



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

XII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

| | | |
|-----|--|------|
| 14. | ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У ХОЛОДИЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ | 203 |
| 15. | ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НАНОЧАСТИЦ AL₂O₃ НА ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ ДОМШОК | 206 |
| 16. | КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА В ХОЛОДОАГЕНТАХ R600A ТА R290 ПО КОНТУРУ ХОЛОДИЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ | 209 |
| 17. | СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ О-КСИЛОЛА ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА C₆₀ | 211 |
| 18. | ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНОВ C₆₀ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕТРАЛИНА | 214 |
| 19. | ВПЛИВ ДОМШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА TEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ | 217 |
| 20. | ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮІДІВ | 220 |
| | ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ | стр. |
| 1. | АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ | 223 |
| 2. | ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ | 227 |

УДК 544.355-16+544.77

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ О-КСИЛОЛА ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА C₆₀

Железный В.П., Ханчич К.Ю., Мотовой И.В., Турбуркат К.Ф.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, zheleznyv@gmail.com

Нанофлюиды в последние годы все чаще является предметом исследований в прикладных задачах, ориентированных на повышение эффективности энергетического оборудования. Целью подобных исследований является внедрение в практику использования высокоэффективных новых рабочих тел и теплоносителей с добавками наночастиц [1].

В большинстве опубликованных работ указывается, что примеси наночастиц способствуют увеличению теплопроводности, повышению давления насыщенных паров, уменьшению поверхностного натяжения и теплоемкости, интенсификации процессов теплообмена при конвекции и фазовых переходах. Несмотря на большое количество опубликованных статей, посвященных экспериментальным исследованиям влияния наночастиц на теплофизические свойства базовых жидкостей, до сих пор остаются недостаточно разработанными термодинамические модели прогнозирования этих свойств для нанофлюидов [1]. По мнению ряда авторов [1, 2], сложившаяся ситуация связана с отсутствием корректного учета структурных изменений в базовых жидкостях при добавлении в них наночастиц на термодинамические свойства нанофлюидов.

С учетом последнего замечания значительный интерес представляет исследование растворов фуллеренов в ароматических углеводородах. В этих растворах вокруг молекул фуллеренов отсутствует поверхностных слой молекул базовой жидкости. К необычным свойствам растворов фуллеренов в ароматических углеводородах следует отнести сложную температурную зависимость растворимости фуллеренов в некоторых растворителях, нелинейный характер изменения ряда теплофизических свойств при небольших концентрациях фуллеренов [2].

Эти и некоторые другие особенности поведения фуллеренов в растворах объясняются предсказанным недавно теоретически и обнаруженным экспериментально явлением образования в растворе структурных аномалий [2]. Поэтому очевидно, что для полной реализации всех возможностей существующих методов получения, разделения и очистки фуллеренов с использованием ароматических углеводородов необходимо не только глубокое понимание особенностей их поведения в растворах, но и знание их теплофизических свойств. Поэтому изучение температурной и концентрационной зависимости плотности и вязкости растворов фуллеренов в ароматических углеводородах имеет большое практическое и научное значение.

В качестве объектов данного исследования были рассмотрены нанофлюиды о-ксилол/фуллерены C₆₀. Для приготовления нанофлюидов были использованы фуллерены C₆₀ (CAS# 99685-96-8) с чистотой 99.54% (Китай, Suzhou Dade Carbon Nanotechnology Co., DCNC60201504001) и о-ксилол (CAS# 95-47-6) с чистотой 99.76% (Украина, ТУ 38.101254-72).

Следует заметить, что ряд авторов указывают на существование двухстадийной концентрационной зависимости физических свойств растворов фуллеренов в органических растворителях [2], которая была изучена только в узком интервале температур. Таким образом, температурно-концентрационная зависимость плотности и вязкости растворов о-ксилол/фуллерены C₆₀ по прежнему остается недостаточно изученной. Поэтому целью настоящего исследования является получение данных о влиянии фуллеренов C₆₀ на плотность и вязкости о-ксилола в диапазоне концентраций фуллеренов 0-0.55 масс.% при температурах 283-343 К.

Образцы растворов о-ксилол/фуллерены C₆₀ готовили методом взвешивания с последующей ультразвуковой гомогенизацией. Концентрацию фуллеренов C₆₀ в нанофлюиде определяли методом взвешивания с использованием электронных аналитических весов AND GR-300.

Плотность растворов о-ксилол/фуллерены C_{60} исследовалась в области гомогенного существования растворов пикнометрическим методом. Значительный интерес представляет концентрационная зависимость плотности нанофлюидов о-ксилол/ фуллерены C_{60} (см. рисунок 1).

При анализе результатов исследования плотности растворов о-ксилол/ C_{60} обнаружено существование двух различных участков (I и II) (см. рисунок 1), разделенных зоной минимума в области малых концентраций фуллерена C_{60} в о-ксилоле (примерно - 0,055 масс.%). Особое внимание обращает на себя участок I, на котором наблюдается уменьшение плотности нанофлюидов о-ксилол/фуллерены C_{60} относительно чистого о-ксилола при малых концентрациях фуллерена C_{60} (интервал концентраций 0-0,055 масс.%).

Помимо плотности для выяснения природы межмолекулярного взаимодействия в растворах особое внимание уделяется изучению вязкости - ν и энергии активации вязкого течения - U . Однако, для растворов фуллеренов в о-ксилоле практически отсутствует информация о вязкости в широких интервалах параметров состояния. Экспериментальное определение кинематической вязкости растворов C_{60} /о-ксилол выполнено на экспериментальной установке реализующей капиллярный метод. Результаты проведенного исследования вязкости приведены на рисунке 2.

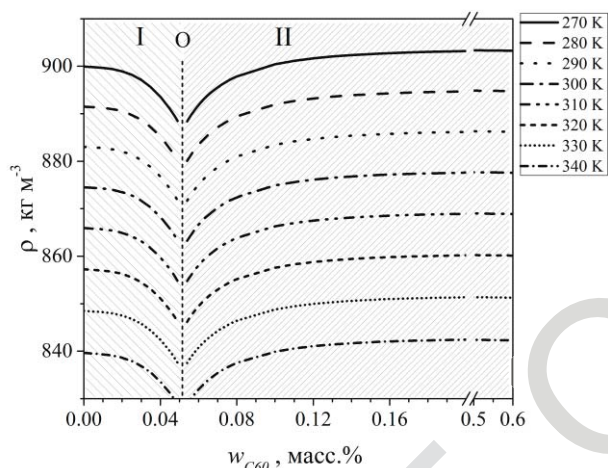


Рис. 1 – Концентрационная зависимость плотности растворов о-ксилол/ фуллерены C_{60}

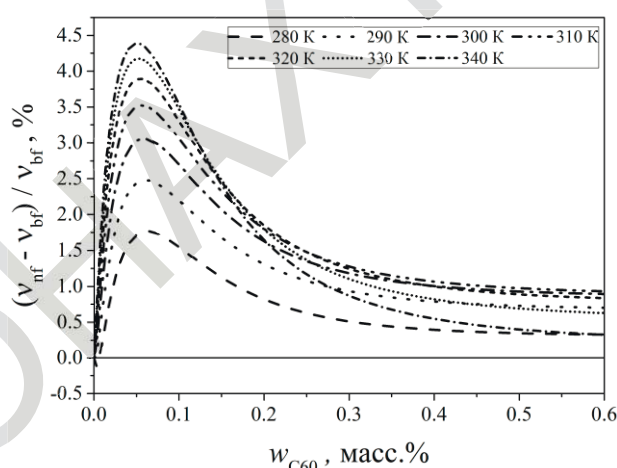


Рис. 2 – Изменение относительной разности вязкости растворов о-ксилол/фуллерены C_{60} относительно чистого о-ксилола

Из полученной информации приведенной на рисунке 2 следует, что вязкость растворов о-ксилол/фуллерены C_{60} очень незначительно зависит от концентрации. Изменение вязкости растворов о-ксилол/ C_{60} относительно чистого о-ксилола можно анализировать только рассматривая относительную разность $\nu_{nf} - \nu_{bf} / \nu_{bf}$. Следует обратить внимание на изменение вязкости растворов о-ксилол/ C_{60} при концентрация фуллеренов от 0 до 0,03 масс.%. Такой характер изменения вязкости растворов имеет большое практическое значение. С одной стороны, фуллерены позитивно влияют на уменьшение сил трения между сопрягаемыми элементами насосов, компрессоров, а с другой, в отличие от других наночастиц практически не увеличивают вязкость базовой жидкости.

Анализируя информацию приведенную на рисунке 2 можно также констатировать, что концентрационная зависимость кинематической вязкости растворов о-ксилол/ C_{60} также, как и для плотности, имеет точку экстремума. Поэтому представляет интерес рассмотреть концентрационную зависимость энергии активации вязкого течения растворов о-ксилол/ C_{60} (см. рисунок 3.)

Энергия активации вязкого течения рассчитана по формуле Френкеля-Андрате

$$\eta = A \cdot \exp\left(\frac{U}{kT}\right) \quad (1)$$

где η – динамическая вязкость, мПа с; A – предэкспоненциальный член, U – энергия активации вязкого течения, отнесенная к одной кинетической единице, зависит в общем случае не только от структуры системы, но и от температуры, напряжения и скорости деформации сдвига, Дж моль⁻¹; k – постоянная Больцмана, Дж К⁻¹; T – абсолютная температура, К.

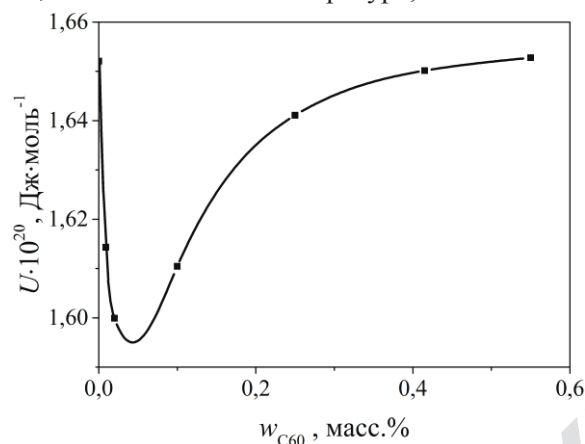


Рисунок 3 - Энергия активации вязкого течения для растворов о-ксилол/фуллерены C₆₀.

Концентрационная зависимость энергии активации представлена на рисунке 3, из которого следует, что на зависимости $U=f(w_{C60})$ при той же концентрации что и для зависимости $\rho=f(w_{C60})$ (см. рисунок 1) имеется минимум. Таким образом, информация приведенная на рисунках 1 – 2 указывает, что в присутствии незначительного количества фуллеренов C₆₀ в о-ксилоле наблюдаются значительные изменения в структуре базовой жидкости. Структурные изменения в о-ксилоле при небольших концентрациях фуллеренов приводят к уменьшению плотности нанофлюидов по сравнению с плотностью о-ксилола. Структурные преобразования в о-ксилоле приводят к существенному изменению энергии активации вязкого течения.

Аналогичные выводы были получены авторами работы [2] при изучении концентрационной зависимости интенсивности малоуглового рентгеновского рассеяния на фуллерене C₆₀ в ароматических углеводородах. В указанных работах также подчеркивается, что структура ароматического растворителя может меняться под действием растворенных в нем фуллеренов.

Наиболее исчерпывающее объяснение этого явления приведено в работе Гинзбурга [2]. В этой работе автор сформулировал гипотезу о появлении в жидкой фазе ароматических углеводородов областей с нулевой плотностью при растворении в них фуллеренов. По мнению автора физическим обоснованием этой модели является, во-первых, формирование столбчатых или ленточных надмолекулярных структур, образованных молекулами растворителя вблизи молекул фуллерена. Во-вторых, наличие физического вакуума, не только в внутреннем объеме молекул фуллерена, но также и в областях, образующихся вне фуллеренов при их растворении в однокольцевых ароматических растворителях.

Представленная в работе [2] модель растворов фуллеренов в ароматических углеводородах наглядно показывает формирование оболочки, содержащей области свободного объема с нулевой плотностью. Эти объемы в жидкой фазе растворителя невозможно заполнить, так как их размер меньше молекул растворителя. Формирование таких зон в жидкой фазе, по видимому, может привести к снижению плотности растворов фуллеренов и уменьшению энергии активации в ароматических растворителях при небольших концентрациях фуллеренов.

1. Перспективы применения нанотехнологий в холодильной технике. Часть 1. Теплофизические свойства нанофлюидов: монография / В.П. Железный, Ю.В. Семенюк, О. Я. Хлиева, Н.Н. Лукьянов, А.Г. Никулин, А.С. Никулина; под редакцией В.П. Железного.- Одесса: «Феникс», 2019. 313с.

2. Ginzburg V. M., Tuichev S., Tabarov H. Formation of Zero Density Regions During the Dissolving of C₆₀ and C₇₀//Journal of Macromolecular Science , Part B: Physics, 52:773–787, 2013.