Винокуров В.А., доктор химических наук, профессор,
Канцерев П.Н., аспирант,
Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЖИДКОСТЕЙ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Аннотация: потребление электроэнергии холодильной техникой составляет около 20% от общего потребления энергии. Способы повышения КПД холодильных установок – одна из самых актуальных задач в свете общего курса на экономию электроэнергии в мире. КПД холодильных машин напрямую зависит от эффективности теплообмена в системе. Кроме очевидных путей по улучшению конструкции самого холодильного контура, существует ряд альтернативных решений, позволяющих улучшить энергоэффективность теплообменных процессов. Среди таких – добавление в контур наночастиц оксидов металлов, обладающих высоким коэффициентом теплоотдачи. В статье изложен обзор литературы по применению наночастиц в системах охлаждения, в которых описывается достижения энергоэффективности от 9,6% до 28% в зависимости от материала наночастиц и их концентрации. Так же была изготовлена экспериментальная холодильная установка, где использовались наночастицы оксида меди в концентрации 1%. Данная установка показала снижение потребления электроэнергии на 18%, а также лучшую динамику понижения температуры.

Ключевые слова: наножидкость, холодильные системы, фреоны, теплообмен, нанотехнологии, экономия электроэнергии, энергоэффективность

Введение

Холодильная техника потребляет около 20% всей вырабатываемой в мире электроэнергии (Кулешов, 2014). Очевидно, что разработка способов повышения КПД холодильной техники является весьма актуальной задачей, так как результатом будет являться существенная экономия электричества. КПД напрямую зависит от эффективности теплообменных процессов в системе. Большинство современных способов повышения КПД холодильных машин подразумевает изменение конструкционных особенностей холодильного контура, от простого изменения формы теплообменников на более эффективную, до изменения самого цикла холодильной машины. Вместе с тем, существуют способы повышения энергоэффективности без дорогостоящего внесения конструктивных изменений холодильного контура или его замены. Одним из наиболее перспективных путей повышения энергоэффективности холодильной техники является использование наножидкостей в теплообменных процессах.

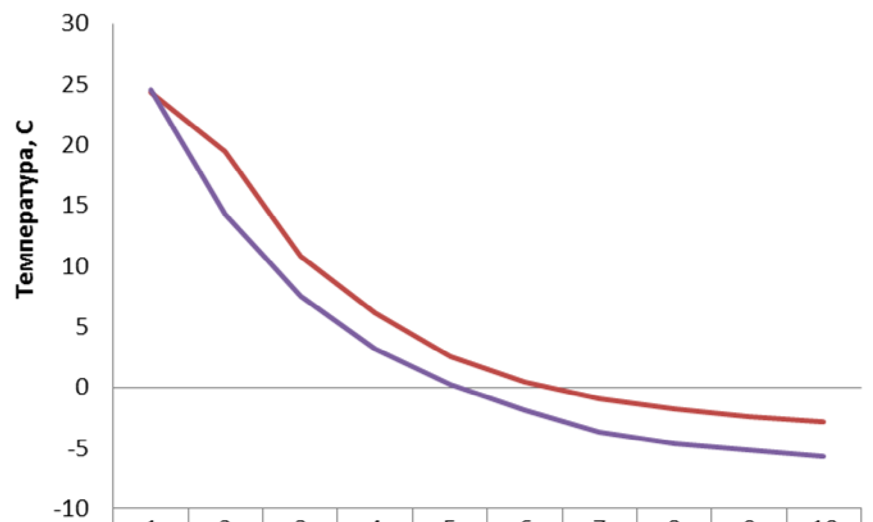
Одним из первых экспериментов можно назвать работу 2011г Shengshan Bi из State Key Laboratory of Multiphase Flow in Power Engineering, Xi'an Jiaotong University [1]. Проводились эксперименты по добавлению частиц TiO_2 в холодильный контур, работающий на изобутане. Эксперименты показали, что наночастицы не оказывают отрицательного влияния на работу холодильной машины и показывали 9,6% уменьшение энергопотребления в сравнении с чистым изобутаном, при концентрации в 0,05% по объему. В итоге отмечено уменьшение потребления энергии на 5.94% для 0.1% концентрации оксида титана и 9.6% для 0.5% концентрации того же материала. Кроме того, в штатном режиме работы холодильника компрессор с наночастицами работал на 44.6% меньше времени. В том же 2011г N. Subramani и M. J. Prakash из Department of Mechanical Engineering, TKM College of Engineering, Kollam, Kerala, INDIA [2] так же проводили исследования в области переноса тепла в холодильной технике. Во фреоне R134A были растворены сначала минеральное масло 3GS для низкотемпературных систем, а затем наночастицы оксида алюминия Al_2O_3. Полученные результаты показали более высокую эффективность заморозки и на 25% меньшее потребление энергии в сравнении с чистым хладагентом. Одним из новейших исследований в данной области является работа, изданная в 2016 году M.E. Haque и R.A. Bakar из Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Malaysia Pahang [3]. В данной работе рассматривается повышение производительности бытового холодильника с добавлением в рабочий контур наночастиц, растворенных в компрессорном (минеральном) масле. Исследовались частицы Al_2O_3 и TiO_2 в объемных концентрациях 0,05% и 0,1%. Наночастицы не оказали вредоносного влияния на работу холодильного устройства. Отмечено уменьшение электропотребления на 19% и 22% в случае 0,05% и 0,1% концентраций для оксида алюминия и 15% и 28% в случае 0,05% и 0,1% концентраций для оксида титана.

Таким образом, многочисленными экспериментами обосновано существенное снижение потребляемой энергии в двухфазных холодильных системах при использовании наночастиц. Так же отсутствуют публикации об отрицательном влиянии на сам холодильный контур, его составляющие, либо на теплообменные процессы в нем.

Эксперимент

В два идентичных контура, представляющих из себя тепловые насосы (аналог холодильной машины), был заправлен хладагент и компрессорное масло. Один из компрессоров был заправлен маслом с растворенными в нем наночастицами оксида меди в концентрации 1% (контур А), другой был контрольным (контур Б). Суть эксперимента была в использовании конструкции теплового насоса для перекачки тепла. В емкость с испарителем был налит антифриз, в емкость с конденсатором - проточная холодная вода. В емкости были помещены термометры, измеряющие температуру жидкости, компрессоры были подключены к сети через ваттметры, для замеров расхода мощности. В ходе эксперимента снимались показания термометров и ваттметров.

Рис.1. Внешний вид установки.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контур Б (контроль)	24,3	19,5	10,8	6,1	2,6	0,4	-0,9	-1,8	-2,4	-2,8
Контур А (наночастицы)	24,5	14,3	7,5	3,2	0,2	-1,9	-3,7	-4,6	-5,2	-5,7

Рис.2. График зависимости температуры, С от времени, мин.

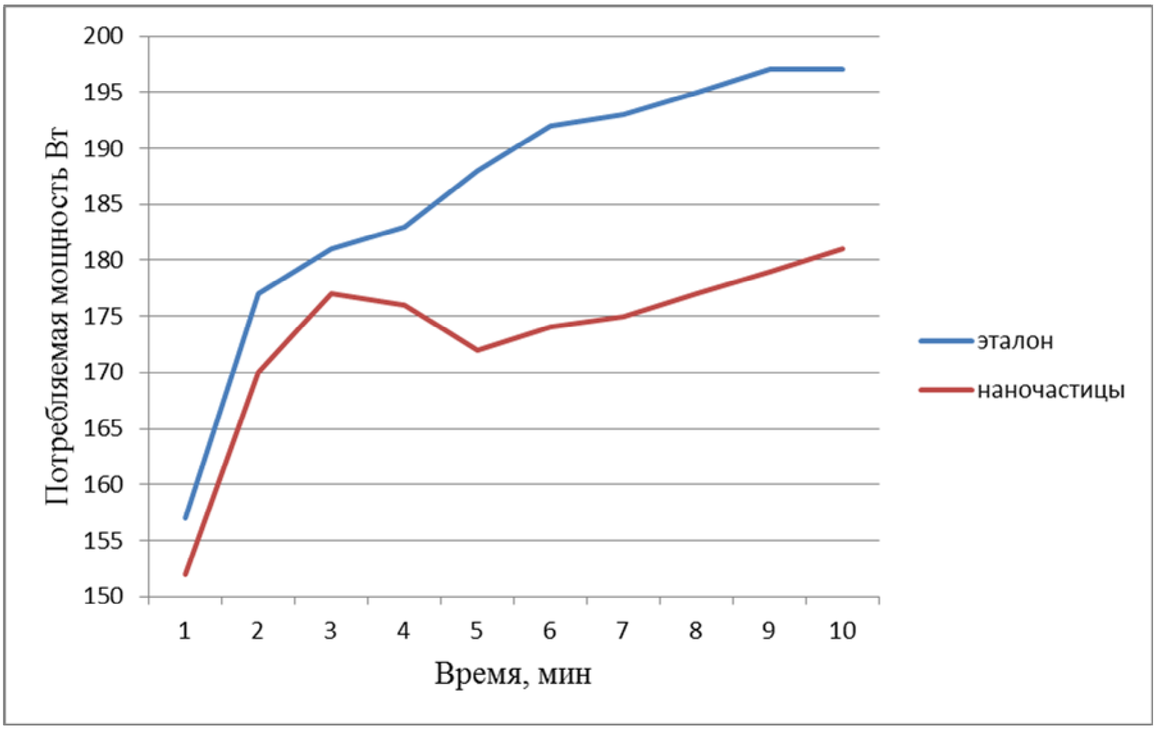


Рис.3. График зависимости потребления энергии W от времени, мин.

Эксперимент длился 10 минут, в процессе эксперимента компрессор нагревал жидкость в конденсаторе и охлаждал - в испарителе. В ходе эксперимента контур с наночастицами показал лучшую динамику снижения температуры в зависимости от времени. Кроме того, компрессор с наночастицами показал на 5-7% меньшее потребление мощности в Квт*ч. В итоге по результатам эксперимента было выявлено увеличение энергоэффективности холодильной установки на 18%.

Заключение

По результатам обзора работ было выяснено, что наибольший эффект повышения энергоэффективности дают оксиды металлов. В дальнейшем была создана установка, представляющая из себя тепловой насос, и выполняющая функции холодильной установки. В качестве рабочего тела использовался фреон R134a с наночастицами меди. Был проведен эксперимент по измерению энергоэффективности.

Данный эксперимент демонстрирует, что добавление в холодильный контур наночастиц оксида меди способствует росту энергоэффективности в среднем на 18%. Кроме того, меньшее потребление мощности компрессором может говорить о лучшем смазывании его движущихся частей, что может увеличить срок их работы.

Литература

1. Sheng-shan Bi, Lin Shi, Li-li Zhang Application of nanoparticles in domestic refrigerators // Applied Thermal Engineering. 2008. Vol. 28. P. 1834 – 1843.

2. Subramani N., Prakash M. J.Experimental studies on a vapour compression system usingnanorefrigerants// International Journal of Engineering, Science and Technology. 2011, Vol. 3. № 9. P. 95 – 102.

3. Haque M.E., Bakar R.A. Performance of a domestic refrigerator using nanoparticles-based polyolester oil lubricant // Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2016. Vol. 10. № 1. P. 1778 – 1791.

References

1. Sheng-shan Bi, Lin Shi, Li-li Zhang Application of nanoparticles in domestic refrigerators // Applied Thermal Engineering. 2008. Vol. 28. P. 1834 – 1843.

2. Subramani N., Prakash M. J.Experimental studies on a vapour compression system usingnanorefrigerants// International Journal of Engineering, Science and Technology. 2011, Vol. 3. № 9. P. 95 – 102.

3. Haque M.E., Bakar R.A. Performance of a domestic refrigerator using nanoparticles-based polyolester oil lubricant // Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2016. Vol. 10. № 1. P. 1778 – 1791.

Vinokourov V.A., Doctor of Chemical Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Kantserev P.N., Postgraduate,
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

APPLICATION OF NANOFLUIDS IN REFRIGERATING ENGINEERING

Abstract: electricity consumption by refrigeration equipment is about 20% of the total energy consumption. Ways to improve the efficiency of refrigeration units is one of the most urgent tasks in the light of the general policy of energy saving in the world. The efficiency coefficient of refrigeration machines depends on the efficiency of heat exchange in the system. In addition to the obvious ways to improve the design of the refrigeration circuit itself, there are a number of alternative solutions to improve the energy efficiency of heat exchange processes. Among them there is the addition of metal oxide nanoparticles to the circuit, which have a high heat transfer coefficient. The article presents a review of the literature on the use of nanoparticles in cooling systems, which describes the energy efficiency from 9.6% to 28% depending on the material of nanoparticles and their concentration. Also, an experimental refrigeration unit was manufactured, where copper oxide nanoparticles in a concentration of 1% were used. This installation showed a decrease in electricity consumption by 18%, as well as a better dynamics of temperature decrease.
Keywords: nanofluids, refrigeration systems, freon, heat transfer, nanotechnology, energy saving, energy efficiency