

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



МАТЕРІАЛИ
XVII Всеукраїнської
науково-технічної конференції
**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

26-29 вересня 2018 року, м. Одеса

26-29 вересня 2018 року, м. Одеса АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

ОДЕСА
2018

УДК 620
ББК 31+51
А 43

Рекомендовано до друку Науково-технічною радою Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, протокол № 1 від 25 вересня 2018 року.

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Голова:

Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Заступники голови:

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент;

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Члени оргкомітету:

Бошкова І.Л.	Крусір Г.В.	Тітлов О.С.
Гоголь М.І.	Лук'янов М.М.	Шпирко Т.В.
Железний В.П.	Мазур В.О.	Хлієва О.Я.
Зацеркляний М.М.	Ольшевська О.В.	Цикало А.Л.
Івченко Д.О.	Сагала Т.А.	Якуб Л.М.
Кологривов М.М.	Семенюк Ю.В.	

ПЛЕНАРНА ДОПОВІДЬ

Актуальні проблеми енергетики та екології /

А 43 Матеріали XVII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса, Бондаренко М. О., 2018. – 196 с.
ISBN 978-617-7613-26-7

УДК 620
ББК 31+51

Відповідальний за випуск: Семенюк Ю.В., завідувач кафедри теплофізики та прикладної екології ОНАХТ
За достовірність інформації відповідає автор публікації

© Одеська національна академія харчових технологій
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
© Факультет нафти, газу та екології

ISBN 978-617-7613-26-7

УДК 536.242

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Мельник Е.Ю., Лукьянов Н.Н., Денисов Ю.П.
Одеська національна академія харчових технологій

Примеси твердых частиц в жидкости вызывают повышение теплопроводности теплоносителей. В исследованиях, направленных на изучение потенциала повышения теплоотдачи с использованием в качестве теплоносителя суспензий ранее, как правило, использовались частицы, размер которых не превышал несколько микрон [1]. Несмотря на более высокую теплопроводность по сравнению с базовыми жидкостями суспензии не обладали необходимой седиментационной устойчивостью, что приводит к засорению каналов теплообменных аппаратов. Для того чтобы устранить эту проблему, было предложено использовать технические жидкости с примесями наноразмерных частиц, которые образуют устойчивые коллоидные растворы, которые получили название нанофлюидов [2].

Следует заметить, что изменяя концентрацию наночастиц в базовой жидкости можно фактически регулировать его теплофизические свойства. Использование нанотехнологий открывает широкий потенциал для создания нового поколения рабочих жидкостей с заданными теплофизическими и технологическими свойствами, необходимыми для повышения энергетической эффективности теплообменных аппаратов. Даже небольшое увеличение коэффициента теплопередачи (КТ) при вынужденной конвекции может привести к значительному снижению материальных и энергетических затрат на производство, эксплуатацию и обслуживание теплообменного оборудования.

Однако добавление наночастиц в базовые теплоносители может приводить к получению противоречивых эффектов при различных режимах течения [3]. К числу таких эффектов могут быть отнесены увеличение вязкости теплоносителей в присутствии наночастиц, увеличения гидравлических потерь и, как следствие, увеличение затрат энергии на перекачку теплоносителей в теплообменных аппаратах и т.п. Кроме того следует подчеркнуть, что приведенные в литературе экспериментальные данные, полученные для ламинарного режима течения теплоносителей в круглых трубах при постоянной удельной тепловой нагрузке, являются противоречивыми. В настоящее время в литературе приведено очень мало экспериментальных данных об изменении локальных коэффициентов теплоотдачи при течении нанофлюидов. Выполненный анализ информации показывает, что большинство экспериментальных данных для однофазного конвективного теплообмена получен для нанофлюидов на водной основе. При этом вопросы целесообразности применения нанотехнологий в холодильной технике и в высокотемпературных теплообменных аппаратах остаются недостаточно изученными.

Исходя из изложенного следует, что задача экспериментального исследования однофазного конвективного теплообмена при различных режимах течения нанотеплоносителей и удельных тепловых нагрузках по-прежнему остается актуальной.

Целью настоящей работы является разработка и создание универсальной экспериментальной установки для исследования локальных коэффициентов теплоотдачи и гидравлических потерь при принужденной конвекции тепло и теплоносителей в широких интервалах параметров состояния.

Схема экспериментальной установки для исследования локальных и средних значений коэффициентов теплоотдачи при вынужденном течении нанофлюидов показана на рисунке 1. Теплоноситель прокачивается по замкнутому контуру экспериментального стенда с помощью вихревых насосов 12. Расход теплоносителя может регулироваться вентилем 13, который уста-

новлен на байпасной линии. Массовый расход теплоносителя измеряется с помощью расходомера шестеренчатого типа 14, который работает в диапазоне от 15 до 450 л/час. Неопределенность измерения расхода теплоносителя не превышает 1%. Рабочий участок 3 экспериментальной установки представляет собой трубку из нержавеющей стали (AISI 321), имеющую внешний диаметр 4 мм, толщину стенки 0,25 мм и длину 2,4 м. Часть трубы до рабочего участка, на котором подводится электрическая энергия от стабилизированного источника питания 1 используется для гидродинамической стабилизации потока теплоносителя. Длину участка стабилизации можно изменять за счет подключения или отключения обогреваемых участков трубы. Для обеспечения прямого и горизонтального положения измерительного участка установки используется растягивающее устройство с массой грузов 20 кг. Источник питания (BVP PS15V100A, с точностью стабилизации мощности 0,01 Вт) используется для регулирования постоянного теплового потока на отдельных участках трубы экспериментальной установки. Для этой цели, нагретая часть трубы 3 разделена на 8 частей, которые могут подключаться к источнику питания 1 с помощью переключателя нагрузки 2. Разъемы 9 и 17 используются для электрической изоляции рабочего участка от других металлических частей гидравлической системы экспериментальной установки. Чтобы предотвратить потерю тепла в окружающую среду от рабочего участка экспериментальной установки трубка 3 помещена в вакуумную камеру 4. Вакуумная система экспериментальной установки позволяет поддерживать динамический вакуум менее 100 Па. Все соединительные трубопроводы гидравлического контура экспериментальной установки изолированы изоляцией толщиной 8 мм с теплопроводностью менее 0,04 Вт/(м К). На наружной поверхности рабочего участка установлены 3 абсолютные медь константановые термопары и 12 дифференциальных термопар. Абсолютные термопары предназначены для измерения температуры стенки трубы на входе теплоносителя в рабочий участок на выходе из него. Дифференциальные медь-константановые термопары предназначены для измерения температуры стенки трубы по всей ее длине. Для исключения электрического контакта с рабочим участком все спай термопар припаяны к миниатюрным контактам (2-2 мм), которые выполнены из высокотеплопроводной керамики. Эти контакты припаяны на определенном расстоянии друг от друга на наружной поверхности трубы.

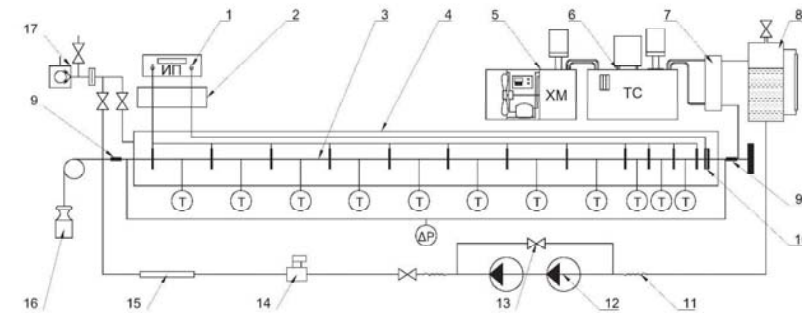


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки по исследованию коэффициентов теплоотдачи при вынужденном течении нанофлюидов: 1 - Источник питания; 2 - Переключатель секций нагрева; 3 - Трубка рабочего участка; 4 - Вакуумная камера; 5 - Холодильная машина; 6 - Термостат; 7 - Теплообменник; 8 - Резервуар; 9 - Электронизольатор; 10 - Блок термопар рабочего участка; 11 - Виброизолятор; 12 - Вихревой насос; 13 - Вентиль байпасной линии; 14 - Расходомер; 15 - Подогреватель; 16 - Груз для натяжки трубы рабочего участка; 17 - Вакуумная система

С целью изучения влияния наночастиц на профиль температур при ламинарном течении теплоносителя в трубе в разьеме 10 установлены 6 абсолютных медь-константановых термопар, диаметр термоэлектродов которых на превышал 0.05 мм.

Все термопары прошли калибровку непосредственно на рабочем участке при турбулентном режиме течения теплоносителя. Все измерения температур, перепадов температур и показаний преобразователей давления на входе теплоносителя на рабочий участок и выходе из него фиксируются с системой сбора данных с использованием мультиметра (Picotest M3500A).

Как известно [4], коэффициент теплоотдачи нанотеплоносителя зависит от температуры на входе в рабочий участок. Поэтому перед входом нанотеплоносителя в рабочий участок и выходом из него установлены специальные камеры смешения, в которых установлены платиновые термометры сопротивления, чтобы точно измерить среднюю температуру потока теплоносителя.

Заполнение гидравлической системы экспериментальной установки теплоносителем (около 1,5 дм³ по объему) проводилось через заправочную емкость 8. Вся гидравлическая часть экспериментальной установки перед заправкой теплоносителем предварительно вакуумировалась.

Локальные коэффициенты теплопередачи могут быть рассчитаны по закону Ньютона при установившемся стационарном режиме течения теплоносителя через рабочий участок

$$\alpha(x) = \frac{q}{(T_w(x) - T_b(x))}, \quad (1)$$

где $q = M \cdot c_p \Delta T / A$ - плотность теплового потока (Вт/м²); M - массовый расход (кг / с); C_p - удельная теплоемкость жидкости (Дж/ (кг К)); A - площадь поверхности канала (м²); ΔT - разность температур теплоносителя в определенных сечениях канала (К); $T_w(x)$ - локальная температура стенки канала (К) и $T_b(x)$ - локальная объемная температура жидкости (К), рассчитанная следующим образом:

$$T_b(x) = t_{out} - \frac{q \cdot \pi \cdot D \cdot x}{M \cdot c_p}, \quad (2)$$

где T_{out} - температура на выходе теплоносителя из рабочего участка (К); D - внутренний диаметр трубки (м) и x - осевое положение спаев термопар (м).

Располагая информацией о локальных значениях коэффициента теплоотдачи производится расчет локальных значений значение числа Нуссельта

$$Nu(x) = \frac{\alpha(x)D}{\lambda}, \quad (3)$$

где λ - теплопроводность теплоносителя (Вт/(м К)).

Среднее значения коэффициента теплоотдачи и числа Nu могут быть получены путем численного интегрирования.

На созданной экспериментальной установке предполагается проведение исследований влияния наночастиц и фуллеренов на локальные и средние значения коэффициента теплоотдачи при вынужденном течении теплоносителей, их влияние на потери давления на рабочем участке и затраты энергии на циркуляцию теплоносителя по гидравлическому контуру.

Список литературы

- [1] A. S. Ahuja, Augmentation of heat transport in laminar flow of polystyrene suspensions. experiments and results[Text] / A. S. Ahuja// Journal of Applied Physics. -1975.- Vol.46. Issue 8. – P. 3408-3416.
- [2] S. U. Choi, J. A. Eastman, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles[Text] /S. U. Choi, J. A. Eastman// Argonne National Lab., IL (United States). - 1995.
- [3] B. Raja, Convective heat transfer characteristics of silver-water nanofluid under laminar and turbulent flow conditions [Text] / L. Godson, B. Raja, D. M. Lal, S. Wongwises //Journal of Thermal Science and Engineering Applications. -2012. - Vol.4. Issue 3.
- [4] A. Minakov, Study of turbulent heat transfer of the nanofluids in a cylindrical channel [Text] /A. Minakov, D. Guzei, M. Pryazhnikov, V. Zhigarev, V. Y. Rudyak // International Journal of Heat and Mass Transfer. -2016. - Vol.102. P. 745-755.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ Калініченко І.В., Сидорова В.В.	118
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОНТУРОВ КОЛЬЦЕВОЙ ГАЗОВОЙ СЕТИ Кологривов М.М., Бузовский В.П.	120
ДЛИНА ФАКЕЛА ПЛАМЕНИ ГОРЕЛКИ Кологривов М.М., Григорьев А.О.	124
ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПЕНТЕНЦІЙНОЇ ПАРИ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ХОЛОДУ Кошельник О.В., Долобовська О.В.	127
МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 100 Т/ЧАС ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УТРАТЫ КОКСА И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ Круглякова О.В., Макей А.И.	128
ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ МОДЕРНИЗАЦІЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ Круглякова О.В., Яхоніна А.Д.	129
ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ Лужанська Г.В., Назаров І., Мангір А.С.	130
РАСЧЁТ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРИСТЫХ ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА С РАБОЧИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ФРЕОН - 12 Лукиша А.П.	132
РОЗРОБКА ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА НИЗЬКОПЕНТЕНЦІАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ Мазуренко С.Ю., Магурян Н.С., Возиянов А.И.	136
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ Мельник Е.Ю., Лукьянов Н.Н., Денисов Ю.П.	138
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК Ободович О.М., Булій Ю.В.	142
НАУКОВІ ОСНОВИ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНОСОСНИХ УСТАНОВОК Остапенко О. П.	143
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ Потапов М.Д., Дорошенко Ж.Ф., Пуникверский А.Ф.	145
ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ СКИДНОЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ Радченко Р.М., Калініченко І.В., Зубарев А.А., Богданов Н.С.	147
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТІВ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ НАНОЧАСТИНОК ТА МОДИФІКАЦІЇ ТЕПЛОБІМННОЇ ПОВЕРХНІ Семенюк Ю.В., Хлієва О.Я., Лук'янова Т.В.	149
ТЕПЛООБМЕН ГРАВИТАЦИОННОГО СЛОЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА С ПОВЕРХНОСТЬЮ Титарь С.С., Бабаев Е.С.	153

ВИБРАЦИЯ ТРУБЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛООБМЕН С ПЛОТНЫМ СЛОЕМ Титарь С.С., Дариенко Б.Е.	154
РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ Титлов А.С., Васильев О.Б.	155
РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПАРОЭЖЕКТОРНОЙ И АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА И ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА Титлов А.С., Дьяченко Т.В., Сагала Т.А., Артюх В.Н., Алнамер А.	157
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ИХ ЭЛЕМЕНТАХ Титлов А.С., Осадчук Е.А., Биленко Н.А.	160
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР Титлов А.С., Петушенко С.Н., Устенко Р.А.	162
РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ Титлов А.С., Тюхай Д.С., Титлова О.А., Березовская Л.В., Адамбаев Д.Б.	164
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА КОМБИНИРОВАННОГО АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ПРИБОРА Титлов А.С., Холодков А.О., Приймак В.Г., Гратий Т.И.	167
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ЖИДКОСТНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА Халак В.Ф.	170
ВПЛИВ ДОМШОК ФУЛЕРЕНІВ C60 НА ГУСТИНУ ОРТО-КСИЛОЛУ Ханчич К.Ю., Мотовий І.В.	172
ЛИМИТИРУЮЩИЕ СТАДИИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ АММИАКА В СИСТЕМЕ АММИАК – ВОДЯНОЙ ПАР – ВОДА Цейтлин М.А., Райко В.Ф.	175
СЖИГАНИЕ СЕРНИСТОГО ТОПЛИВА В КИПАЩЕМ СЛОЕ Шевчук В. И., Гирияк В.В., Мудрая С.Г.	177
ВЫБОР СПОСОБА ШЛАКОУДАЛЕНИЯ Шевчук В.И.	179
МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМА ТЕМПЕРАТУРА ПІДГРІВУ ПОВІТРЯ В РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНИХ РЕКУПЕРАТОРАХ Шраменко О.М., Медвідь А.Н., Ревенко В.О.	181
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОТВЕРДІЛИХ МЕТАНУ CH ₄ , ПЕРФОРМЕТАНУ CF ₄ ТА ПЕРХЛОРМЕТАНУ CCL ₄ Якуб Л.М., Бодюл О.С.	183
THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES Kirilov V.Kh., Titlov A.S., Osadchuk E.A.	185
PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF SEASONAL HOUSEHOLD REFRIGERATOR Selivanov A.P., Titlov A.S.	188

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

**Матеріали XVII Всеукраїнської науково-
технічної конференції**

Мови видання: українська, російська, англійська

Підписано до друку 17.10.2018 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 11,39. Наклад 300 прим.
Зам. № 1710/1.

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 0482 35 79 76
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.