



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

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

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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 XI 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.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

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

Голова конференції – 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:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

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

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

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

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

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНУЮЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA BOCK/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

79.	МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	181
	С. А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
80.	ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНОГО ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ТЕПЛОВІДДАЧІ БАГАТОШАРОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ СТІНКИ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ	183
	С.А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
81.	ДИНАМІКА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ГАЗІВ В МАЛОРУХОМОМУ ШАРІ ЗЕРНА	184
	Гапонюк І. І.	
82.	АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ І КОМПРЕСОРАХ МАЛОЇ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ	186
	В.І. Мілованов, А.В. Зажий	
83.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ	188
	В.І. Мілованов, О.Л. Клебан	
84.	ЗАСТОСУВАННЯ SCHUKER-ДВИГУНА ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	191
	Мілованова В.В	
85.	ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ГІДРОУДАРІВ У ГІДРОСИСТЕМАХ	193
	Скалозубов В.І., Чулкін О.А, Пірковський Д.С.	
86.	ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	194
	Іщук В.І., Козлов Я.М.	
87.	СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ	195
	Яковлев Ю.А., Дяченко И. А., Чербаджи С. В.	
88.	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОЇ РЕГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗПГ	197
	Ярошенко В.М. к.т.н., Бабамірадов Максат,	
89.	УТИЛІЗАЦІЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН НА ОСНОВІ ТУРБОХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ	199
	Ярошенко В.М., Кусік О.	
90.	АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ	201
	Ярошенко В.М., Переход О.,	
91.	ВРАХУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАПІЗНЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В ОГОРОДЖЕННІ	203
	Мирончук Ю. А	
92.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА СОПЛА ДВУХПОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТУРБИНЫ С ВНЕШНИМ ПЕРИФЕРИЙНЫМ КАНАЛОМ НА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	206
	Ванев С.М., Д.В. Мирошниченко,	
93.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ	208
	Потапов В.О., Гриценко О.Ю	
94.	ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО І НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ КРОВІ	210
	Євлаш В.В., Погожих М.І., Потапов В.О.	
95.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO_2 НА ВНУТРІШНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B	213
	Хлієва О.Я., Гордейчук Т.В., Семенюк Ю.В.	
96.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КИПІННІ РОБОЧИХ ТІЛ R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО /ФУЛЕРЕНИ C_{60} У ТРУБІ	216
	Мороз С.О., Хлієва О.Я., Железний В.П.	
97.	МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ НАНОФЛЮЇДІВ	219
	Железний В.П., Мотовий І.В.	
98.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO_2 НА В'ЯЗКІСТЬ І ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B	222
	Гордейчук Т.В., Лук'янов М.М., Семенюк Ю.В.	

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO_2 НА В'ЯЗКІСТЬ І ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B

Гордейчук Т.В., Лук'янов М.М., Семенюк Ю.В.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, khliyev@ukr.net

Останнім часом спостерігається підвищений інтерес до застосування нанофлюїдів у теплоенергетичному та холодильному обладнанні. Як відзначається у низці робіт, нанотеплоносії й робочі тіла-нанофлюїди у порівнянні з базовими рідинами мають поліпшені теплофізичні властивості і забезпечують більш високі значення коефіцієнта тепловіддачі при вимушеній конвекції та при кипінні.

Аналіз літературних даних про теплообмін при кипінні й конвекції нанофлюїдів показує, що інтенсифікація цих процесів певною мірою зумовлюється зміною теплофізичних властивостей рідин внаслідок присутності в них наночастинок. Крім того, слід зазначити, що автори більшості експериментальних робіт з вивчення процесів тепловіддачі у нанофлюїдах не вимірюють теплофізичні властивості об'єктів дослідження, розраховуючи їх за наявними в літературі моделями.

На сьогодні існують моделі, що дозволяють з достатньою для практичного застосування точністю оцінити густину і теплоємність нанофлюїдів [1, 2]. Відомі також моделі для оцінки теплопровідності нанофлюїдів, хоча вони не завжди вирізняються достатнім ступенем узгодженості з експериментальними даними [1, 2]. Чи не найбільші складності виникають при прогнозуванні в'язкості й поверхневого натягу нанофлюїдів. Водночас саме ці властивості є важливими при дослідженні процесів теплообміну при кипінні перспективних нанохолодоагентів.

Дослідженню в'язкості нанохолодоагентів присвячено багато робіт [3], але поверхневий натяг розчинів галогенозаміщених вуглеводнів (робочих тіл парокомпресійних холодильних машин) з наночастинами практично не досліджено. Наявні в літературі експериментальні дані про вплив добавок наночастинок на поверхневий натяг різних базових рідин має суперечливий характер [4].

Метою даної роботи було експериментальне вивчення в'язкості і поверхневого натягу таких об'єктів дослідження: чистий холодоагент R141b; розчин холодоагенту R141b з поверхнево-активною речовиною (ПАР) Span80 (CAS № 1317-70-0, Sigma-Aldrich) - R141b/Surf; нанофлюїд, що складається з холодоагенту R141b, ПАР Span80 і наночастинок TiO_2 (CAS № 1317-70-0, Sigma-Aldrich, розмір наночастинок у порошку не більше 25 нм) - R141b/Surf/ TiO_2 . Масові долі компонентів у розчинах складали 0,1 % для ПАР і для наночастинок. Зразки нанофлюїдів готувалися двоступеневим методом: на першому етапі розчини піддавалися ультразвуковій обробці, на другому етапі - механічному диспергуванню у бісерному млині.

Озоноруйнівний холодоагент R141b обрано як модельну речовину з огляду на те, що його параметри фазової рівноваги забезпечують зручність і простоту проведення експериментів, а отримана інформація про вплив домішок наночастинок дозволить визначити напрями подальшого вивчення перспективних нанохолодоагентів.

Дослідження поверхневого натягу здійснювалося за методом диференційного капілярного підняття на експериментальній установці, описаній в [5]. Суть цього методу полягає у вимірюванні різниці висот меніска рідини в декількох капілярних парах і подальшому розрахунку середньозваженого значення капілярної сталої. Поверхневий натяг розраховувався за співвідношенням

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot g \cdot a^2 \cdot (\rho' - \rho''), \quad (1)$$

де ρ' і ρ'' - густина рідкої та парової фаз, відповідно; g – прискорення вільного падіння; a^2 – капілярна стала.

Значення густини пари та рідини R141b були взяті з бази даних REFPROP. Густина розчину R141b/Surf та нанофлюїду R141b/Surf/TiO₂ розраховувалася за правилом адитивності.

Результати експериментального дослідження впливу ПАР і наночастинок TiO₂ на поверхневий натяг холодоагенту R141b наведено на рис. 1, з якого видно, що домішки ПАР Span-80 практично не впливають на поверхневий натяг базової речовини, тоді як добавки наночастинок TiO₂ призводять до певного (у межах 0,2-0,3 %) зменшення поверхневого натягу.

Експериментальне дослідження динамічної в'язкості холодоагенту R141b та його розчинів з ПАР і наночастинами виконано на візкозиметрі Гепплера. Динамічна в'язкість визначалася за величиною швидкості кочення кульки всередині каліброваної трубки, заповненої досліджуваною рідиною. Густина об'єктів дослідження для подальшого визначення кінематичної в'язкості приймалася такою ж, як і при розрахунку поверхневого натягу. Відносна похибка виміру в'язкості не перевищувала 0,6 %. Отримані результати демонструє рис. 2.

Результати експериментального дослідження показали, що додавання у холодоагент R141b ПАР Span-80 на рівні масової долі 0,1 % призводить до зниження в'язкості розчину на (3...4)%, тоді як в'язкість системи R141b/Surf/TiO₂ при вказаних вище концентраціях компонентів виявилася незначно вищою у порівнянні з чистим R141b.

У більшості опублікованих робіт (див., наприклад, [1-3]) відзначається суттєве зростання в'язкості нанофлюїдів відносно в'язкості базових рідин. Пояснити незначне збільшення в'язкості нанофлюїду R141b/Surf/TiO₂ у порівнянні з чистим R141b можна як низькою концентрацією наночастинок, так і наявністю у нанофлюїді ПАР. Очевидно, не всі молекули ПАР сорбуються поверхнею наночастинок, і певна їх частина залишається розчиненою в холодоагенті, знижуючи в'язкість нанофлюїду. Встановлений ефект демонструє можливості регулювання в'язкості робочих тіл-нанофлюїдів.

Таким чином, проведені дослідження показали дуже незначний вплив домішок ПАР і наночастинок на в'язкість і поверхневий натяг базової речовини, але спрогнозувати такі ефекти на базі наявних у літературі моделей неможливо. Разом з тим, отримана експериментальна інформація необхідна для моделювання процесів теплообміну при кипінні нанофлюїдів на основі галогенозаміщених вуглеводнів.

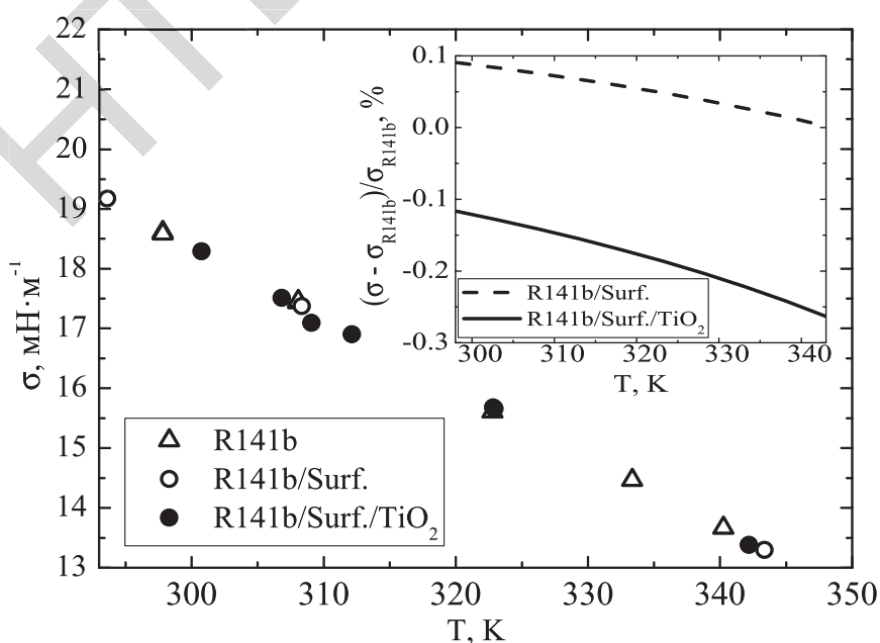


Рисунок 1. Температурна залежність поверхневого натягу холодоагенту R141b, розчину R141b/Surf та нанофлюїду R141b/Surf/TiO₂

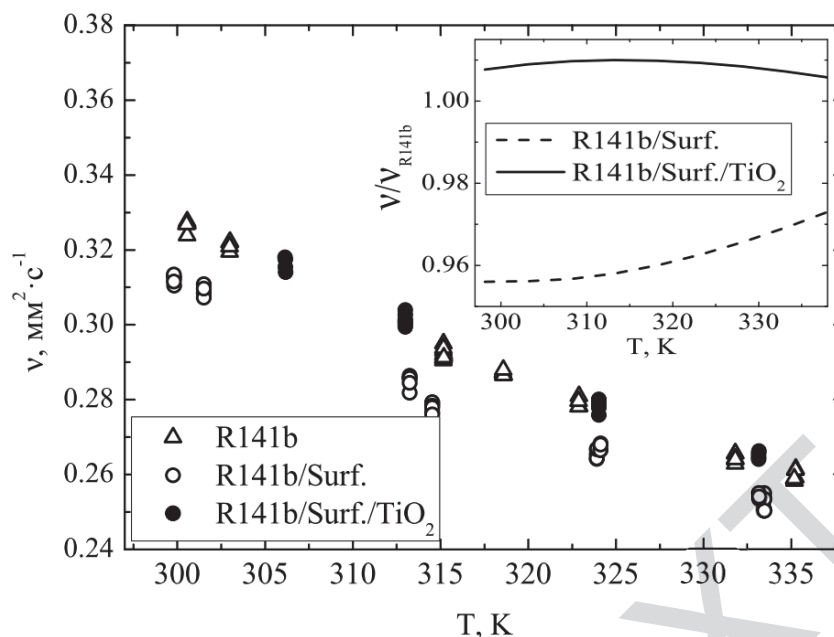


Рисунок 2. Температурна залежність кінематичної в'язкості холодоагенту R141b, розчину R141b/Surf та нанофлюїду R141b/Surf/TiO₂

1. Michaelides E. E. S. Nanofluidics: thermodynamic and transport properties, Springer International Publishing. – 2014.
2. Solangi K. H., Kazi S. N., Luhur M. R. et al. A comprehensive review of thermo-physical properties and convective heat transfer to nanofluids //Energy. – 2015. – Vol. 89. – P. 1065-1086.
3. Celen A., Çebi A., Aktas M., Mahian O., Dalkilic A.S., Wongwises S. A review of nanorefrigerants: flow characteristics and applications - Int. J. Refrig. – 2014. – Vol. 44. – P. 125–140.
4. Khaleduzzaman S. S., Mahbubul I. M., Shahrul I. M., Saidur R. Effect of particle concentration, temperature and surfactant on surface tension of nanofluids //International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2013. – Vol. 49. – P. 110-114.
5. Zhelezny V. P., Lukianov N. N., Khliyeva O. Ya., Nikulina A. S., Melnyk A. V. A complex investigation of the nanofluids R600a-mineral oil-Al₂O₃ and R600a-mineral oil-TiO₂. Thermophysical properties // Int. J. Refrig. – 2017. – Vol. 74, - P. 486-502.