

УДК 66.071.5:532.529

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООБМЕНА В ДВУХФАЗНОМ ПОТОКЕ В СИСТЕМЕ «ЖИДКОСТЬ – ЖИДКОСТЬ» В МИКРОРЕАКТОРЕ

В. В. РОМАНОВА¹, Р. Ш. АБИЕВ²¹Институт аналитического приборостроения РАН

²Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)
Санкт-Петербург, Россия

В последние десятилетия микрореакторы различного принципа действия обладают важными преимуществами в интенсификации процессов тепло- и массопереноса для синтеза органических соединений, полимерных микро- и наночастиц, неорганических материалов. В качестве части микросистемы они способствуют осуществлению различных контролируемых химических реакций [1]. Несмотря на это, до сих пор остаётся нерешённым вопрос о доминирующей роли конвекции или диффузии в массообменных процессах в двухфазных потоках микроканальных устройств.

Настоящее исследование направлено на анализ влияния частоты циркуляции на коэффициент массопереноса в микроканалах в системе «жидкость – жидкость» для определения роли конвекции. Для достижения поставленной цели проведены эксперименты по изучению массопереноса в системе «жидкость – жидкость» с использованием экстракции янтарной кислоты, в условиях двухфазного «снарядного» (тейлоровского) режима течения в модельной системе, состоящей из воды, янтарной кислоты и н-бутанола. Эксперименты проводились в установке со стеклянным микроканалом, в начале которого расположен соосно-сферический диспергатор диаметром 3,8 мм (рис. 1).

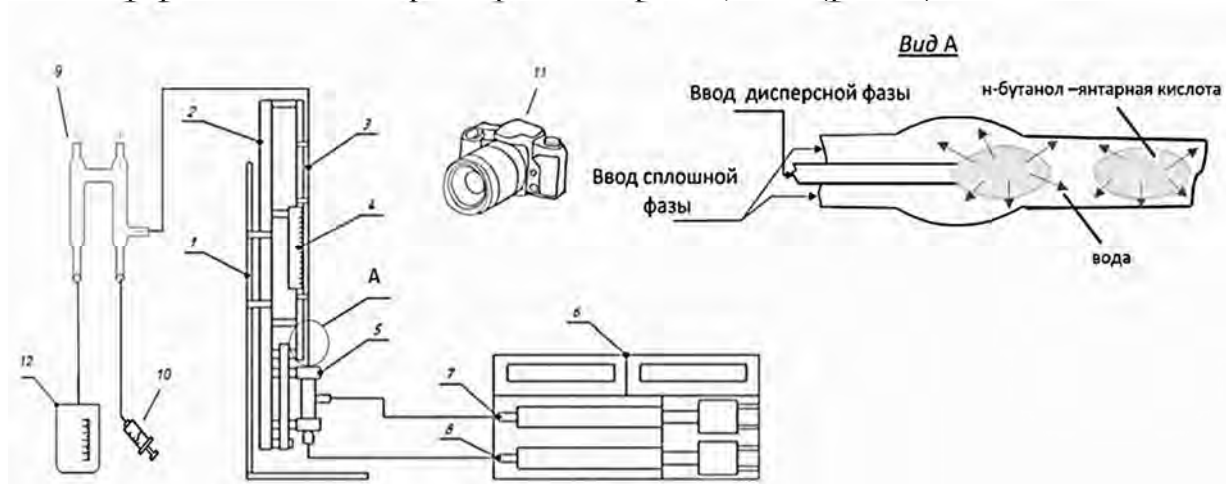


Рис. 1. Схема экспериментальной установки с общим видом соосно-сферического диспергатора: 1 – штатив; 2 – держатель; 3 – микроканал ($d_c = 1,3$ мм, длина $L = 455$ мм); 4 – прозрачная линейка (цена деления 1 мм); 5 – Т-образный блок сопряжения трубок подвода фаз; 6 – шприцевой двухканальный насос модели SYRINGE PUMP SN-50f6 (погрешность 0,02 мл/ч); 7 – шприц для ввода сплошной фазы; 8 – шприц для ввода дисперсной фазы; 9 – сепаратор; 10 – шприц для отбора проб; 11 – цифровая фотокамера Canon 40D со вспышкой; 12 – сборник

Анализ экспериментальных данных для расчета коэффициента массопереноса проводился на основе двухфазной модели Льюиса – Уитмена. В ходе исследований выявлены условия стабильного снарядного режима течения при объемных расходах фаз от 0,67 до 2,67 мл/мин и получены аппроксимации для вычисления удельной поверхности контакта фаз a , коэффициентов массопереноса. Установлены зависимости коэффициентов массопереноса от частоты циркуляции в капле сплошной фазы, которые вынесены на рис. 2, по формуле [2]

$$f_{circ} = \frac{U_{TP} - U_D / 2}{2L_S},$$

где U_{TP} – скорость двухфазного потока, м/с; U_D – скорость капли, м/с; L_S – длина снаряда (слага), м.

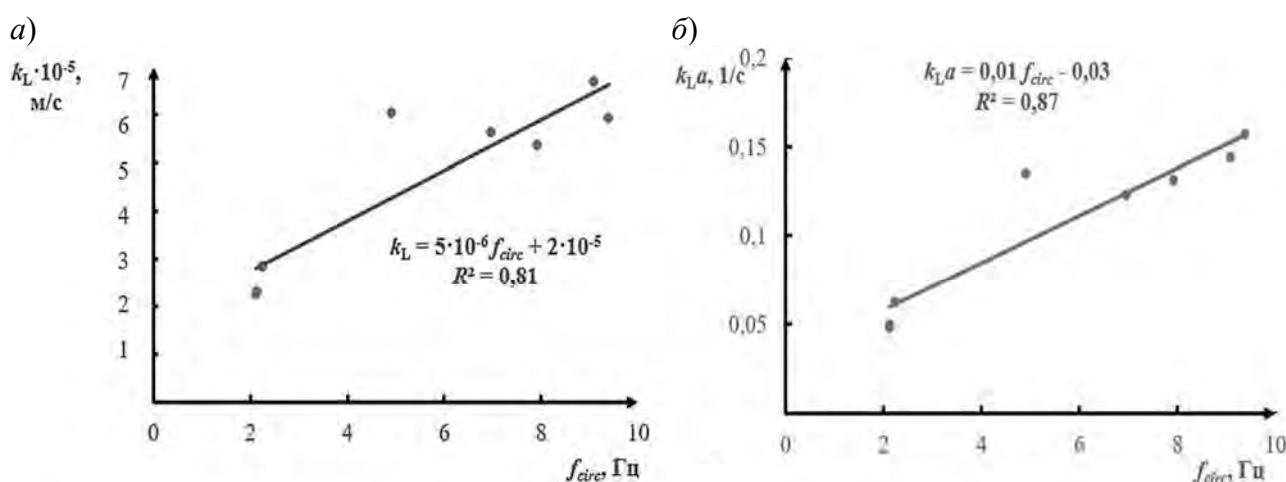


Рис. 2. Корреляции экспериментальных значений коэффициентов массопереноса k_L (а) и k_La (б) с частотой циркуляции f_{circ}

Выявлено, что коэффициенты массопереноса k_L и k_La пропорциональны частоте циркуляции f_{circ} со значениями 2,12...9,39 Гц в микроканале для системы «вода – янтарная кислота – н-бутанол» с коэффициентами детерминации $R^2 = 0,81$ и $R^2 = 0,87$, что подтверждает значительное влияние конвективного переноса за счет тейлоровских вихрей на общий массоперенос в системе «жидкость – жидкость» в микроканале.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effect of mixing on mass transfer characterization in continuous slugs and dispersed droplets in biphasic slug flow microreactors / Y. Liu, Q. Zhao, J. Yue [et al.] // Chemical Engineering Journal. – 2021. – Vol. 406, № 126885.
2. Mass transfer characteristics and concentration field evolution for gas-liquid Taylor flow in milli channels / R. S. Abiev, C. Butler, E. Cid [et al.] // Chemical Engineering Science. – 2019. – P. 1331–1340.