопроводу Тольятті-Одеса абсолютний тиск технічного аміаку змінюється в межах від 12 до 90 бар, температура – від 0 до 30 °С, а об'ємна частка води в суміші не перевищує 0,5 %. Тому актуальною є задача побудови спрощеної математичної моделі для розрахунку густини суміші аміаку та води, яка б забезпечувала необхідну точність в порівнянні з методикою [1] та могла використовувалась для практичних розрахунків. Для отримання спрощеної залежності проведено розрахунок густини технічного аміаку відповідно до роботи [1] з кроком по тиску 0,1 бар, по температурі – 0,1 °С та для об'ємної частки води – 0,01 %. З використанням методу найменших квадратів для сформованого масиву даних, отримана така математична модель густини технічного аміаку (кг/м³):

$$\rho = A + B \cdot P + C \cdot P^2, \quad (1)$$

$$\begin{cases} A = a_0 + b_0 \cdot T + c_0 \cdot T^2, \\ B = a_1 + b_1 \cdot T + c_1 \cdot T^2, \\ C = a_2 + b_2 \cdot T + c_2 \cdot T^2, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} a_0 = 7,3187 \cdot 10^2 + 1,1009 \cdot 10^1 \cdot x - 3,4015 \cdot 10^{-1} \cdot x^2, \\ b_0 = 6,7383 \cdot 10^{-1} - 4,5587 \cdot 10^{-2} \cdot x + 1,8735 \cdot 10^{-3} \cdot x^2, \\ c_0 = -3,7212 \cdot 10^{-3} + 6,0934 \cdot 10^{-5} \cdot x - 2,3768 \cdot 10^{-6} \cdot x^2, \\ a_1 = 8,9864 \cdot 10^{-1} - 5,6096 \cdot 10^{-3} \cdot x - 9,9090 \cdot 10^{-5} \cdot x^2, \\ b_1 = -6,6566 \cdot 10^{-3} + 5,0996 \cdot 10^{-5} \cdot x + 6,2180 \cdot 10^{-7} \cdot x^2, \\ c_1 = 1,3345 \cdot 10^{-5} - 1,1544 \cdot 10^{-7} \cdot x - 1,0225 \cdot 10^{-9} \cdot x^2, \\ a_2 = -1,6502 \cdot 10^{-3} + 1,7795 \cdot 10^{-5} \cdot x + 8,4942 \cdot 10^{-7} \cdot x^2, \\ b_2 = 1,2333 \cdot 10^{-5} - 1,3484 \cdot 10^{-7} \cdot x - 6,0461 \cdot 10^{-9} \cdot x^2, \\ c_2 = -2,3523 \cdot 10^{-8} + 2,5967 \cdot 10^{-10} \cdot x + 1,0407 \cdot 10^{-11} \cdot x^2, \end{cases} \quad (3)$$

де P, T – абсолютний тиск (бар) та температура (К) суміші;
 x – об'ємна частка води в суміші з аміаком, %.

Математична модель (1) справедлива за таких значень параметрів:

- абсолютний тиск 12÷100 бар;
- абсолютна температура 273÷303 К;
- об'ємна частка води в суміші 0÷0,5 %.

Максимальна різниця густини (по абсолютній величині) визначена за формулою (1) та густини, розрахованої за методикою [1] не перевищує 0,04 кг/м³. Максимальна відносна похибка становить 0,006 % для вказаного діапазону параметрів (тиску, температури, об'ємної частки).

Висновки

1. Встановлено, що величину густини технічного аміаку за умов роботи аміакопроводу Тольятті-Одеса можна адекватно описати поліноміальною функцією другого степеня від абсолютного тиску, температури та об'ємної частки води в суміші. При цьому сумарна відносна похибка розробленої математичної моделі не перевищує 0,10 % в порівнянні з експериментальними даними.

2. Отримана залежність (без застосування ітераційного процесу) може бути використана для більш точних розрахунків пропускної здатності, режимів роботи та кількості аміаку, що знаходиться у внутрішній порожнині трубопроводу.

Література

1. Tillner-Roth R. A Helmholtz Free Energy Formulation of the Thermodynamic Properties of the Mixture {Ammonia + Water} [Text] / R. Tillner-Roth, D. G. Friend // Journal of Physical and Chemical Reference Data – 1998. – Vol. 27, Issue 1. – P. 63–96.
2. Tillner-Roth R. Survey and Assessment of Available Measurements on Thermodynamic Properties of the Mixture {Water + Ammonia} [Text] / R. Tillner-Roth, D. G. Friend // Journal of Physical and Chemical Reference Data – 1998. – Vol. 27, Issue 1. – P. 45–61.
3. Haar L. Thermodynamic Properties of Ammonia [Text] / L. Haar, J. S. Gallagher // Journal of Physical and Chemical Reference Data – 1978. – Vol. 7, Issue 3. – P. 635–792.
4. Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. (IAPWS-IF97). (Revised August 2007).

УДК 622.691.4

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАФТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ В УМОВАХ НАДХОДЖЕННЯ РІДКИХ ВУГЛЕВОДНІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ

Якимів Й.В., канд. техн. наук, доцент; Бортняк О.М., канд. техн. наук
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

Проведений аналіз можливих джерел та маршрутів постачання нафти на внутрішній ринок та транзитом існуючими нафтотранспортними системами України. Досліджена енерговитратність нафтопроводів з метою забезпечення їх енергоефективної експлуатації в умовах диверсифікації імпорту вуглеводневої сировини.

Ключові слова: альтернативні джерела постачання нафти, іранська нафта, каспійська нафта, нафтотранспортні системи, енергоефективність, енерговитратність.

The analysis of possible sources and routes of oil supply to the domestic market and existing transit of Ukrainian oil transportation system was conducted. Energy consumption of pipeline to ensure their energy efficient operation in terms of diversification of imports energy hydrocarbons was studied.

Keywords: alternative sources of oil, Iranian oil, Caspian oil, transportation systems, energy efficiency, energy consumption.

Розроблення та успішна реалізація ефективної енергетичної політики є надзвичайно актуальним питанням для будь-якої країни, що прагне до зміцнення енергетичної незалежності, посилення політичного суверенітету та підвищення економічного благополуччя. Особливо це стосується України, яка поки що знаходиться на шляху до набуття таких характеристик. Вивчення світового досвіду дозволяє стверджувати, що основними складовими успішного економічного та соціального розвитку є енергетична безпека, енергоефективність та енергозбереження.

Висока енергоемність виробництва та існуючий стан енергоспоживання, які залишилися з часів входження країни до складу держави з достатньо високим рівнем забезпеченості паливно-енергетичними ресурсами, зумовили накопичення істотного потенціалу енергозбереження, реалізація якого, як засвідчує досвід країн Західної Європи, потребує акумулювання значних коштів. Враховуючи сучасний стан економіки країни в цілому, найбільш ймовірним джерелом фінансування енергоефективних заходів виглядає використання внутрішніх можливостей вітчизняних підприємств з достатньо високим рівнем енергоемності виробництва.

Одним з найважливіших елементів забезпечення енергетичної безпеки є диверсифікація джерел та шляхів постачання енергоносіїв. Наша держава належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії відповідно повинна їх імпортувати. Найбільша проблема полягає в тому, що основне постачання вуглеводневих енергоносіїв відбувається практично з однієї країни-експортера або її території, внаслідок чого спостерігається постійний політичний та економічний вплив з боку наявного монопольного постачальника сировини. Отже, одним з першочергових завдань у напрямку підвищення енергетичної залежності нашої держави є вирішення питання диверсифікації імпорту вуглеводнів за умов раціонального енергоефективного використання транзитного потенціалу країни з дотриманням доктрин енергозбереження та вимог екологічної стійкості.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕРОЗІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ ВІДВОДІВ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ	<i>Дорошенко Я. В., Марко Т. І., Дорошенко Ю. І.</i>	85
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИКСОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОВ'ЯЗКОЇ ДОЛИНСЬКОЇ НАФТИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ	<i>Пилипів Л.Д.</i>	88
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТИПОВОГО НАФТОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ДОВКІЛЛЯ	<i>Пузік О.Г., Черняк Л.М.</i>	93
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕХНІЧНОГО АМІАКУ ЗА УМОВ МАГІСТРАЛЬНОГО АМІАКОПРОВОДУ ТОЛЬЯТТИ-ОДЕСА	<i>Сусак О. М., Григорський С. Я.</i>	94
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАФТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ В УМОВАХ НАДХОДЖЕННЯ РІДКИХ ВУГЛЕВОДНІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ	<i>Якимів Й.В., Бортяк О.М.</i>	96

СЕКЦІЯ 4

Теоретичні основи екологічно безпечних технологій. Ресурсоефективні і більш чисті технології. Екологічно безпечні технології поводження з відходами. Технології захисту навколишнього середовища. Управління ресурсними потоками. Екологічний дизайн продукції. Методи оцінки еколого-енергетичної ефективності технологій і обладнання		99
МОДЕЛЮВАННЯ МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДУ (CS-137) ПО КАСКАДУ КИТАЇВСЬКИХ СТАВКІВ (НПП «ГОЛОСІВСЬКИЙ», М. КИЇВ)	<i>Кравець М.О., Кутлахмедов Ю.О.</i>	100
МЕТОДИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ	<i>Крусір Г.В., Гаркович О.Л., Чекал Г.Л.</i>	101
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАСПОРТУВАННЯ КВАРТИРИ	<i>Крусір Г. В., Мадані М.М., Саввова К.О.</i>	103
ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ У АДМІНІСТРАТИВНИХ РАЙОНАХ ТА МІСТАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	<i>Ригас Т.Є., Шмандій В.М.</i>	103
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В УМОВАХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	<i>Харламова О.В., Мальований М.С.</i>	105
ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВОДНЕВОГІДРИДНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГОПЕРЕТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ	<i>Чорна Н.А.</i>	106
РОЗРОБКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ПРИНЦИПІВ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОПЕРЕТВОРЮЮЧИХ МЕТАЛОГІДРИДНИХ СИСТЕМ	<i>Чорна Н.А.</i>	108
ЗМІНИ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ В КРОВІ ЛЮДИНИ ПІД ДІЄЮ ЗАБРУДНЕНЬ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	<i>Щекатоліна С.А., Жарюк В.М.</i>	109
ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ УРБОСИСТЕМ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФЕП	<i>Вамболь С.О., Сичікова Я.О.</i>	110
ОКРАСКА ЛИТЕЙНИХ ФОРМ ПРОТИВОПРИГАРНІМИ НАНОПОРОШКОВИМИ КРАСКАМИ С ЦЕЛЮ УМЕНЬШЕННЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТІ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА	<i>Крушенко Г.Г., Двирный В.В., Решетникова С.Н.</i>	112
СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	<i>Арабаджи Я. А., Мішкою Ю. Є., Цикало А.Л., Косой Ю. І.</i>	114
ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИЙ АНАЛІЗ НЕОБХІДНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ	<i>Бойченко М., Вовк О. О.</i>	115
ЗНЕПИЛЮВАННЯ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ У ДВОКОНТУРНІЙ КОМБІНОВАНІЙ СИСТЕМІ ОЧИЩЕННЯ	<i>Бутенко А.Г., Арсірій В.А., Смик С. Ю.</i>	116
ВИЗНАЧЕННЯ РТУТНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ЗАЛЕЖНО ВІД МІСЦЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	<i>Дмитруха Т.І., Петрусенко В.П.</i>	118

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса

Підписано до друку 28.09.2016 р.
Формат 60x84/8. Папір Офс.
Ум. арк. 34,64 . Наклад 300 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С.,
73033, м. Херсон, а/с 15
e-mail: dimg@meta.ua
Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011