

ЛИТЕРАТУРА:

1. IEEE C37.118.1,2-2011. Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems. -The Institute of Electrical and Electronics Engineers: 2011 г.
2. Глушкин И.З., Иофьев Б.И. Противоаварийная автоматика в энергосистемах. М. : "Знак", 2011. – 528 с.
3. ОАО "ФСК ЕЭС". Стандарт организации. Аттестационные требования к устройствам противоаварийной автоматики. 2012 г.
4. Методические указания по устойчивости энергосистем. Приказ Минэнерго от 30.06.2003 №277.

Научный руководитель: А.В. Богданов, старший преподаватель кафедры «Электрические станции и автоматизация энергетических систем» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

ЗАВИСИМОСТИ СТАТИЧЕСКОГО КОНТАКТНОГО УГЛА ОТ ОБЪЕМА КАПЕЛЬ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ НА СПЕЦИАЛЬНО СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

К.А. Батищева¹, Д.В. Феоктистов², В.В. Овчинников², С.Я. Мисюра²

¹ Томский политехнический университет, ЭНИН, ТПТ, 5БМ62

² Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Лаборатория интенсификации процессов теплообмена

В настоящее время, ведется поиск способов создания поверхностей с контролируемым процессом смачивания [1-5]. Известно [6-8], что на межмолекулярное взаимодействие конденсированных фаз жидкости и твердого тела (смачивание) влияет множество факторов. Основными, из которых, являются химический состав жидкости и поверхности, а также шероховатость.

Лазерное излучение как способ обработки поверхности для придания ей необходимых смачиваемых свойств перспективен. Но научные основы применения лазерного излучения не разработаны на уровне, позволяющем создать поверхность металлов с гидрофобными или гидрофильными свойствами.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное определение зависимостей статического контактного угла (θ) от объема (V) капли дистиллированной воды на обработанных поверхностях лазерным излучением.

Исследования проводились на установке, принцип действия которой приведен в [9-11].

Эксперименты проведены с использованием пяти специально структурированных лазерным излучением и одной полированной поверхностей из нержавеющей стали.

На подложку высокоточным дозатором “сажалась” капля дистиллированной воды объемами 10, 20, 30, 40, 50, 60 мкл.

С помощью микроскопа «Hitachi-3000M» получены фотографии микро-структуры увеличением в 500 раз (рис. 1). Среднее арифметическое отклонение профиля (Ra) определено с использованием профилометра «HOMMEL TESTER T1000».

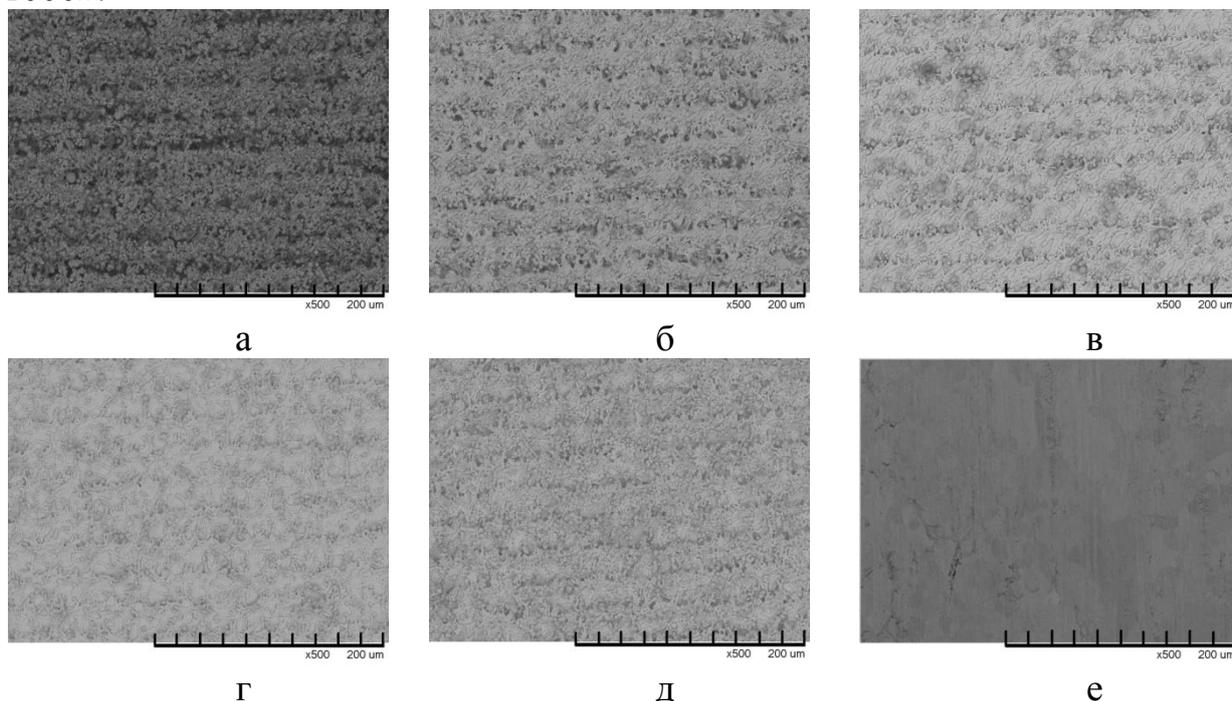
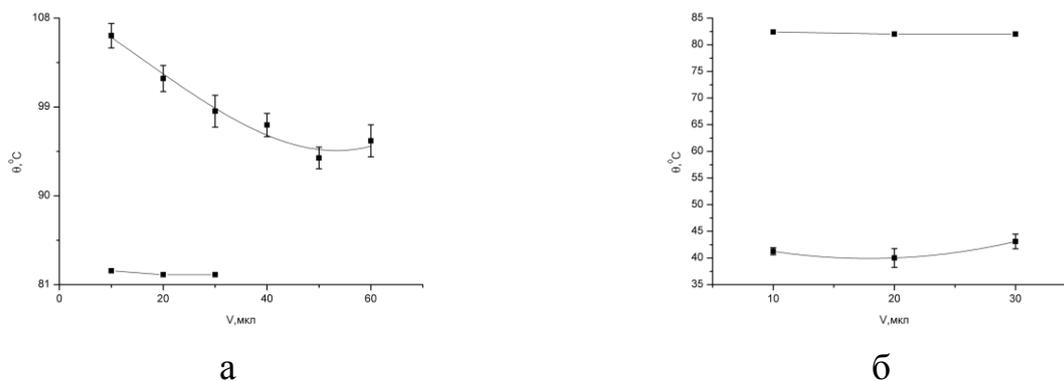


Рис. 1. Микроструктура поверхности: а - №1, Ra=1,79мкм; б - №2, Ra=2,58мкм; в - №3, Ra=1,29мкм; г - №4, Ra=0,618мкм; д - №5, Ra=0,63мкм, е- №0, Ra=0,079мкм.

При определении погрешности эксперимента систематическая составляющая не учитывалась. Промахи отбрасывались на стадии обработки результатов. Каждый опыт повторялся не менее пяти раз. За действительное значение принято среднее арифметическое результатов измерений. Относительная погрешность измерения не превышала 5%.

По результатам экспериментов построены зависимости (рис.2) статического контактного угла от объема жидкости.



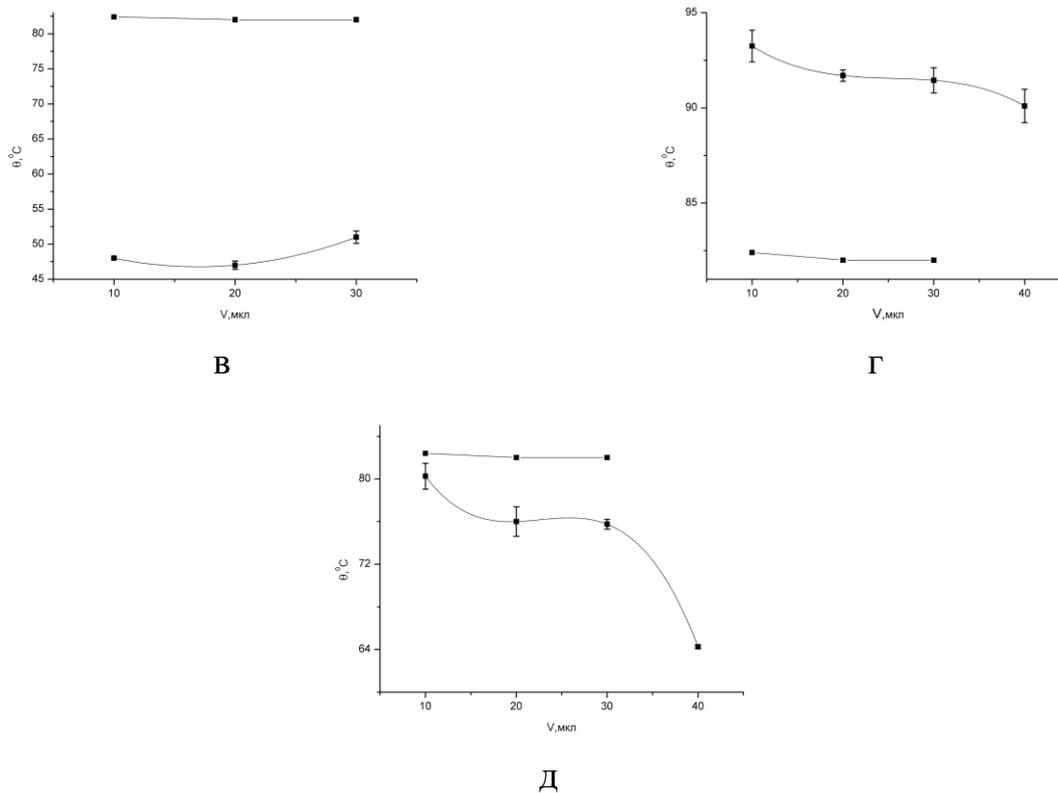


Рис. 2. Зависимости статического контактного угла от объема капли дистиллированной воды на поверхностях из нержавеющей стали под номерами: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5; е) 6; ж) 7; з) 8; и) 9; к) 10; л) 11. Контактный угол на: 1 – полированной поверхности; 2 – структурированной.

Установлено, что статический контактный угол на полированной поверхности нержавеющей стали ($Ra=0,079\text{ мкм}$) не зависит от объема капли дистиллированной воды. Изменение θ микроструктурированных поверхностей можно объяснить следующим. Известно [12-13], что поведение капли на поверхностях описывается двумя моделями – Касси-Бакстера и Венцеля. В состоянии Касси-Бакстера (1) при увеличении объема жидкости меняется доля проекции смоченной площади на поверхность подложки (f):

$$\cos \theta = f(\cos \theta_0 + 1) - 1 \quad (1)$$

Уменьшение последней приводит к увеличению статического контактного угла. Можно сделать вывод, что отрезки кривых (рис. 2), на которых θ уменьшается при увеличении объема, соответствуют состоянию Касси-Бакстера. Дальнейшее увеличение объема жидкости приводит к полному заполнению углублений на поверхности. Происходит переход от гетерогенного к гомогенному режиму смачивания. Можно предположить, что участок, на котором происходит резкое изменение θ соответствует переходу из состояния Касси-Бакстера к Венцелю.

Установлено, что на поверхностях 1, 4 статический контактный угол увеличился (улучшились гидрофобные свойства поверхностей). θ на поверхностях 2, 3, 5 уменьшилась (улучшились гидрофильные свойства).

Заключение. Рассмотрено влияние объема капли дистиллированной воды на значение статического контактного угла в условиях формирования непо-

движной линии трехфазного контакта в процессе смачивания специально структурированных поверхностей из нержавеющей стали лазерным излучением.

Показана возможность управления процессом смачивания обработкой лазерным излучением поверхностей.

Работа проведена в институте теплофизики СО РАН при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект номер 15-19-10025)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kabov O.A., Zaitsev D.V. Effect of shear stress and gravity on rupture of a locally heated liquid film // *Multiphase Science and Technology*. - 2009. - Т. 2. - N. - 3. - С. 249-266.
2. Zaitsev D. V., Kabov O. A., Cheverda V. V., Bufetov N. S.. The Effect of Wave Formation and Wetting Angle on the Thermocapillary Breakdown of a Falling Liquid Film // *High Temperature*. - 2004. - Т. 42. - N 3. - С. 450-456.
3. Nakoryakov V. E., Misyura S. Y., Elistratov S. L., Boiling crisis in droplets of ethanol water solution on the heating surface // *Journal of Engineering Thermophysics*, 2013. - Т. 22. - N. 1.- С. - 1-7.
4. Misyura S.Y., Nakoryakov V.E., Elistratov S.L., Evaporation of water solution droplets on a horizontal heating surface // *Int. J. Energy Technol.* - 2012. - Т. 4. - N .9. -С . 1–7
5. Kuznetsov G. V., Zakharevich A. V., Bel'kov N. S.. Effect of heat-transfer conditions on the ignition characteristics of liquid fuel // *Chemical and Petroleum Engineering*. – 2014. - Т. 50. - С. 424-429.
6. Zakharevich A. V., Bel'kov N. S.. Experimental research of heat transfer conditions influence on the distillate fuels ignition characteristics // *EPJ Web of Conferences*. - 2014. Т. 76.
7. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Influence of radiative heat and mass transfer mechanism in system water droplet - high-temperature gases on integral characteristics of liquid evaporation // *Thermal Science*. - 2015. - Т. 19. - N. 5. - С. 1541–1552.
8. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A., Volkov R.S. Experimental investigation of evaporation enhancement for water droplet containing solid particles in flaming combustion area // *Thermal Science*. - 2016. - Т. 20. - N 1. - С. 131–141.
9. Кузнецов Г.В., Орлова Е.Г., Феоктистов Д.В. Испарение капель жидкостей с поверхности анодированного алюминия // *Теплофизика и аэромеханика*. - 2016. - Т. 23. N - 1. - С. 17-22.
10. Семенов А. А., Феоктистов Д.В., Зайцев Д. В., Кузнецов Г. В., Кабов О. А. Экспериментальное исследование испарения капли жидкости на нагреваемой твердой поверхности // *Теплофизика и аэромеханика*. - 2015. - Т. 22. - N. 6. - С. 801-804.

11. Кузнецов Г. В., Орлова Е.Г., Феоктистов Д.В. Режимы растекания капли воды по подложкам с различной смачиваемостью // Инженерно-физический журнал. - 2016. - Т.89. - N 2. - С. 310-315.
12. Bo Wu, Ming Zhou, Jian Li, Xia Ye, Gang Li, LanCai Superhydrophobic surfaces fabricated by microstructuring of stainless steel using a femtosecond laser // Applied Surface Science. - 2009. - Т. 256. - С. 61–66.
13. Cardoso M.R., Tribuzi V., Balogh D.T., Misoguti L., Mendonca C.R. Laser microstructuring for fabricating superhydrophobic polymeric surfaces // Applied Surface Science. - 2011. - Т. 257. - С. 3281–3284.

Научный руководитель: Феоктистов Д.В., к.т.н., научный сотрудник института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

NATURAL CONVECTION OF NANOFLUID FROM AN ISOTHERMAL VERTICAL FLAT PLATE USING SINGLE-PHASE MODEL

Hoang Hiep¹, Sheremet Mikhail A.^{1,2}

¹Department of Nuclear and Thermal Power Plants, Tomsk Polytechnic University

²Department of Theoretical Mechanics, Tomsk State University

Abstract: Free convection from an isothermal vertical wall embedded in a water-based nanofluid is studied numerically using boundary layer approach and similarity method. The obtained results allow to analyze the effects of nanoparticles volume fraction and type of nanoparticles material on nanofluid flow and heat transfer.

1. Introduction

Obviously, low thermal conductivity coefficient of traditional coolants is the main problem that prevents to an intensification of heat transfer in energy systems. It has been shown experimentally [1, 2], that one of interesting and effective technique for the heat transfer enhancement is to add metallic nanoparticles or their oxides inside the conventional fluids. The obtained fluid known as nanofluid is the suspension of clear fluid and metallic nanoparticles or their oxides. A large number of conflicting experimental data does not allow to clearly explain the reasons for a significant change in transport regimes of mass, momentum and energy in nanofluids. Therefore, the most effective method for the study of hydrodynamics and heat transfer in these environments is to solve the equations of mathematical physics, developed on the basis of the conservation laws of continua mechanics.

2. Mathematical model

In the present work we numerically analyzed free convection of nanofluid from the vertical isothermal flat plate presented in Fig. 1.