

УДК 541.128.13

ОДЕРЖАННЯ АКРИЛОВОЇ КИСЛОТИ З МЕТАНОЛУ ТА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ В ПРИСУТНОСТІ СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ**Р. В. НЕБЕСНИЙ, З. Г. ПИХ, І. І. ШПИРКА, В. В. ІВАСІВ, Ю. В. НЕБЕСНА, У. В. ФУЧ**

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, УКРАЇНА
*email: nebesnyi@lp.edu.ua

АНОТАЦІЯ Запропоновано одностадійний процес одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти у присутності нових ефективних каталізаторів, що містять оксиди бору, фосфору, вольфраму та ванадію, нанесені на силікагель. Досліджено вплив температури та часу контакту на показники процесу одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти в присутності кисню; встановлено оптимальні умови здійснення процесу. Показано, що в умовах реакції крім акрилової кислоти утворюється інший цінний мономер – метилакрилат.

Ключові слова: акрилова кислота, метилакрилат, метанол, оцтова кислота, альдольна конденсація, окиснення, гетерогенний каталіз.

ACRYLIC ACID OBTAINING FROM METHANOL AND ACETIC ACID IN THE PRESENCE OF COMPLEX OXIDE CATALYSTS**R. NEBESNYI, Z. PIKH, I. SHPYRKA, V. IVASIV, Yu. NEBESNA, U. FUCH**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, UKRAINE

ABSTRACT The purpose of this work is to research process of single-stage acrylic acid obtaining from methanol and acetic acid, namely: to develop effective catalysts for the process of methanol oxidation to formaldehyde with its further aldol condensation with acetic acid to acrylic acid, and to determine optimum conditions for the process. Complex oxide catalysts consisting of oxides of boron, phosphorus, tungsten and vanadium supported on the silica gel have been investigated. The effect of vanadium and tungsten oxides content on the catalytic properties of B-P-W-V-O_x catalysts in the process of aldol condensation of acetic acid with formaldehyde in gas phase was investigated. Catalytic system with W:V atomic ratio of 2:3 is the best catalytic system for the process. The possibility of combining process of methanol oxidation to formaldehyde with aldol condensation of the latter with acetic acid to acrylic acid was investigated on the best catalyst. It was determined that B-P-W-V-O_x catalytic system is effective in the process of acrylic acid obtaining from methanol and acetic acid in the presence of air oxygen. It was shown that in reaction conditions another valuable monomer – methyl acrylate is formed, which is usually obtained industrially by esterification of acrylic acid with methanol in a separate reactor. The optimum conditions for single-stage acrylic acid obtaining from methanol and acetic acid are temperature of 623 K and residence time of 8 s, at which overall yield of acrylic acid and methyl acrylate is 30.4 % with overall acrylates selectivity 93.4 %.

Keywords: acrylic acid, methyl acrylate, methanol, acetic acid, aldol condensation, oxidation, heterogeneous catalysis.

Вступ

Акрилова кислота (АК) є багатотоннажним продуктом органічного синтезу, сучасне світове виробництво якого перевищує 4 млн т/рік та продовжує динамічно зростати. Основним напрямком використання АК є виробництво полімерних матеріалів, які завдяки своїм цінним технічним властивостям знайшли широке застосування в різноманітних сферах людської діяльності. Так, акрилову кислоту та її похідні використовують для виробництва високоякісної лакофарбової продукції, органічного скла, модифікуючих добавок до бетонів, як проміжні речовини для тонких органічних синтезів. В останні роки значна кількість АК використовується для виробництва суперабсорбентів [1].

Основним промисловим методом одержання АК є двостадійне окиснення пропілену через проміжну стадію утворення акролеїну [2]. На даний час промислове виробництво АК в Україні відсутнє, а перспективи впровадження синтезу АК окисненням пропілену є сумнівними внаслідок відсутності власної сировинної бази. Так, пропілен є сировиною нафтового походження, потребу в якій за рахунок власного видобутку Україна забезпечує тільки на 10 %. Саме тому актуальним є питання розширення сировинної бази одержання АК - розроблення нових методів її синтезу.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

В останні роки велику зацікавленість викликає синтез АК методом альдольної конденсації

карбонільних сполук [3]. Як відомо, в промисловості формальдегід (ФА) та оцтову кислоту (ОК) синтезують з метанолу [4 - 6], який одержують з синтез-газу, а вихідною сировиною для одержання синтез-газу є метан та вугілля. Зважаючи на значно більші світові запаси (зокрема і українські) метану та вугілля порівняно з запасами нафти, використання саме цих видів сировини для органічних синтезів є більш перспективним.

На даний час одержання АК методом альдольної конденсації не має промислової реалізації, що пов'язано з низькою ефективністю відомих катализаторів цього процесу та коротким терміном їх роботи внаслідок закоксування поверхні катализаторів [7]. Аналіз останніх тенденцій вдосконалення катализаторів окиснення метанолу до ФА свідчить про все частіше використання оксидних катализаторів кислотного типу для здійснення даного процесу (оксиди заліза, молібдену, ванадію) [6]. У попередніх дослідженнях нами розроблено ряд каталітичних систем процесу альдольної конденсації ОК з ФА на основі оксидів бору, фосфору, вольфраму, які також є катализаторами кислотного типу [8]. З цих міркувань доцільним було сумістити стадії окиснення метанолу до формальдегіду з процесом альдольної конденсації формальдегіду з ОК на одному катализаторі в одному реакторі, де утворений внаслідок окиснення метанолу ФА далі реагуватиме з ОК з утворенням АК. В разі успіху такий крок створює перспективи зменшення кількості стадій виробництва АК.

Додатковою перевагою одержання АК сумісним окисненням та конденсацією порівняно з двома незалежними процесами також є краща енергоефективність. Так, типовим джерелом формальдегіду на стадії альдольної конденсації ОК є формалін, який є 37 % розчином ФА у воді. Таким чином, використання формаліну призводить до постійної циркуляції в реакційній системі значної кількості води, яка до того ж негативно впливає на рівноважний процес альдольної конденсації.

Мета та завдання досліджень

Метою роботи є розроблення одностадійного методу одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти. Ключем до реалізації поставленої мети є створення катализаторів сумісного окиснення метанолу у формальдегід і альдольної конденсації формальдегіду з оцтовою кислотою в акрилову кислоту.

У роботі передбачається вирішення таких завдань:

- розроблення високоефективних складних оксидних каталітичних систем процесу одержання акрилової кислоти альдольною конденсацією формальдегіду з оцтовою кислотою;

- встановлення оптимальних умов (температура, час контакту) здійснення процесу

одержання акрилової кислоти альдольною конденсацією формальдегіду з оцтовою кислотою;

- дослідження впливу температури на протікання процесів деструктивного окиснення та визначення допустимого температурного режиму здійснення процесу сумісного окиснення метанолу та альдольної конденсації формальдегіду з оцтовою кислотою;

- дослідження процесу сумісного окиснення метанолу у формальдегід та альдольної конденсації формальдегіду з оцтовою кислотою в акрилову кислоту на катализаторі, що володіє максимальним виходом цільового продукту в процесі альдольної конденсації оцтової кислоти з формальдегідом.

В попередніх дослідженнях встановлено високу ефективність катализаторів на основі суміші оксидів бору та фосфору нанесених на силікагель марки КСС-3 промотованих оксидами молібдену, ванадію чи вольфраму [9 - 12]. Для реалізації одностадійного одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти в присутності повітря вирішено продовжити дослідження складних оксидних катализаторів кислотного типу. З цією метою розроблено нові каталітичні системи складу $B-P-W-V-O_x$. Атомне співвідношення компонентів $B:P:(W+V)$ становило відповідно 3:1:0,3. Вміст оксидів WO_3 і V_2O_5 змінювали таким чином, щоб частка ванадію в суміші оксидів перехідних металів ($WO_3 + V_2O_5$) становила 20 % (K_1), 40 % (K_2), 60 % (K_3) та 80 % (K_4).

Матеріали та методи досліджень

Досліджували каталітичні системи на основі сумішей оксидів бору та фосфору з оксидами вольфраму і ванадію з різними їх співвідношеннями. Всі катализатори приготовані методом просочування. Як носій використано силікагель марки КСКГ з питомою поверхнею 500 м²/г.

Дослідження здійснювали у реакторі проточного типу з імпульсною подачею реагентів і стаціонарним шаром катализатора. Продукти реакцій аналізували методом газової хроматографії.

Процес здійснювали в інтервалі температур 563 - 683 К при еквімолярному співвідношенні вихідних реагентів; час контакту 8 с.

Як джерело ФА для дослідження процесу альдольної конденсації ОК з ФА використовували формалін, який одержували з параформу безпосередньо перед здійсненням реакції.

Результати досліджень та їх обговорення

Першим етапом досліджень було встановлення впливу вмісту оксидів ванадію і вольфраму на каталітичні властивості $B-P-W-V-O_x$ катализаторів у процесі одержання акрилової кислоти альдольною конденсацією оцтової кислоти з формальдегідом у газовій фазі.

Як видно з Рис. 1, зі збільшенням температури здійснення процесу від 563 К до 653 К вихід АК поступово зростає. При температурі 653 К спостерігається найвище значення виходу на всіх досліджених каталізаторах каталізаторів. Найнижчий вихід акрилової кислоти при цій температурі одержано на каталізаторі K_1 – 53,9 %, а найбільший на каталізаторі K_3 – 57,0 %.

Отже, найефективнішим каталізатором в процесі альдольної конденсації оцтової кислоти з формальдегідом є каталізатор K_3 , на якому спостерігається максимальний вихід АК (57,0 %); при цьому, селективність утворення АК становить 89,0 %, а конверсія оцтової кислоти – 64,1 %. Саме каталізатор $B_2O_3-P_2O_5-WO_3-V_2O_5/SiO_2$ з атомним співвідношенням $W:V = 2:3$ було використано для реалізації одностадійного одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти у присутності кисню.

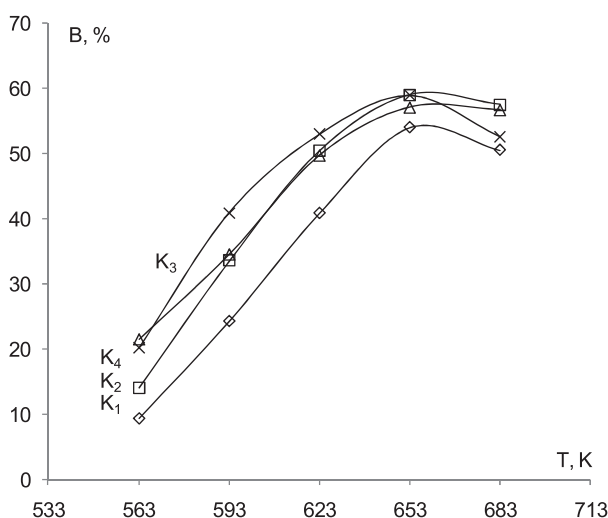


Рис. 1 – Залежність виходу АК від температури реакції в присутності каталізаторів K_{1-4} . Мольне співвідношення ОК:ФА=1:1, час контакту 8 с

Оскільки в реакційній системі присутній кисень (повітря), а температура здійснення процесу є високою (563 – 683 К), дуже ймовірним є протікання процесів повного окиснення вихідних реагентів з утворенням вуглекислого газу та води. Саме тому принципово важливим є встановлення частки протікання процесів деструктивного окиснення та визначення допустимого температурного режиму здійснення процесу одержання акрилової кислоти. З цих міркувань досліджено залежність виходу CO_2 від температури (Рис.2).

Встановлено, що при температурі 563 К вуглекислий газ не утворюється (вихід CO_2 становить 0 %), проте зі збільшенням температури його частка серед продуктів реакції зростає. Так, при 593 К вихід CO_2 становить всього 1 %, а при найвищій температурі (683 К) – близько 19 %. Допустимим

температурним інтервалом здійснення процесу вважаємо 563 – 623 К, де частка утворених продуктів деструктивного окиснення є низькою і становить 0 – 4 %.

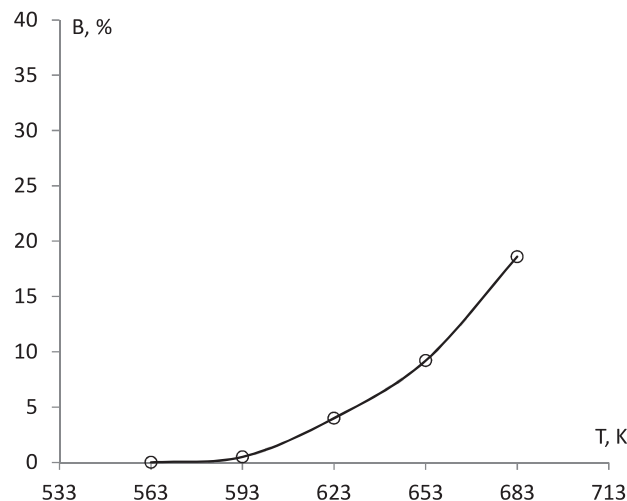


Рис. 2 – Залежність виходу CO_2 від температури реакції. Мольне співвідношення ОК:М 1:1. Час контакту 8 с.

Отже, подальші дослідження здійснювали при температурі 623 К за еквімолярного співвідношення вихідних реагентів в інтервалі часу контакту 4 – 16 с.

Наявність у системі одночасно кислоти (ОК) та спирту (метанолу) і каталізатора кислотного типу створює можливість протікання, окрім процесів окиснення та альдольної конденсації, також процесів естерифікації та альдольної конденсації утворених продуктів.

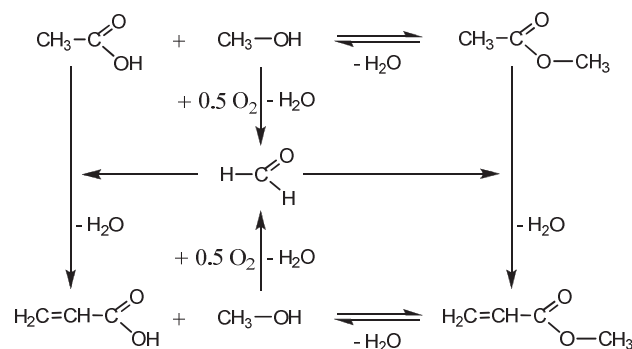


Рис. 3 – Схема перетворення реагентів та утворення цільових продуктів реакцій одностадійного синтезу АК з метанолу та ОК в присутності кисню

Так, при естерифікації ОК та метанолу утворюється метилацетат (МАц), який може вступати в реакцію альдольної конденсації з ФА, що утворився внаслідок окиснення метанолу, з утворенням цінного мономеру – метилакрилату. Метилакрилат (МАкр) може також утворюватися під час естерифікації АК та метанолу. Ще одним продуктом у даній реакції є

ацетон, що утворюється в результаті альдольної конденсації двох молекул ОК.

При виконання експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшенням часу контакту від 4 до 16 с сумарна селективність утворення АК та МАкр дещо знижується, проте їх сумарний вихід зростає, що пов'язано з підвищенням конверсії ОК (Рис. 4). Наведена на Рис. 4 сумарна селективність утворення АК і МАкр розрахована без врахування конверсії ОК в МАц, оскільки МАц, як і ОК, є вихідною речовиною для одержання МАкр.

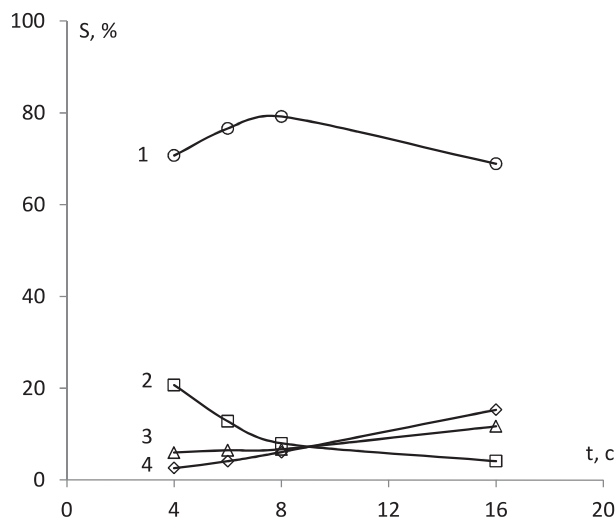


Рис. 4 – Залежність селективності утворення АК(1), МАц(2), МАкр(3), ацетону(4) від часу контакту у присутності каталізатора K_3 . Температура 623 К; мольне співвідношення ОК:М = 1:1

Критеріями при виборі оптимального часу контакту є селективність утворення АК, селективність утворення МАкр та вихід цих продуктів (Рис. 5). Максимальний сумарний вихід акрилатів (44,6 %) зафіксовано при часі контакту 16 с, проте сумарна селективність утворення акрилатів при цьому є найнижчою. Максимальна селективність утворення основного цільового продукту – АК (79,2 %) спостерігається при часі контакту 8 с, тому саме такий час контакту приймаємо за оптимальний. Сумарна селективність утворення акрилатів при цьому складає 93,4 %, а сумарний вихід акрилатів – 30,4 % при конверсії ОК за один прохід 37,7 %.

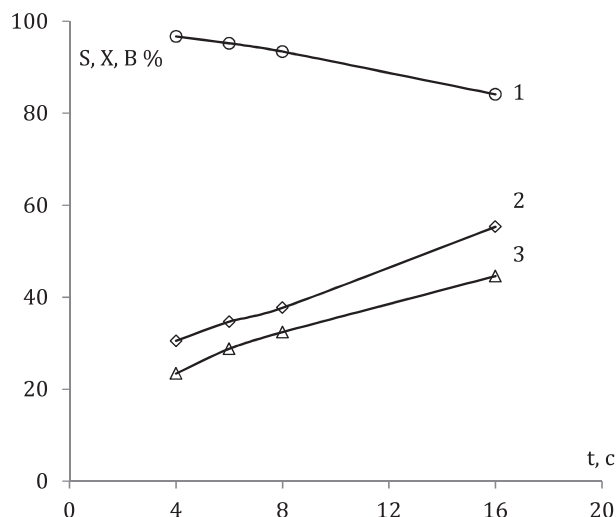


Рис. 5 – Залежність сумарної селективності утворення АК і МАкр (1), конверсії ОК (2) та сумарного виходу АК і МАкр (3) від часу контакту у присутності каталізатора K_3 . Температуру 623 К

Варто зазначити, що утворення метилакрилату у процесі одностадійного одержання АК з метанолу та ОК є позитивним явищем. В промисловості значну частину АК використовують саме для синтезу метилакрилату. Таким чином, реалізація запропонованого методу виробництва АК дозволить не тільки скоротити стадію окиснення метанолу до формальдегіду в окремому реакторі, а й дозволить скоротити стадію естерифікації АК з метанолом до метилакрилату.

Висновки

Встановлено, що каталітична система складу В–Р–W–V–O_x є ефективною у процесі одностадійного одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти.

Показано, що в процесі утворюється також інший цінний мономер – метилакрилат, який у промисловості одержують естерифікацією акрилової кислоти з метанолом в окремому реакторі.

Застосування розробленого каталізатора дозволяє одержувати акрилову кислоту та метилакрилат з сумарним виходом 30,4 % при сумарній селективності їх утворення 93,9 %. При рециркуляції непрореагованих речовин (оцтової кислоти та метилацетату) сумарний вихід акрилової кислоти та метилакрилату становитиме до 93,4 %.

Подяка

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом GP/F61/068.

Список літератури

1. **Patent 7964689 US**, Superabsorbent polymer made from acrylic acid / Stefan Nordhoff, Axel Kobus and others (DE). – filing date: 13.09.2010; publication date: 21.06.2011.
2. **Liu, C.-H.** SBA-15-supported highly dispersed copper catalysts: Vacuum-thermal preparation and catalytic studies in propylene partial oxidation to acrolein / **C.-H. Liu, N.-C. Lai, J.-Fu Lee, C.-S. Chen, C.-M. Yang.** // *Journal of Catalysis*. – 2014. – Vol. 316. – P. 231 - 239.
3. **Nagai, K.** New developments in the production of methyl methacrylate / **Koichi Nagai** // *Applied Catalysis A: General*. – 2001. – Vol. 221 (1 - 2). – P. 367-377.
4. **Kazemeinia, M.** Minimizing CO₂ Formation in Ir-Catalyzed Methanol Carbonylation Process / **M. Kazemeinia, V. Hosseinpour** // *Procedia Engineering, CHISA*. – 2012, Aug. 2012. – Vol. 42. – P. 1179-1188.
5. **Ormsby, G. A.** Methanol-only route to acetic acid / **G. Ormsby, J. S. J. Hargreaves, E. J. Ditzelb** // *Catalysis Communications*. – 2009. – Vol. 10 (9). – P. 1292-1295.
6. **Patent 6624332 US**, In situ formation of metal-molybdate catalysts for methanol oxidation to formaldehyde / I. Wachs, L. Briand / September 23, 2003.
7. **Patent 0343319 US**, Process for preparing acrylic acid with high space-time yield / M. Goebel et al. // BASF SE., 2014.
8. **Івасів, В. В.** Фізико-хімічні властивості поверхні В₂О₃ – Р₂О₅ – МеОх/SiO₂ каталізаторів та їх вплив на параметри процесу альдольної конденсації пропіонової кислоти з формальдегідом / **Івасів В. В., Піх З. Г. Жизневський В. М., Небесний Р. В.** // *Доповіді НАН України*. – 2011. – №11. – С. 126 - 130.
9. **Nebesnyi, R.** Acrylic acid obtaining by acetic acid catalytic condensation with formaldehyde. / **R. Nebesnyi, V. Ivasiv, Y. Dmytruk, N. Lapychak** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2013. – Vol. 6/6(66). – P. 40 - 42.
10. **Nebesnyi, R.** Complex oxide catalysts of acrylic acid obtaining by aldol condensation method. / **R. Nebesnyi** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2015. V. 1, N 6(73). – P. 13-16.
11. **Nebesnyi, R.** Determination of Optimal Parameters of Acrylic Acid Synthesis by Aldol Condensation Method on B₂O₃-P₂O₅-WO₃-V₂O₅/SiO₂ Catalysts / Roman Nebesnyi, Iryna Shpyrka, Volodymyr Ivasiv, Yulia Dmytruk // 10th International PhD Students and Young Scientists Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology 2015". – Warsaw, Poland. – 56 p.
12. **Nebesnyi, R.** Single Stage Acrylic Acid Obtaining based on Methanol and Acetic Acid / **R. Nebesnyi, I. Shpyrka, A.-B. Shatan, A. Lukiyanchuk, V. Ivasiv, Yu. Nebesna, N. Lapychak** // 4th International Academic Conference "Chemistry and Chemical Technology 2015" (CCT – 2015): Proceedings of the 5th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus". – Lviv, November 26 - 28, 2015. – P. 384-385.

Bibliography (transliterated)

1. **Patent 7964689 US**, Superabsorbent polymer made from acrylic acid / Stefan Nordhoff, Axel Kobus and others (DE). – filing date: 13.09.2010; publication date: 21.06.2011.
2. **Liu, C.-H.** SBA-15-supported highly dispersed copper catalysts: Vacuum-thermal preparation and catalytic studies in propylene partial oxidation to acrolein / **C.-H. Liu, N.-C. Lai, J.-Fu Lee, C.-S. Chen, C.-M. Yang.** // *Journal of Catalysis*. – 2014. – Vol. 316. – P. 231-239.
3. **Nagai, K.** New developments in the production of methyl methacrylate / **Koichi Nagai** // *Applied Catalysis A: General*. – 2001. – Vol. 221 (1 - 2). – P. 367-377.
4. **Kazemeinia, M.** Minimizing CO₂ Formation in Ir-Catalyzed Methanol Carbonylation Process / **M. Kazemeinia, V. Hosseinpour** // *Procedia Engineering, CHISA*. – 2012, Aug. 2012. – Vol. 42. – P. 1179-1188.
5. **Ormsby, G. A.** Methanol-only route to acetic acid / **G. Ormsby, J.S.J. Hargreaves, E.J. Ditzelb** // *Catalysis Communications*. – 2009. – Vol. 10 (9). – P. 1292-1295.
6. **Patent 6624332 US**, In situ formation of metal-molybdate catalysts for methanol oxidation to formaldehyde / I. Wachs, L. Briand / September 23, 2003.
7. **Patent 0343319 US**, Process for preparing acrylic acid with high space-time yield / M. Goebel [et al] // BASF SE., 2014.
8. **Ivasiv, V.V.** Fyzyko-khimichni vlastyivosti poverkhni B₂O₃ – P₂O₅ – MeOkh/SiO₂ katalizatoriv ta yikh vplyv na parametry protsesu al'dol'noyi kondensatsiyi propionovoyi kysloty z formal'dehidom / **Ivasiv V.V., Pikh Z.H. Zhyznevs'ky V.M., Nebesnyy R.V.** // *Dopovidi NAN Ukrayiny*. – 2011. – №11. – S. 126-130.
9. **Nebesnyi, R., Ivasiv, V., Dmytruk, Y., Lapychak, N.** Acrylic acid obtaining by acetic acid catalytic condensation with formaldehyde. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2013, 6/6(66), 40-42.
10. **Nebesnyi, R.** Complex oxide catalysts of acrylic acid obtaining by aldol condensation method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2015. V. 1, N 6(73). – P. 13-16.
11. **Nebesnyi, R.** Determination of Optimal Parameters of Acrylic Acid Synthesis by Aldol Condensation Method on B₂O₃-P₂O₅-WO₃-V₂O₅/SiO₂ Catalysts / Roman Nebesnyi, Iryna Shpyrka, Volodymyr Ivasiv, Yulia Dmytruk // 10th International PhD Students and Young Scientists Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology 2015". – Warsaw, Poland. – R. 56.
12. **Nebesnyi, R.** Single Stage Acrylic Acid Obtaining based on Methanol and Acetic Acid / **R. Nebesnyi, I. Shpyrka, A.-B. Shatan, A. Lukiyanchuk, V. Ivasiv, Yu. Nebesna, N. Lapychak** // 4th International Academic Conference "Chemistry and Chemical Technology 2015" (CCT – 2015): Proceedings of the 5th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus". – Lviv, November 26 – 28, 2015. – P. 384-385.

Відомості про авторів (About authors)

Небесний Роман Володимирович – кандидат технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка», докторант кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; e-mail: nebesnyi@lp.edu.ua.

Roman Nebesnyi – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Lviv Polytechnic National University, Habilitant, Department of Technology of organic products; Lviv, Ukraine; e-mail: nebesnyi@lp.edu.ua.

Піх Зорян Григорович – доктор хімічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; e-mail: pikh@lp.edu.ua.

Zorian Pikh – Doctor of Chemical Sciences (D.Sc.), Professor, Lviv Polytechnic National University, Head of Department of Technology of organic products; Lviv, Ukraine; e-mail: pikh@lp.edu.ua.

Шпирка Ірина Іванівна – аспірант кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка»; м. Львів, Україна; e-mail: irynashpirka@mail.ru.

Ірина Шпырка – PhD student of Department of Technology of organic products, Lviv Polytechnic National University; Lviv, Ukraine; e-mail: irynashpirka@mail.ru.

Івасів Володимир Васильович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет «Львівська політехніка», докторант кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; e-mail: el.spectre.x@gmail.com.

Volodymyr Ivasiv – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Research Fellow, Lviv Polytechnic National University, Habilitant of Department of Technology of organic products; Lviv, Ukraine; e-mail: el.spectre.x@gmail.com.

Небесна Юлія Віталіївна – аспірант кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; e-mail: yulia.nu.lp@gmail.com.

Yulia Nebesna – PhD student of Department of Technology of organic products, Lviv Polytechnic National University; Lviv, Ukraine; e-mail: yulia.nu.lp@gmail.com.

Фуч Уляна Василівна – аспірант кафедри технології органічних продуктів; м. Львів, Україна; e-mail: ylankafy4@mail.ru.

Uliana Fuch – PhD student of Department of Technology of organic products, Lviv Polytechnic National University; Lviv, Ukraine; e-mail: ylankafy4@mail.ru.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Небесний, Р. В. Одержання акрилової кислоти з метанолу та оцтової кислоти в присутності складних оксидних каталізаторів / **Р. В. Небесний, І. І. Шпирка, В. В. Івасів, Ю. В. Небесна, У. В. Фуч** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 125 - 130. – ISSN 2079-5459.

Please cite this article as:

Nebesnyi, R. V., Shpyrka, I. I., Ivasiv, V. V., Nebesna, Y. V., Fuch, U. V. Acrylic acid obtaining from methanol and acetic acid in the presence of complex oxide catalysts. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 125 - 130. – ISSN - 2079-5459.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Небесный, Р. В. Получение акриловой кислоты из метанола и уксусной кислоты в присутствии сложных оксидных катализаторов / **Р. В. Небесный, И. И. Шпирка, В. В. Ивасив, Ю. В. Небесная, У. В. Фуч** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 125 - 130. – ISSN 2079-5459.

АННОТАЦІЯ Предложен одностадийный процесс получения акриловой кислоты из метанола и уксусной кислоты в присутствии новых эффективных катализаторов, состоящих из оксидов бора, фосфора, вольфрама и ванадия, нанесенных на силикагель. Исследовано влияние температуры и времени контакта на параметры процесса получения акриловоо кислоты из метанола и уксусной кислоты в присутствии кислорода; определены оптимальные условия осуществления процесса. Показано, что в условиях реакции образуется другой ценный мономер – метилакрилат

Ключевые слова: акриловая кислота, метилакрилат, метанол, уксусная кислота, альдольная конденсация, окисление, катализаторы

Надійшла (received) 08.12.2015