

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**МАТЕРІАЛИ**

**XVI Всеукраїнської**  
**науково-технічної**  
**конференції**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ**  
**ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса



ОДЕСА

2016

## ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Голова:**

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

**Замісники:**

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:**

Артеменко С.В.

Бошкова І.Л.

Бошков Л.З.

Василів О.Б.

Гоголь М.І.

Дьяченко Т.В.

Желєзний В.П.

Зацеркляний М.М.

Князева Н.О.

Кологривов М.М.

Котлик С.В.

Крусір Г.В.

Мазур В.О.

Мазур О.В.

Мілованов В.І.

Морозюк Л.І.

Нікулина А.В.

Ольшевська О.В.

Плотніков В.М.

Роганков В.Б.

Роженцев А.В.

Сагала Т.А.

Семенюк Ю.В.

Смирнов Г.Ф.

Тітлов О.С.

Шпирко Т.В.

Хлієва О.Я.

Хмельнюк М.Г.

Хобин В.А.

Цикало А.Л.

Відповідальний за випуск: Тітлов О.С., завідувач кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв

Мова видання: українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Рекомендовано до друку Радою факультету прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій, протокол № 2 від 21 вересня 2016 року.

**А 43 Актуальні проблеми енергетики та екології /** Матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. – 312 с.

**ББК 31:20.1**

**ISBN 978-966-930-137-6**

© Одеська національна академія харчових технологій

© Факультет прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій

**СЕКЦІЯ 2:**

**ПРОЦЕСИ ТЕПЛОМАСООБМІНУ  
І ТЕПЛОМАСООБМІННІ АПАРАТИ**

**НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ  
І ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ**

**ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕПЛОНОСІЇВ  
І РОБОЧИХ ТІЛ**

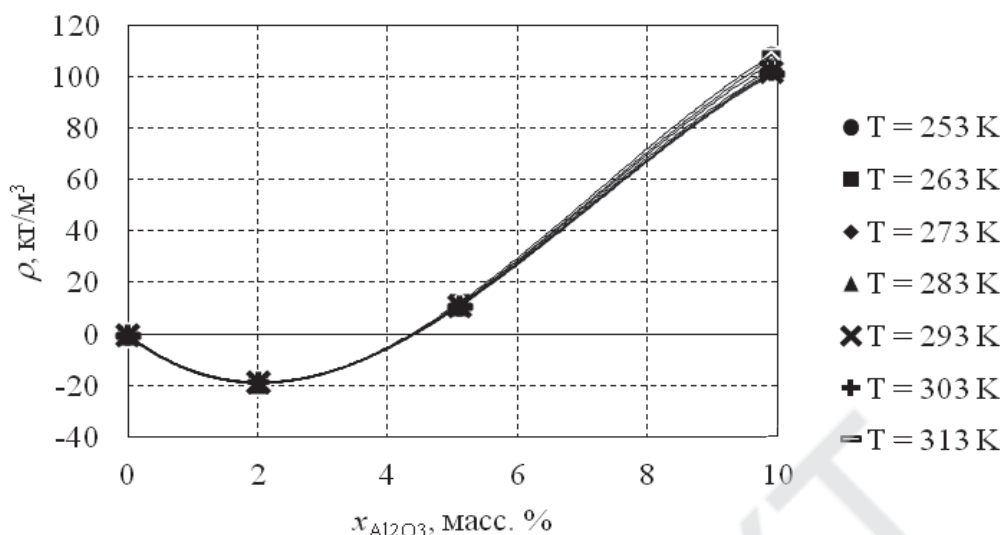


Рис. 2 – Ізотерми надлишкової густини досліджених нанофлюїдів.

## ЕКСПЕРИМЕНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОМІШОК ФУЛЕРЕНІВ $C_{60}$ НА В'ЯЗКІСТЬ КОМПРЕСОРНОГО МАСЛА ХФ16-12 І РОЗЧИНІВ ХОЛОДОАГЕНТУ R600a /МАСЛО ХФ16-12

Мороз С.О., аспірант, Лозовский Т.Л., канд. техн. наук, доцент, Лук'янов Н.Н.  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Одним із шляхів підвищення енергетичної ефективності типового парокомпресійного холодильного обладнання є застосування нанохладагентів, що складаються з розчину хладагента з компресорним маслом, в яке додано певну кількість наночастинок [1 - 3]. Вивчення теплофізичних властивостей робочих тіл парокомпресійних холодильних машин з домішками наночастинок є актуальною проблемою, яка вимагає свого вирішення, оскільки саме термодинамічні і транспортні властивості визначають як величину показників ефективності компресорної холодильної системи, так і інтенсивність процесів теплообміну в апаратах холодильних установок.

Перспективи використання фулеренів для поліпшення трибологічних властивостей моторних і компресорних масел з метою зменшення тертя в сполучених елементах машин, є в даний час предметом пильного вивчення [1,3]. Разом з тим дані про вплив фулеренів на в'язкість, реальних робочих тіл парокомпресійних холодильних машин (розчинів холодоагент/ компресорне масло) практично відсутні.

Згідно з викладеним, метою даної роботи було експериментальне дослідження впливу домішок фулеренів на в'язкість компресорного масла, а також розчинів холодоагент/ мастило (РХМ). Компонентами об'єктів дослідження були: холодоагент R600a (ізобутан), компресорне мінеральне масло ХФ16-12 (в'язкість при 40°C 16 сСт) і фулерени  $C_{60}$ .

Дослідження в'язкості розчину мінерального масла ХФ 16-12 з домішками фулеренів  $C_{60}$  проводилися при трьох концентраціях  $C_{60}$ : 0,1, 0,2 і 0,25 мас. %. Технологія приготування наномасла полягала в диспергуванні наночастинок  $C_{60}$  в компресорному маслі в ультразвуковій ванні Codison CD 4800 з частотою 42 кГц протягом 30 хвилин. Тривале (протягом 1 місяця) спостереження за компресорним маслом з добавками наночастинок (наномаслом) показало добру агрегативну стійкість фулеренів (без випадання осаду та помутніння) для трьох прийнятих для подальшого дослідження концентрацій наночастинок. Для приготування робочого тіла R600a/ХФ16-12/  $C_{60}$  певну кількість наномасла змішувалося з необхідною кількістю холодоагенту без додаткового ультразвукового диспергування.

Дослідження в'язкості компресорного масла як чистого, так і з добавками фулеренів проведені на експериментальній установці, основним елементом якої є скляний капілярний віскозиметр з висячим рівнем. Розширена невизначеність вимірювання кінематичної в'язкості в дослідженому діапазоні параметрів не перевищувала 0,5 мм<sup>2</sup>/с. Для апроксимації отриманих експериментальних даних було

використано рівняння Вальтера, в якому в результаті обробки експериментальних даних була отримана залежність коефіцієнтів від масової концентрації фулеренів в маслі.

Температурна залежність різниці значень кінематичної в'язкості масла ХФ-16-12 і наносла ХФ-16-12 /  $C_{60}$  при декількох значеннях масової концентрації фулеренів  $C_{60}$  у ньому наведена на рисунку 1. З наведеного рисунка випливає, що навіть невеликі кількості домішки фулеренів  $C_{60}$  призводять до істотного зниження в'язкості масла при низьких температурах.

Цей ефект сприяє поліпшенню запуску холодильного компресора, а також унесення масла з випарника, і, як наслідок, повинен підвищити ефективність процесу теплообміну в випарнику холодильної компресорної системи. З урахуванням незначного впливу фулеренів на в'язкість масла при високих температурах, можна стверджувати, що основною причиною зниження споживання енергії компресором при використанні наносла [2] слід вважати зменшення сил тертя в сполучуваних деталях компресора. Присутність невеликої кількості сферичних наночастинок (таких як фулерени) у маслі в силу форми і невеликих розмірів не перешкоджає переміщенню окремих шарів рідини при її русі відносно один одного, а навпаки призводить до зниження внутрішнього тертя між цими шарами [1,2]. Проте при збільшенні концентрації наночастинок можуть утворювати великі асиметричні агломерати, що буде сприяти підвищенню в'язкості.

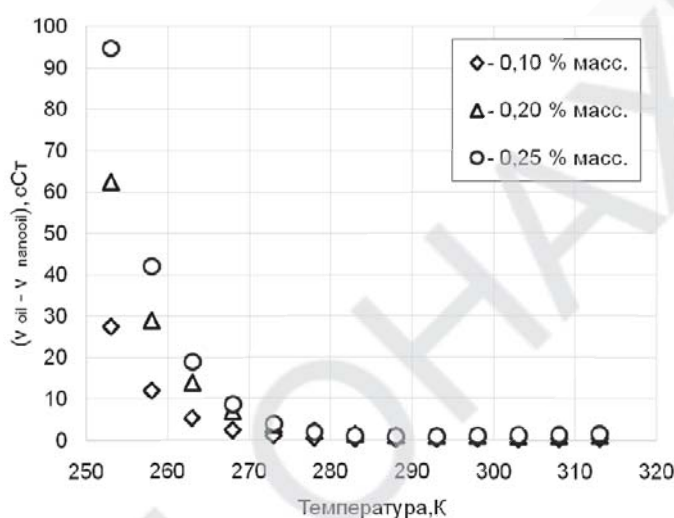


Рис. 1 - Температурна залежність різниці значень кінематичної в'язкості масла ХФ-16-12 і наносла ХФ-16-12 /  $C_{60}$

Виявлений у представленому дослідженні ефект зниження в'язкості при добавці в масло фулеренів можна пояснити тим, що обрані для дослідження концентрації наночастинок були нижче концентрацій початку утворення агрегатів. Цей висновок побічно підтверджується відсутністю помутніння масла при виконаному дослідженні коефіцієнта пропускання для вивчених зразків наносла з допомогою спектрофотометра Shimadzu UV-120-02 в оптичних комірках з довжиною оптичного шляху 1,05 мм.

Експериментальне дослідження динамічної в'язкості -  $\eta$  розчинів холодоагент/масло і холодоагент/наносла виконано на віскозиметрі Гепплера. Точну кількість заправлених компонентів визначали по зміні маси заправного балона до і після заправки компонентів у віскозиметр. Маса заправних балончиків визначалася з використанням аналітичних ваг марки GR-300 з межами відхилень від оцінки вимірних значень маси  $5 \cdot 10^{-7}$  кг. Температура в проведених дослідженнях в'язкості вимірювалася платиновим термометром опору (ТЕРА 500Pt) з межами відхилень від оцінки вимірних значень температури 0,3 К.

Для визначення постійної приладу, проводилося градування віскозиметра з рідиною з певною в'язкістю. Градування проводилася на двох кульках різної маси та діаметра для охоплення всього діапазону змін в'язкості досліджуваних зразків. Для тарувальної рідини було обрано мінеральне компресорне масло, значення в'язкості якої було визначено на капілярному віскозиметрі ВПЖ з розширеною невизначеністю не більше 0,039 мм<sup>2</sup>/с.

Дослідження в'язкості РХМ було проведено в діапазоні температур від 263 до 283 К при наступних концентраціях холодоагенту в маслі –  $w_{\text{ref}}$ : 0,25, 0,5 і 0,65 % мас. Дослідження в'язкості РХМ з добавками фулеренів було проведено при зазначених концентраціях холодоагенту в маслі і при концентрації фулеренів 0,2 % мас. Виконаний аналіз показує, що розширена невизначеність вимірювання в'язкості РХМ і наноРХМ у проведених дослідженнях в залежності від діапазону знаходиться в межах 0,02-0,88 мПа·с. У доповіді

виконаний аналіз отриманих результатів дослідження впливу добавок фулеренів на в'язкість розчинів холодоагент масло.

### Література

1. Ku, B. C. et al. Tribological effects of fullerene ( $C_{60}$ ) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity // *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. – 2010. – Т. 11. – №. 4. – С. 607-611.
2. Rashidi, A. et al. Thermal and rheological properties of oil-based nanofluids from different carbon nanostructures // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. – 2013. – Т. 48. – С. 178-182.
3. Мороз С. А., Хлиева О. Я., Лукьянов Н. Н., Железный В. П. Экспериментальное исследование влияния примесей фуллеренов  $C_{60}$  в компрессорном масле и величины вязкости масла на показатели эффективности холодильной компрессорной системы // *Вестник Международной академии холода*. 2016. № 1. С. 41–46.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ й РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ та В'ЯЗКОСТІ трикомпонентних ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СПИРТІВ

Полюганіч М.П., Хлієва О.Я., канд. техн. наук, доцент, Нікуліна А.С., канд. техн. наук  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Багатокомпонентні водні розчини спиртів знаходять широке застосування в енергетиці, а також у фармацевтичній, харчовій, хімічній галузях промисловості. Однак наявна в літературі інформація о теплофізичних властивостях багатокомпонентних, зокрема трикомпонентних водних розчинів одно- і багатоатомних спиртів не в повній мірі відповідає практичним запитам. Ситуація, що склалася з інформаційним забезпеченням даними о теплофізичних властивостях багатокомпонентних розчинів спиртів пояснюється як різноманітністю компонентного складу таких розчинів, так і недосконалістю існуючих методів прогнозування стосовно термодинамічних систем до складу яких входять асоційовані речовини. Проведення дорогих експериментів по дослідженню теплофізичних властивостей різноманітних розчинів в широкому інтервалі концентрацій і температур не завжди економічно виправдано. Тому можна констатувати необхідність розробки методів прогнозування теплофізичних властивостей трикомпонентних водних розчинів спиртів при наявності обмеженої експериментальної інформації.

Для вирішення поставлених в роботі завдань спрямованих на створення методів прогнозування густини і в'язкості водних розчинів спиртів була проведена серія експериментів. В якості об'єктів дослідження розглядалися розчини вода / етанол / пропіленгліколь різного складу. Експериментальні дані про густину були отримані пікнометричним методом в інтервалі температур 248 - 303 К, при декількох концентраціях компонентів, значення яких наведені на рисунок 1. Розширена невизначеність отриманих експериментальних даних не перевищувала 0,2%. Визначення кінематичної в'язкості холодоносіїв виконано в інтервалі температур 248 - 303 К на експериментальній установці, основним елементом якої є скляний капілярний віскозиметр з висячим рівнем типу ВПЖ-2 і ВПЖ-4. Похибка вимірювання температури не перевищувала 0,2 К, розширена невизначеність вимірювання в'язкості складала 0,2%.

Виконаний аналіз методів прогнозування теплофізичних властивостей речовин і розчинів рідин показує, що в умовах обмеженої експериментальної інформації о густині багатокомпонентних розчинів доцільно використовувати запропоновану в роботах [1, 2] кореляцію:

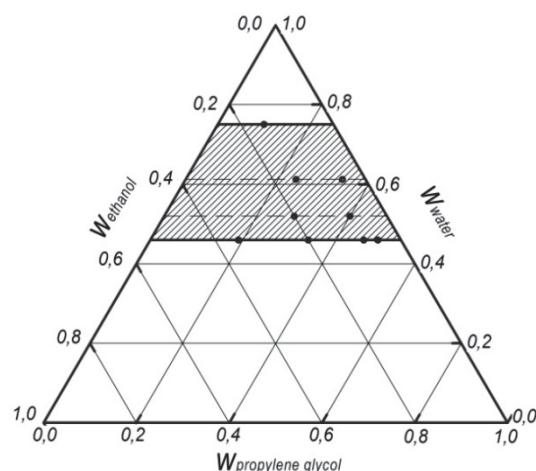


Рис. 1 - Діаграма розчинів вода / етанол / пропіленгліколь (область, що заштрихована відповідає складу розчинів, перспективних у якості холодоносіїв): • - концентрації, при яких були виміряні густина і в'язкість

СТРУЙНЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМАХ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТИ <i>Петухов И. И., Шахов Ю.В.</i> .....	37
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКЦІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ Й ВТРАТ НАПОРУ ПРИ ВИМУШЕНОМУ РУСІ НАНОХОЛОДОНОСІЯ НА ОСНОВІ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ В ТРУБИ <i>Рябікін С.С., Хлієва О.Я.</i> .....	41
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У НАНОФЛЮЇДІ ІЗОПРОПІЛОВИЙ СПИРТ / НАНОЧАСТИНКИ $Al_2O_3$ <i>Лозовський Т. Л., Железний В. П., Мотовой И. В., Гордейчук Т.В.</i> .....	42
АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ <i>Хлієва О.Я.</i> .....	43
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПОСДНАННЯ АВІАЦІЙНИХ БЕНЗИНІВ З АЛІФАТИЧНИМИ СПИРТАМИ <i>Бойченко С.В., Кондакова О.Г.</i> .....	45
ВРАХУВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА УМОВ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ГТС ТА ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ LNG СУДНА <i>Волинський Д. А.</i> .....	46
ТЕРМОДИНАМІЧНА РІВНОВАГА СУМІШІ ХОЛОДОАГЕНТІВ R407C І R410A З КОМПРЕСОРНИМИ МАСТИЛАМИ <i>Геллер В.З., Губанов С.Н.</i> .....	50
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ЛИОФОБНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО СЕЛИКАГЕЛЯ <i>Железний В.П., Лозовський Т.Л., Лук'янов М.М., Нікулін А.Г.</i> .....	50
УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОГЕННИХ ЛІОФОБНИХ СИСТЕМ <i>Железний В.П., Лозовський Т.Л., Лук'янов М.М., Нікулін А.Г.</i> .....	52
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ РІДКОЇ ФАЗИ РОЗЧИНІВ ДИМЕТИЛОВОГО ЕТЕРУ (DME) З ТРИЕТИЛЕНГЛІКОЛЕМ (TEG) <i>Івченко Д.О., Мотовой І.В., Лозовський Т.Л.</i> .....	54
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ НАНОФЛЮЇДІВ ІЗОПРОПАНОЛ / $Al_2O_3$ <i>Лозовський Т.Л., Полюганіч М.П., Швидюк Г.О.</i> .....	55
ЕКСПЕРИМЕНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОМІШОК ФУЛЕРЕНІВ $C_{60}$ НА В'ЯЗКІСТЬ КОМПРЕСОРНОГО МАСЛА ХФ16-12 І РОЗЧИНІВ ХОЛОДОАГЕНТУ R600a /МАСЛО ХФ16-12 <i>Мороз С.О., Лозовський Т.Л., Лук'янов Н.Н.</i> .....	57
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ Й РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ ТА В'ЯЗКОСТІ ТРИКОМПОНЕНТНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СПИРТІВ <i>Полюганіч М.П., Хлієва О.Я., Нікуліна А.С.</i> .....	59
ТЕРМОДИНАМІЧНА РІВНОВАГА СУМІШІ ХЛОДОГЕНТІВ R407C І R410A З КОМПРЕСОРНИМИ МАСЛАМИ <i>Романенко В.С.</i> .....	61
ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОФЛЮИДАМИ ПРИ ИХ КИПЕНИИ <i>Семенюк Ю.В., Никулин А.Г.</i> .....	62
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КИПЕНИИ НАНОФЛЮИДОВ В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ <i>Якуб Л.Н., Бодюл Е.С.</i> .....	65
ПЛАВЛЕНИЕ И СВОЙСТВА СОСУЩЕСТВУЮЩИХ ФАЗ МЕТАНА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ .....	69
<b>СЕКЦІЯ 3</b>	
<b>Енергоресурсозбереження в нафтогазовому комплексі</b> .....	72
ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ <i>Андерсон А.Ю., Кологривов М.М.</i> .....	73
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О РАСЧЁТЕ ВРЕМЕНИ СЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА АЗС <i>Бузовский В.П., Кологривов М.М.</i> .....	77
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ТИСКУ В ЛІНІЙНІЙ ЧАСТИНІ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ПРИ ЗАПУСКАХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ <i>Григорський С. Я., Середюк М. Д.</i> .....	81

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **МАТЕРІАЛИ**

**XVI Всеукраїнської  
науково-технічної конференції**

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса**

Підписано до друку 28.09.2016 р.  
Формат 60x84/8. Папір Офс.  
Ум. арк. 34,64 . Наклад 300 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С.,  
73033, м. Херсон, а/с 15  
e-mail: dimg@meta.ua  
Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011