

Таким образом, совместное использование Excel в Mathcad является удобным инструментом:

- для наглядного и быстрого выполнения технико-экономических расчетов;
- их проверки и согласования;
- дальнейшей модернизации.

Отметим, что предпочтительно использовать версию Mathcad 15. В более ранних версиях и в дальнейшей модификации данной программы, называемой Prime пока нет возможности преобразования из формул символьного вида в вид с подстановкой аргументов.

УДК 629.735

Экспериментальное исследование показателей эффективности компрессорной системы с добавлением в масло наночастиц

Томашевич Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

В работе рассматриваются перспективы применения нанотехнологий в холодильной технике с учетом эффекта влияния наночастиц на теплофизические свойства растворов хладагент/компрессорное масло (РХМ).

Текст доклада:

Как известно, основу нанофлюидов составляют базовая жидкость и наночастицы размером менее 100нм из какого-либо высокотеплопроводного материала. В качестве базовой жидкости чаще всего используют воду, этиленгликоль, минеральные или синтетические масла. Материалом для наночастиц служат металлы, окислы металлов, углерод (одно, двух или многослойные нанотрубки, фуллерены).

Получаемые в рамках различных технологических процессов нанофлюиды должны удовлетворять нескольким требованиям. Они должны быть однородными по составу, устойчивыми к агломерации и выпадению в осадок в течение длительного времени. Кроме того, в нанофлюидах должны отсутствовать химические реакции между компонентами, и они должны отвечать определенным технологическим требованиям, которые диктуются условиями их применения.

При исследовании перспектив применения нанотехнологий в холодильной технике необходимо учитывать эффекты влияния наночастиц на теплофизические свойства растворов хладагент/компрессорное масло

(РХМ). Без решения этого вопроса невозможна корректная интерпретация полученных экспериментальных данных о показателях эффективности холодильного оборудования, в котором реализуются современные нанотехнологии.

В настоящее время количественная оценка влияния наночастиц на поверхностное натяжение, давление насыщенных паров и вязкость РХМ является наименее изученным вопросом. Вместе с тем эти термодинамические свойства в значительной мере определяют показатели эффективности компрессорной системы и интенсивность процессов теплообмена при кипении рабочего тела в испарителе холодильной установки.

Экспериментальное исследование динамической вязкости - η растворов хладагент/масло и хладагент/наномасло выполнено методом катящегося шарика на вискозиметре Гепплера. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

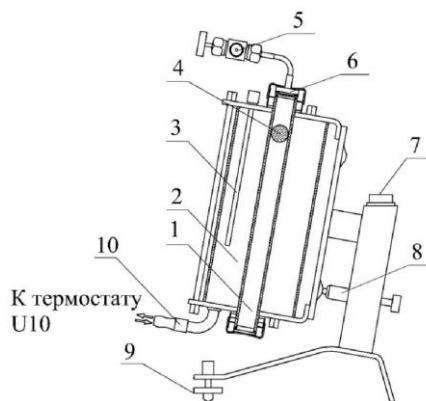


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования динамической вязкости РХМ и наноРХМ методом катящегося шарика

1 – трубка с исследуемым веществом; 2 – термостат; 3 – платиновый термометр сопротивления ТЕРА 500Pt; 4 – шарик; 5 – заправочный вентиль; 6 – крышка; 7 – уровень; 8 – фиксирующий шток; 9 – винт для установки уровня; 10 – патрубок для соединения с термостатом

Основным элементом установки является трубка 1 с шариком 4, заполненная исследуемым веществом. Подготовка исследуемого образца проводилась в заправочном баллоне. Точное количество заправленных компонентов определяли по изменению массы заправочного баллона. Затем в предварительно откакумированную трубку 1 с шариком 4 осуществлялась заправка образца из заправочного баллона через вентиль 5. Трубка герметично закрыта крышкой 6 с заправочным вентиляем 5. Термостатирование трубки с объектом исследования осуществляется с помощью термостата с U10, из которого через патрубки 9 в термостат 2 поступает термостатирующая жидкость. Температура измеряется платиновым термометром сопротивления (ТЕРА 500Pt) 3 с границами

отклонения значения от его оценки 0,3 К. С целью удаления растворенных газов исследуемые вещества подвергались многократному вакуумированию после их охлаждения до температуры кристаллизации.

Для определения постоянной прибора проводилась градуировка по жидкости с известной вязкостью. Градуировка проводилась на двух шариках разного диаметра для захвата всего диапазона измерения вязкости. В качестве градуировочной жидкости было выбрано минеральное компрессорное масло, которое использовалось в экспериментах. Его вязкость была измерена на капиллярном вискозиметре ВПЖ с расширенной неопределенностью не более 0,039 мм²/с. Данный метод позволяет получать данные о кинематической вязкости объекта исследования. Расчет динамической вязкости проводился по следующей формуле:

$$\eta = v \cdot \rho'$$

где η – динамическая вязкость, мПа·с; v – кинематическая вязкость жидкости, м²/с; ρ' – плотность жидкой фазы объекта исследования, кг/м³.

Постоянная прибора рассчитывалась по формуле

$$K = \frac{\eta}{(\rho_{ш} - \rho') \cdot \tau}$$

где K – постоянная прибора, м²/с²; $\rho_{ш}$ – плотность шарика, кг/м³; τ – время перемещения шарика на заданном участке, с.

В результате градуировки были получены постоянные K для каждого шарика: $K1=6,9903 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}^2$; $K2=8,1101 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}^2$.

Расчет динамической вязкости РХМ и наноРХМ производился по следующей формуле:

$$\eta = K \cdot (\rho_{ш} - \rho') \cdot \tau.$$

Выполненный анализ показывает, что расширенная неопределенность измерения вязкости РХМ и наноРХМ в проведенных исследованиях в зависимости от диапазона находится в пределах 0,02-0,88 мПа·с.

Измерения вязкости объектов исследования выполнены в диапазоне температур от 263 до 293 К и массовых долях хладагента в масле - x_{vref} : для РХМ – 0,27 и 0,63 кг/кг, для РХМ/Al₂O₃ – 0,26 и 0,47 и для РХМ/ TiO₂ – 0,1, 0,26 и 0,59 кг/кг. Концентрация наночастиц Al₂O₃ и TiO₂ в растворе хладагент/наномасло составляла $X_{нано} = 0,5$ масс. %. Результаты экспериментальных данных демонстрирует рис. 2 и рис.3.

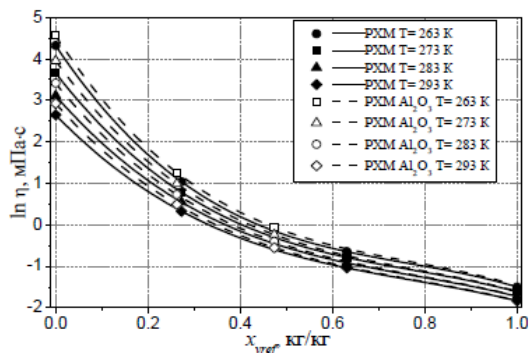


Рис. 2. Зависимость логарифма динамической вязкости раствора R600a/минеральное масло и R600a/минеральное масло/ Al_2O_3 ($X_{nano}=0,5$ масс. %) от концентрации хладагента в жидкой фазе ПХМ – *xvref* при различных температурах

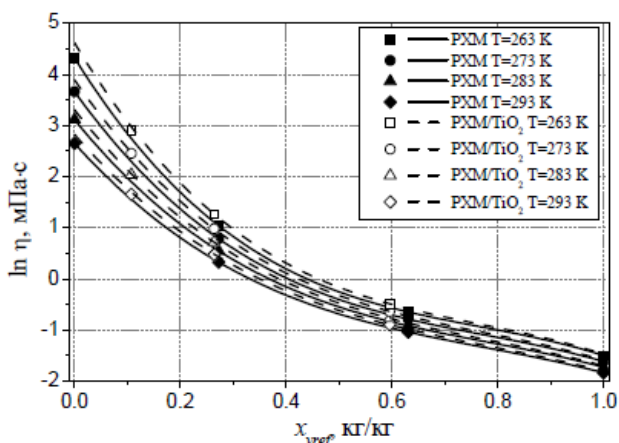


Рис. 3 Зависимость логарифма динамической вязкости раствора R600a/минеральное масло и R600a/минеральное масло/ TiO_2 ($X_{nano}=0,5$ масс. %) от концентрации хладагента в жидкой фазе ПХМ – *xvref* при различных температурах

Выполненное экспериментальное исследование показывает, что примеси наночастиц способствуют увеличению вязкости ПХМ. Этот эффект проявляется наиболее заметно (до 35%) при низких температурах и высоких концентрациях масла в хладагенте.

Экспериментальные значения вязкости растворов R600a/ минеральное масло и R600a/наномасло (Al_2O_3) и R600a/наномасло (TiO_2) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Динамическая вязкость раствора R600a/масло			Динамическая вязкость раствора PXM/ Al_2O_3 ($XHANO=0,5$ масс.%)			Динамическая вязкость раствора PXM/ TiO_2 ($XHANO=0,5$ масс.%)		
, К	, мПа·с	<i>vref</i> , ас.%	, К	, мПа·с	<i>vref</i> , ас.%	, К	, мПа·с	<i>vref</i> , ас.%
91,4	,44	7,3	94,7	,59	7,4	62,2	,62	0,4
82,6	,75		83,3	,70		73,3	,53	
73,5	,16		73,5	,81		83,0	,46	
62,0	,92		62,5	,98		93,6	,40	
91,7	,36	3,1	93,2	,60	6,3	88,6	,80	3,6
83,4	,40		83,2	,98		76,1	,46	
74,0	,45		73,6	,50		63,5	,49	
63,4	,52					60,1	,51	

Литература

1. Лукьянов, Н.Н. Исследование перспектив применения нанохладагентов с целью повышения эколого-энергетической эффективности оборудования [Текст] / Н. Н. Лукьянов, О. Я. Хлиева, В. П. Железный, Ю. В. Семенюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 75. – С. 32-40.
2. Железный, В.П. Анализ перспектив применения нанотехнологий в холодильной технике [Текст] / В.П. Железный. Одеса, ОДАХ. – С.40-48.

3. Железный, В. П. Исследования перспектив применения нанотехнологий в холодильной технике, выполненные на кафедре «теплофизики и прикладной экологии» [Текст] / В.П. Железный. Одеса. – 2015. – С.158-160.

4. Железный, В.П. Экспериментальное и расчетное исследование влияния наночастиц Al_2O_3 на теплофизические свойства растворов хладагента R600a с компрессорным маслом [Текст] / В.П. железный, Н.Н. Лукьянов, О.Я. Хлиева, А.С. Никулина // Холодильна техніка та технологія. – 2015. – Vol.51 (4). – С. 82-91.

5. Мельцер, Л.З. Теплофизические свойства холодильных масел и их растворов с фреоном [Текст] / Л.З. Мельцер, Т.С. Дремлюх, С.К. Чернышев, и др // ГСССД, Сер. «Физические константы и свойства веществ», Теплофизические свойства веществ и материалов. – 1977. – № 11. – С. 99-118.

УДК 620.92

Оценка потенциала древесной биомассы для использования в качестве возобновляемой топлива

Любчик О.А.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

В статье производится анализ располагаемой в стране древесной биомассы и ее структуры. Рассматриваются особенности наиболее популярных видов древесного топлива в Республике Беларусь. А также оцениваются возможности применения древесины в качестве топлива с учетом ее естественного прироста, объемом заготовки ликвидной древесины для всех видов хозяйственной деятельности и критерия возобновляемости.

Текст доклада:

В Республике Беларусь биомасса считается наиболее перспективным и широко используемым ВИЭ. Используется она, в основном, в виде твердых продуктов переработки древесины для прямого сжигания в котельных установках.

Территория Беларуси, покрытая лесом, на 2018 год занимает 8260,9 тыс. га (рисунок 1), что составляет 39,8 % площади страны [1]. Общий запас насаждений 1796 млн. м³. Леса представлены на 50,4% сосной, на 23,0 % березой, на 10,7% ольхой, 9,4% занимает ель. Ежегодный прирост