

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-272-2-106-109>

УДК 66.094

## РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЕЖЕКЦІЙНОГО ТИПУ

Шабрацький С.В., Шабрацький В.І., Тараненко Г.В.

## DEVELOPMENT AND USE OF EJECTION TYPE MIXING DEVICES

Shabratsky S.V., Shabratsky V.I., Taranenko G.V.

*Наведені результати дослідження роботи технологічної схеми сульфурвання алкилбензолів газоподібним сірчанам ангідридом. На підставі аналізу роботи установки та опрацьованих літературних даних розроблені сульфуратори об'ємного типу для отримання сульфонолу НП-3. Отримані результати експериментальних досліджень, дозволяють змодельовати промислову установку для газорідних процесів, зокрема для процесу сульфурвання. Зроблена спроба довести, що використання апаратів з барботерами, для вводу газового реагенту для екзотермічної реакції сульфурвання в системі газ-рідина є ресурсно-витратним та громіздким в апаратурному оформленні. Наведені результати дослідження гідродинаміки нових ефективних конструкцій пристроїв, які знайшли широке застосування при апаратурному оформленні періодичних та безперервних процесів змішування в рідких середовищах.*

*Синтез нових речовин потребує постійного удосконалення, розробки та впровадження нових технологій і апаратурного оформлення для проведення фізико-хімічних перетворень в гетерогенних системах типу газ-рідина. Для проведення таких процесів найбільшого розповсюдження в хімічній і нафтохімічній та фармацевтичній промисловості отримали об'ємні апарати з перемішувачами. Ці процеси розрізняються в залежності від фізико-хімічних властивостей речовин, складу взаємодіючих фаз, швидкістю реакції та інтенсивністю тепловиділення. Серед них велике значення мають процеси масопередачі в системі газ-рідина.*

*У класичних апаратах об'ємного типу газоподібний реагент зазвичай подається під мішалку через барботер різних конструкцій. Основним показником, що характеризує ефективність цих реакторів є поверхня контакту фаз, яка досягається перемішувачами, серед яких використовуються відкриті турбінні мішалки стандартного типу. В той же час в процесах, що супроводжуються хімічною реакцією, наприклад, процесах хлорування, сульфурвання, озонування і інших, якість і кількість продуктів реакції часто залежать: від раціонального вибору апаратурного оформлення, від способу вводу газового реагенту у зону реакції та загальної гідродинаміки в реакторі.*

**Ключові слова:** сульфурвання, самоусмоктувальна мішалка, масообмінний апарат, система газ – рідина.

**Вступ.** Важливим фактором, що забезпечує ефективність гідродинамічних, теплових та масообмінних процесів, а також процесів хімічних перетворень є перемішування.

Аналіз конструкцій апаратів з перемішувачами, свідчить про наявність двох типів мішалок з нормальним впливом на середовище і з впливом, що носить характер деформації зсуву [1].

Найбільш простими з мішалок, що швидко обертаються, з нормальним впливом на середовище є турбінні. Було зроблено низку спроб удосконалення, мішалок, що є вимогами конкретних технологічних процесів. До таких удосконалених конструкцій слід віднести мішалки ежекційного типу, напіввідкриті мішалки, диспергуючі з перфорацією та з лопатками спеціальної форми.

Для деяких процесів, зокрема для процесів, що протікають в трифазних системах, застосовуються комбіновані мішалки або мішалки спеціальних конструкцій. Комбінування мішалок пов'язано очевидно, з тим, що окремі конструкції мішалок забезпечують одне з двох: або інтенсивне диспергування газу або рівномірний розподіл твердої фази. Поєднання зазначених конструкцій дає можливість як диспергування газу, так і рівномірно розподілити в об'ємі перемішування тверді частинки.

**Експериментальна частина.** Мішалки для диспергування часто оснащуються статором [2]. У цьому випадку значна частина енергії радіального потоку, що відкидається мішалкою, дисипується на статорних лопатках, диспергуючи одну з фаз. Різні конструкції статора дозволяють варіювати величину цієї енергії.

При апаратурному оформленні безперервних технологічних процесів, а також змішуванні взаємно нерозчинних рідин і насичення рідин газами практичну цінність становлять самоусмоктуючі мішалки. Пристрій для перемішування рідин (рисунок 1) складається з порожнистого циліндричного ротора 1

з осовим вхідним каналом 2, на твірній поверхні ротора є прорізи 3 з закріпленими радіальними порожнистими лопатями 4 циліндричної форми з вихідними отворами 5, на фронтальній поверхні лопаті вхідний канал має округлу форму, радіус якої складає 0,5-1,0 діаметр лопаті. На рисунку 1 вид А-А позначений поперечний перетин пристрою для перемішування рідин та його (Б) збільшене зображення з вказівкою радіуса округлення. За допомогою циліндра 6, розташованого в верхній частині, пристрій закріплюється на валу реактора.

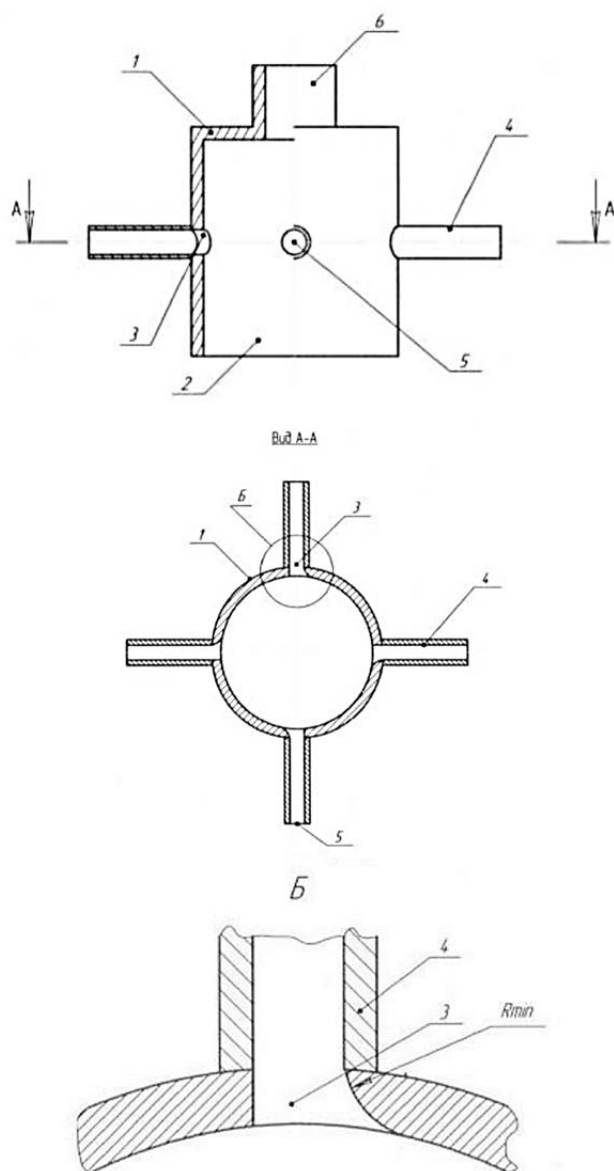


Рис. 1 Пристрій для проведення газорідних реакцій

При обертанні мішалки рідина засмоктується через вхідний канал 2 і під дією відцентрових сил витікає з порожнини ротора через вхідні канали 3 в середовище, що перемішується, утворюючи пучок струменів, що розходяться до площини обертання. При цьому відбувається інтенсивна турбулізація

рідини, що перемішується в області, що омивається лопатями мішалки.

При використанні перемішувачів пристроїв в реакторах для проведення рідкофазних процесів зазначена конструкція працює як в режимі примусової подачі компонентів, що змішуються, так і в режимі самоусмоктування, коли подача в змішувач забезпечується вакуумом на вході в ротор. З метою отримання відповідних залежностей проводилися дослідження визначення витрат рідини через порожнину ротора у зазначеному режимі. І тому застосовувалася установка, схема якої зображено на рисунку 2.

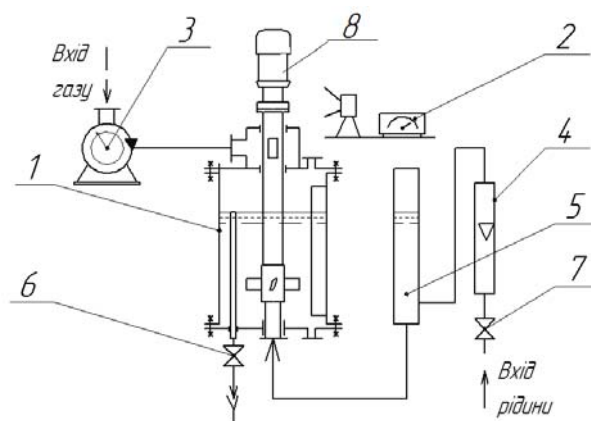


Рис. 2. Схема експериментального стенда для проведення гідродинамічних випробувань в апараті об'ємного типу з самоусмоктуючими ежекційними мішалками: 1 – апарат об'ємного типу з самоусмоктуючою мішалкою; 2 – електронний стробоскопічний тахометр; 3 – газовий лічильник; 4 – ротаметр для рідини; 5 – проміжний прозорий стакан; 6 – кран; 7 – регулюючий вентиль; 8 – електродвигун

Для визначення тривалості зміни до необхідного ступеня гомогенності були проведені експерименти в апаратах діаметром  $D_{\text{ап}} = 0,26 \text{ м}$ ;  $0,3 \text{ м}$ ;  $0,4 \text{ м}$  з відбивачами перегородками розміру  $0,1$  діаметра. Діаметр циліндричної частини ротора становить  $d=0,065 \text{ м}$ , кількість лопаток ротора – шість. Час гомогенізації визначалося кондуктометричним способом. В період проведення лабораторних випробувань було виготовлено два типи роторів, які відрізнялися конфігурацією вхідного каналу в порожнисті лопаті: з прямими вхідними кромками та зі змінною конфігурацією вхідної кромки, що прилягає до лобової поверхні порожнистої лопаті.

Ці мішалки, в разі необхідності, можуть працювати в режимі самоусмоктування по газовій фазі, по рідині або в режимі газ-рідина, для цього в самоусмоктуючих мішалках перекривалися газовий або рідинний канали за допомогою гумової пробки. В якості середовища, що перемішується застосовувалися дистильована вода і водно-гліцеринові розчини, трасером служив розчин хлориду барію. У ході проведення попередніх досліджень встановлено, що швидкість гомогенізації залежить, як співвідношен-

ня діаметрів мішалки та апарату, так і від співвідношення діаметрів мішалки та циліндричної частини ротора мішалки. Значною мірою час гомогенізації залежить від висоти заповнення апарату.

**Висновки.** У роботі [3,4] при дослідженні рівномірності розподілу фаз при розмішуванні взаємно нерозчинних рідин встановлено, що максимальна рівномірність розподілу фази можлива при використанні таких перемішувачів пристроїв, які забезпечують достатню аксильну швидкість для підйому фази на всю висоту апарату і зменшує радіальну складову, що створює градієнт концентрації по радіусу. З метою інтенсифікації процесу емульгування виявився доцільним, встановлений в апараті 1, роторно-струминний перемішувач пристрій 2 з порожнистими лопатками (рисунок 3). Пристрій [5] дозволяє прискорити процес емульгування і, крім того, статора теплоносія температура середовища підтримується на одному рівні.

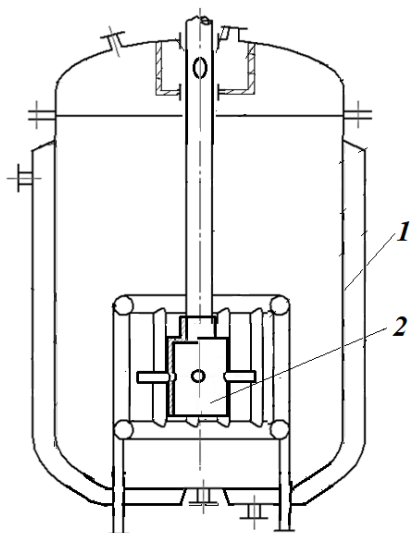


Рис. 3. Варіант виконання апарату з перемішувачим пристроєм для проведення процесу

Розроблені конструкції перемішувачів пристроїв успішно пройшли промислові випробування та впроваджені у виробництво зі значним економічним ефектом. Наприклад, у роботі пристрій було впроваджено у виробництво сульфону на стадії сульфування алкілбензолів газоподібним сірчанам ангідридом. Велика кількість патентів та авторських свідоцтв на методи апаратурного оформлення процесу сульфування вуглеводнів лише сірчанам ангідридом свідчить про недосконалість цього процесу. Однією з основних проблем сульфування вуглеводнів сірчанам ангідридом є відведення тепла реакції сульфування, т.к. це тепло виділяється практично миттєво при введенні газу в рідину. Реакційна маса, при будь-якому способі відведення тепла, має низький коефіцієнт тепловіддачі, що призводить до місцевих перегрівів реакційної маси. Спостерігається як погіршення якості продукту реакції, а й утворення гудрону, а окремих випадках, відбувається обугливание вуглеводнів.

Застосування пристрою дозволило вирішити проблему введення сірчаного ангідриду в реакційну масу і швидке відведення тепла із зони найбільш інтенсивної реакції сульфування, що протікає.

### Література

1. Войнов Н.А. Современные проблемы и методы биотехнологии: Красноярск: ИПК СФУ, 2009. 418 с.
2. Methods of Mixing Liquids and Apparatus therefor . пат 1104032 Великобритания. МПК B01F. опубл. 21.02.68
3. Бальцежак С.В. Гидродинамика и массоотдача в жидкой фазе у границы газ-жидкость в двухфазных (газ-жидкость) и трехфазных (газ-жидкость-твердое тело) системах в барботажных аппаратах с механическим перемешиванием. дис. канд. техн. наук: 05.17.08, 1982. 205 с.
4. Шабрацкий В.И., Мартыненко Н.А. Сульфирование углеводородов в производстве сульфенола НП-3. Химия и химическая технология. 1987. (№ 4) С. 36-38.
5. Пристрій для перемішування рідин пат 60097 Україна Опубл. 2011 р., Бюл. № 11.

### References

1. Vojnov N.A. Sovremennye problemy i metody biotekhnologii: Krasnojarsk : IPK SFU, 2009. 418 s.
2. Methods of Mixing Liquids and Apparatus therefor . пат 1104032 Velikobritanija. MPK V01F. opubl. 21.02.68
3. Bal'cezhak S. V. Gidrodinamika i massootdacha v zhidkoj faze u granicy gaz-zhidkost' v dvuhfaznyh (gaz-zhidkost') i trehfaznyh (gaz-zhidkost'-tverdoe telo) sistemah v barbotazhnyh apparatah s mehanicheskim peremeshivaniem. dis. kand. tehn. nauk: 05.17.08, 1982. 205s.
4. Shabrackij V.I., Martynenko N.A. Sul'firovanie uglevodov v proizvodstve sul'fonola NP-3. Himija i himicheskaja tehnologija. 1987. (№ 4) S. 36-38.
5. Pristrij dlja peremishuvannja ridin pat 60097 Ukraine Opubl. 2011 r., Bjul. № 11.

### Shabratsky S.V., Shabratsky V.I., Taranenko G.V. Development and use of ejection type mixing devices

Reaction vessels with mixing devices are often used in the chemical and petrochemical industry for gas-liquid mass transfer processes in which the mixing has a decisive influence on the process. During the rotation of the mixer in the tank, flows with different speeds and directions are generated, which cause turbulent and circulation currents the intensity of which depends on the constructive features of the mixing device, rotation speed and properties of the mixed fluid. Most recently, in tank vessels designed for gas-liquid reactions, self-sucking mixers have been used as mixing devices, which, according to the authors, are more efficient due to the fact that the carrying out of these processes in proposed reactors does not require any extra capacity in addition to reagent gas feeding lines or an extra stage for exhaust gas purification which would make the process scheme more complicated. This is especially noticeable when using reaction vessels with self-sucking mixers for carrying out sulfonation reactions of aromatic hydrocarbons with sulfur trioxide-air mixtures or in chlorination of hydrocarbons with gaseous chlorine, the quality of which reactions affects the yield of the end product. The new self-sucking mixing devices is proposed, in addition to their main function – absorption and distribution of gas reagent – must perform a rational distribution of the energy in-

roduced into the reaction zone in accordance with the specific processes and provide an initial contact of reagents under positive displacement conditions. Such conditions can be created by means of self-sucking mixers by placing within a hollow rotor of ejection membrane which allows both the gas and fluid reagents be sucked simultaneously. Also, the great interest is the issue of mixing power determination of mixers designed for processes in gas-liquid systems, which can be an essential component in designing reaction vessels using effective mixing devices of self-sucking type for both liquid and gaseous phases. For this reason, the mixing power calculation of self-sucking mixers for gas-liquid processes is an important part in the design of reaction vessels.

**Keywords:** sulfonation, chlorination, ozonation, flow coefficient, self-priming mixer, indanthrone, anthraquinone, alkyl benzene.

**Шабрацький Сергій Володимирович** – к.т.н., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), [shabrackij\\_sv@snu.edu.ua](mailto:shabrackij_sv@snu.edu.ua)

**Шабрацький Віктор Іванович** – к.т.н., доц., доцент кафедри фармації, виробництва та технологій, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), [shabrackij@snu.edu.ua](mailto:shabrackij@snu.edu.ua)

**Тараненко Геннадій Володимирович** – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк), [taranenko\\_gv@snu.edu.ua](mailto:taranenko_gv@snu.edu.ua)

Стаття подана 03.02.2022 р.