

## ВИСНОВОК

рецензентів про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи Костюченка Євгена Володимировича «Концентрування водних розчинів малолетких рідин в плівковому апараті з протоком нейтрального газу», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 - хімічні технології та інженерія

### 1. Актуальність теми дослідження

Процес концентрування водних розчинів малолетких рідин використовується у виробництві кислот (сульфатної, фосфорної та ін.), багатоатомних спиртів (гліцерину і етиленгліколю). Важливе значення він має у виробництві вибухових речовин (наприклад, нітратів целюлози, тринітротолуолу та інших) для регенерування відпрацьованих нітруючих сумішей. Всі ці виробництва є багатотоннажними і забезпечують значну частину обсягу продукції хімічної галузі.

Слід враховувати, що концентрування водних розчинів малолетких рідин є енерговитратним процесом через випаровування великої кількості води, а зважаючи на високі температури кипіння цих рідин, для нагрівання їх розчинів потрібні високотемпературні теплоносії, які отримують спалюванням дефіцитних видів палива (природний газ, мазут). У випадку розчинів термолабільних речовин висока температура призводить до їх розкладання.

Вказаної проблеми можна уникнути при зниженні температури концентрування розчинів малолетких та термолабільних рідин. Ефективним напрямом рішення цієї проблеми є введення в систему «рідина – пар» газу, який є нейтральним (інертним) щодо компонентів розчину. Це дозволяє проводити процес концентрування при температурі нижче температури кипіння розчину. Необхідна продуктивність обладнання, яке використовується для проведення процесу концентрування, забезпечується за рахунок збільшення поверхні випаровування, що найбільш ефективно досягається при застосуванні плівкових апаратів. З точки зору введення нейтрального газу найбільший інтерес представляють апарати з перехресною взаємодією рідкого і газового потоків. У застосуванні до концентрування водних розчинів малолетких рідин така організація взаємодії потоків дозволяє створювати раціональну компоновку апарату та забезпечувати підвищення рушійної сили процесу за рахунок зниження парціального тиску пари в газовому потоці. Внаслідок цього розробка та дослідження науково обґрунтованих методів створення високоефективних апаратів для концентрування водних розчинів малолетких рідин, в основі яких лежить аналіз гідродинамічних закономірностей і тепломасообміну, є актуальною науково-практичною задачею.

## 2. Найсуттєвіші результати дисертації, їх достовірність і новизна; значення для теорії і практики

У результаті проведеного дослідження дисертантом отримані такі нові результати:

- набули подальшого розвитку математичні моделі стікання плівки рідини, а також моделі тепломасоперенесення в ній, в частині обліку випаровування в перехресний потік нейтрального газу, і проведено на них дослідження цих процесів;

- уточнені закономірності зміни товщини плівки і її швидкості стікання в умовах випаровування в газовий потік, на основі яких показано, що інтенсивність випаровування рідкої плівки при її перехресному напрямку руху щодо газового потоку більше, ніж при прямоточному напрямку й протиточному напрямках;

- уточнені значення коефіцієнтів тепловіддачі від поверхні до плівки рідини, що стікає з неї, а також тепло – і масовіддачі від плівки в перехресний газовий потік, й отримані емпіричні рівняння для розрахунку цих коефіцієнтів;

- уперше розроблена математична модель процесу концентрування водного розчину малолеткої рідини в плівці, що стікає по вертикальній стінці в умовах випаровування перехресний потік нейтрального газу, яка дозволила встановити закономірності зміни складу розчину в плівці за висотою;

- уперше показано, що зміна концентрації водного розчину малолеткої рідини за довжиною плівки при його концентруванні випаровуванням в перехресний потік нейтрального газу пов'язана з розподілом температури за довжиною плівки, при цьому концентрація спочатку зростає лінійно з підвищенням температури плівки, потім її зміна характеризується різким підйомом при виході температури на усталене значення, яке триває до повного випаровування води;

- уперше встановлені закономірності зменшення ширини рідкої плівки, що стікає з плоскої нагрітої поверхні, пов'язаного з термокапілярним і концентраційнокапілярним ефектами, а також отримані емпіричні залежності для оцінки цього зменшення в застосуванні до води й водних розчинів гліцерину.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, ґрунтуються на достатньому обсязі теоретичних та експериментальних досліджень, є обґрунтованим й підтверджуються збігом їх результатів. У роботі використовувались сучасні експериментальні методи досліджень. Розрахунки, пов'язані з моделюванням і обробкою експериментальних даних проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel, Mathcad. Науково-практичні результати виконаної роботи пройшли апробацію на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

За результатами проведених досліджень розроблено конструкцію концентратора розчинів малолетких рідин випаровуванням у перехресний потік нейтрального газу, яка в застосуванні до концентрування водних розчинів сульфатної кислоти захищена патентом на корисну модель. Ескізний проект концентратора прийнятий Державним науково – дослідним інститутом хімічних продуктів для проектування фази регенерації відпрацьованої кислотної суміші

виробництва нітратів целюлози. Результати дисертаційних досліджень також впроваджені в навчальний процес Шосткинського інституту СумДУ.

### 3. Відповідність дисертації зазначеній спеціальності

Дисертаційна робота Костюченка Є. В. відповідає спеціальності 161 - хімічні технології та інженерія, оскільки присвячена комплексному дослідженню та розробці високоефективних апаратів для концентрування водних розчинів малолетких рідин. Дисертаційна робота виконана у відповідності до наукового напрямку кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук Шосткинського інституту СумДУ згідно зареєстрованої теми «Процеси тепло – масопереносу у плівкових випарних апаратах з протокою нейтрального газу» (номер державної реєстрації 0120U104117). Цей напрямок відповідає завданням Державної цільової програми створення та освоєння виробництв боєприпасів та продуктів спеціальної хімії.

### 4. Кількість публікацій та повнота опублікування результатів дослідження

Основні матеріали дисертації Костюченка Є. В. достатньо повно відображені у 12 публікаціях: 5 статей, зокрема 5 – у фахових виданнях з переліку МОН України, з яких 3 – у виданнях, що включені до наукометричної бази даних Scopus, 6 тез доповідей у матеріалах конференцій, отримано патент України на корисну модель, що відповідає вимогам Наказу МОН «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23,09.2019 р. № 1220.

1. Лукашев В.К., Романько С.М., Серєда В.И., Костюченко Е.В. Теплоперенос при концентрировании раствора серной кислоты испарением в поток нейтрального газа. *Вопросы химии и химической технологии*. 2018. № 4. С. 110-119.

2. Lukashov V.K., Kostiuchenko Y.V., Timofeev S.V. Hydrodynamics of a Liquid Film Downflow on a Flat Surface in Evaporation Conditions into a Flow of Neutral Gas. *Journal of Engineering Sciences*. 2019. Vol. 6, № 1 P. 19-24. DOI: 10.21272/jes.2019.6(1).f4

3. Лукашов В.К., Костюченко Е.В., Шевцова Т.М. Моделювання теплоперенесення в стікаючій плівці рідини, що випаровується в перехресний потік нейтрального газу. *Питання хімії та хімічної технології*. 2020. №. 3, С. 108-115.

4. Lukashov V.K., Kostiuchenko Y.V., Timofeev S.V., Ochowiak M. An experimental study of heat and mass transfer in a falling liquid film evaporation into a crossflow of neutral gas. *Journal of Engineering Sciences*. 2020. Vol. 7, № 1. P. 30-38, DOI: 10.21272/jes.2020.7(1).f3.

5. Лукашов В.К., Костюченко Є.В., Серєда В.И. Концентрування водних розчинів малолетких рідин в стікаючій плівці випаровуванням у перехресний газовий потік. *Питання хімії та хімічної технології*. 2021. № 3. С. 113-120.

6. Костюченко Є.В., Лукашев В.К. Математична модель стікання плівки рідини в умовах випаровування в перехресний потік нейтрального газу. *Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Шостка, 14–16 листопада 2018 р. / Шосткинський інститут СумДУ, СумДУ. Суми, 2018. С. 149–150.

7. Костюченко Е.В., Романько С.М., Лукашев В.К. Взаємодія фаз при стіканні плівки рідини в умовах випаровування в потік нейтрального газу. *Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки* : Збірник доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 13–14 грудня 2018 р. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2018. С. 12–15.

8. Костюченко Е.В., Лукашев В.К. Експериментальне дослідження тепломасопереносу в апаратах зі стікаючою плівкою рідини, що випаровується в перехресний газовий потік. *Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки* : Збірник доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції, м Київ, 4–5 червня 2020 р. / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020. С. 40–42.

9. Костюченко Е.В., Лукашев В.К. Математична модель теплопереносу при випаровуванні стікаючої плівці рідини в перехресний газовий потік. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : Матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Суми, 21–24 квітня 2020 р. / СумДУ, Суми, 2020. С. 280–281.

10. Костюченко Е.В., Лукашев В.К. Експериментальне дослідження зміни ширини стікаючої плівки рідини. *Сучасні технології у промисловому виробництві*. Матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Суми, 20–23 квітня 2021 р. / СумДУ, Суми, 2021. С. 196–197.

11. Lukashov V.K. Kostiuchenko Y.V., Timofeev S.V. Modeling heat and mass transfer during evaporation in the film apparatus with cross movement phases. *Chemical Technology and Engineering*. 3rd International Scientific Conference, с. Lviv, June 21–24<sup>th</sup>, 2021-у. / Lviv Polytechnic National University, Lviv. 2021, 48–50 p.

12. Апарат для концентрування розчину сірчаної кислоти : пат. №134162 Україна : С01В 17/88. № у 2018 10018 ; заявл. 08.10.18 ; опуб. 10.05.19, Бюл. №9. 4 с.

## 5. Висновок

Вважати, що подана дисертація Костюченка Євгена Володимировича на тему «Концентрування водних розчинів малолетких рідин в плівковому апараті з протоком нейтрального газу» за своїм науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, практичним значенням, обсягом і оформленням повністю відповідає вимогам, передбачених п.10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 року щодо дисертаційних робіт на

здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 - хімічні технології та інженерія.

**Рецензенти:**

Професор кафедри хімічної інженерії  
Сумського державного університету,  
доктор технічних наук, професор



О. О. Ляпощенко

Доцент кафедри хімічної інженерії  
Сумського державного університету,  
кандидат технічних наук, доцент



М. П. Юхименко

