

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 3:
**ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
В НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ТИСКУ В ЛІНІЙНІЙ ЧАСТИНІ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ПРИ ЗАПУСКАХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Григорський С. Я., канд. техн. наук, асистент, Середюк М. Д., д-р техн. наук, професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

Шляхом експериментальних досліджень, що проведені з використанням сучасних засобів вимірювання на діючому нафтопроводі, одержані закономірності зміни тиску за неусталених гідродинамічних процесів з урахуванням специфіки технології експлуатації та характеристик насосного обладнання. Виявлено характер зміни у часі тиску транспортованої нафти на вході і виході нафтоперекачувальної станції при запуску насосних агрегатів.

Побудовано експоненціальні залежності величини стрибкоподібного пониження та підвищення тиску нафти від відстані до місця виникнення збурення. Оцінено інтенсивність затухання хвилі пониженого та підвищеного тиску нафти в нафтопроводі.

Ключові слова: *неусталений гідродинамічний процес, хвиля тиску, швидкість поширення хвилі тиску, коефіцієнт затухання хвилі, стрибкоподібна зміна тиску.*

Using experimental research conducted with modern means of measuring on existing main oil-pipeline was derived patterns of pressure changes on unsteady hydrodynamic processes on the basis of specific technology operation and characteristics of domestic oil pumping equipment. Laws of pressure change over time of transported oil in inlet and outlet of the oil pumping station at start pumping units were detected.

Exponential dependence of the abrupt decrease and increase in oil pressure of the distance to occurrence of the wave was built. Intensity of decrease and increase pressure wave damping of oil in the pipeline was evaluated.

Keywords: *unsteady hydrodynamic process, pressure wave, the speed of propagation of the pressure wave, wave damping coefficient, abrupt change in pressure.*

Енергетичною складовою магістральних нафтопроводів є нафтоперекачувальні станції (НПС), які обладнані відцентровими насосними агрегатами. На кожній НПС зазвичай встановлено чотири магістральні насосні агрегати, які часто оснащені різними роторами. Одним із енергоефективних способів регулювання обсягів транспортування нафти нафтопроводом є використання різних комбінацій включених насосів на кожній НПС. Ось чому запуски і зупинки насосних агрегатів супроводжують процес експлуатації магістральних нафтопроводів. Кожна зупинка чи запуск насосного агрегату на НПС суттєво порушує усталений режим роботи нафтопроводу, спричинюючи виникнення нестационарних (перехідних) процесів, що характеризуються швидкоплинними змінами робочого тиску та витрати транспортованої рідини [1].

В роботах [2, 3] наведено системи диференціальних рівнянь, які дають змогу розрахувати перехідні процеси, спричинені раптовими змінами тиску в будь-якому перерізі нафтопроводу. Для розрахунку втрат енергії від тертя по довжині нафтопроводу використовується модифікована формула Колбрука, яка наведена в роботі [4]. Але при цьому не враховується вплив роботи насосних агрегатів на нафтоперекачувальних станціях на картину розподілу тиску і витрати нафти у нафтопроводі.

У статті [5] авторами розглядається моделювання пускових режимів НПС трубопроводу при включенні на НПС одного та декількох послідовно працюючих насосних агрегатів. Тут визначається тривалість пускового режиму НПС та максимальне падіння тиску перед НПС. Однак авторами не розглядається, як та з якою амплітудою розповсюджується хвиля тиску, яка виникає внаслідок запуску насосів. Також відсутнє порівняння отриманих теоретичних результатів з фактичними даними на діючих магістральних нафтопроводах.

У роботі [6] пропонується наближений метод аналізу закономірностей перехідних процесів в трубопроводі, спричинених запусками насосних агрегатів. Недоліком є те, що наведений метод розрахунку дає завищені результати – понад 10 % з експериментальними даними. Для реалізації даного алгоритму необхідно знати закон зміни тиску у часі на вході та виході НПС при запуску насосних агрегатів, який в більшості випадків є невідомим.

Автором статті [7] розроблено виключно аналітичний метод розрахунку закону зміни тиску на вході та виході НПС при запусках насосних агрегатів із урахуванням режимних параметрів нафтопроводу, побудовано відповідні графічні залежності. Але в даній роботі не розглянуто закономірності зміни тиску нафти по трасі нафтопроводу, спричинені запусками насосних агрегатів. Окрім того, більшість теоретично

одержаних розрахункових залежностей не підтверджені достатньою кількістю дослідних даних, одержаних на діючих магістральних нафтопроводах.

У роботах [8–10] авторами всесторонньо досліджені закономірності гідродинамічних перехідних процесів у нафтопроводах, спричинених зупинками насосних агрегатів на НПС. Тут наведено результати промислових експериментів, виконаних на діючому магістральному нафтопроводі [8, 9], викладено результати теоретичних досліджень закономірностей стрибкоподібних змін тиску на вході і виході НПС, запропоновано аналітичні вирази для коефіцієнта затухання хвилі підвищеного тиску [10]. Однак в недостатній мірі досліджено закономірності розповсюдження хвиль пониженого тиску внаслідок зупинок насосних агрегатів.

У процесі експлуатації магістральних нафтопроводів кількість запусків насосних агрегатів не менша, ніж кількість їх зупинок. Кожен запуск насосного агрегату створює не менші проблеми, ніж його зупинка. Однак закономірності гідродинамічних процесів запусків насосних агрегатів на НПС магістральних нафтопроводів не розкрито в повній мірі. Ось чому прогнозування закономірностей гідродинамічних процесів, спричинених запусками насосних агрегатів, має важливе теоретичне і практичне значення для забезпечення надійної експлуатації магістральних нафтопроводів.

Для отримання закономірностей зміни тиску на НПС та у лінійній частині трубопроводу внаслідок запусків насосних агрегатів виконано широкомасштабні довготривалі промислові експерименти на одному із вітчизняних магістральних нафтопроводів. На трасі нафтопроводу номінальним діаметром 700 мм і довжиною 400 км працюють чотири НПС, оснащені нафтовими насосами серії НМ. Для контролю процесу перекачування нафти передбачено 14 контрольних пунктів, оснащених сучасними засобами контролю режимних параметрів. Для вимірювання тиску транспортованої рідини використано давачі надлишкового тиску типу Mikrotran F-R Fishers виробництва MMG Automatika (Угорщина) з класом точності 0,075-0,1. Вимірювання тиску нафти за швидкоплинних перехідних процесів у нафтопроводі проводилось з частотою 0,2 с. Розрахункову схему експлуатаційної ділянки нафтопроводу наведено в роботі [8]. Під час проведення промислових експериментів густина транспортованої нафти змінювалась у діапазоні від 864 до 878 кг/м³. Коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти варіював від 15 до 35 сСт.

При запуску насосного агрегату на НПС утворюються хвилі підвищеного та пониженого тиску, які розповсюджуються по лінійній частині нафтопроводу зі швидкістю звуку за та проти ходу руху нафти в трубопроводі відповідно [1, 6, 7]. У результаті експериментальних досліджень виявлена однакова тенденція зміни тиску нафти на лінійній частині нафтопроводу під час перехідного процесу, спричиненого запусками насосних агрегатів. У момент підходу хвилі підвищеного тиску до контрольного пункту спостерігалось стрибкоподібне підвищення тиску, тривалістю до 30 с, після цього тиск нафти повільно зростав протягом 1,5-2 хв, і далі тиск зростав із ще меншою інтенсивністю, та стабілізувався на величині, що відповідає новому усталеному режиму експлуатації нафтопроводу.

Результати промислових експериментів показали, що величини стрибкоподібного пониження і підвищення тиску транспортованої нафти на вході та виході НПС у разі запуску на ній насосного агрегату є приблизно рівними. Встановлено, що величина стрибкоподібного підвищення тиску у довільному перерізі нафтопроводу, розміщеному після НПС, де запустили насосний агрегат зменшується за експоненціальним законом

$$\Delta P = \Delta P_{вих} \cdot \exp(-K_{nv} \cdot x), \quad (1)$$

де $\Delta P_{вих}$ – стрибкоподібне підвищення тиску на виході НПС, де відбулася зупинка одного або кількох послідовно працюючих насосів;

K_{nv} – коефіцієнт затухання хвилі підвищеного тиску;

x – відстань по трасі нафтопроводу від місця виникнення збурення тиску до довільної точки траси, що розміщена до точки збурення.

Аналогічно величина стрибкоподібного зниження тиску у довільному перерізі нафтопроводу, розміщеному на відстані x до місця запуску насоса (за рухом нафти), набуває вигляду

$$\Delta P = \Delta P_{ex} \cdot \exp(-K_{nn} \cdot x), \quad (2)$$

де ΔP_{ex} – фактичне значення стрибкоподібного пониження тиску на вході НПС, де відбувся запуск насосного агрегату;

K_{nn} – коефіцієнт затухання хвилі пониженого тиску.

Для практики експлуатації магістрального нафтопроводу важливим є адекватне прогнозування величини стрибкоподібного як підвищення тиску, так і пониження тиску у довільній точці нафтопроводу у випадку запуску насосного агрегату на будь-якій НПС. Аналіз графічних залежностей та експоненціальних математичних моделей засвідчив, що за конкретного перехідного режиму експлуатації нафтопроводу значення коефіцієнтів затухання хвилі підвищеного і пониженого тиску практично співпадають ($K_{пв} \cong K_{пн}$).

За результатами експериментальних досліджень для конкретної нафтопровідної системи, на якій проводили промислові експерименти, розроблено регресійні моделі для коефіцієнта затухання хвилі тиску. Опрацювання результатів експериментальних досліджень закономірностей перехідних процесів, спричинених запусками насосних агрегатів, дали змогу підтвердити результат, одержаний раніше у роботі [9]. Для нафтопроводу, що був об'єктом досліджень, фактична швидкість поширення хвилі тиску становить порядку 1110 м/с, що на 12 % перевищує значення, розраховане за загальноприйнятою формулою. За відомої швидкості поширення хвилі $c = 1110$ м/с і внутрішнього діаметра трубопроводу $D = 0,702$ м коефіцієнт затухання хвилі тиску в нафтопроводі представляли степеневою функцією годинної витрати нафти до запуску $Q_{год}$ і числа Рейнольдса Re

$$K_z = a \cdot Q_{год}^b \cdot Re^c, \quad (3)$$

де a, b, c – коефіцієнти регресійної моделі.

Коефіцієнти регресії визначались методом найменших квадратів за розробленою комп'ютерною програмою. З метою підвищення адекватності математичних моделей обчислювальний алгоритм передбачав перевірку кожної точки експериментальної вибірки на виконання умови Ст'юдента.

Математична модель коефіцієнта затухання хвиль підвищеного та пониженого тиску, спричинених запуском насосного агрегату на НПС, має вигляд

$$K_z = 2,505 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{год}^{0,457} \cdot Re^{0,072}. \quad (4)$$

Залежність (4) справедлива для діапазону зміни годинної витрати нафти в дослідному нафтопроводі від 1100 до 2400 м³/год та чисел Рейнольдса від 18000 до 120000. На рисунку 1 показано як залежить коефіцієнт затухання хвилі підвищеного та пониженого тиску від режиму руху та кінематичної в'язкості нафти.

Результати розрахунку коефіцієнта затухання хвилі тиску в нафтопроводі за регресійною формулою добре корелюються з результатами опрацювання промислових експериментів. Максимальне відхилення результатів по абсолютній величині не перевищує 3 %. Ці залежності можна застосовувати для розрахунку стрибкоподібних змін тиску при перехідних процесах, спричинених запусками насосних агрегатів на НПС нафтопроводу, що досліджувався.

Висновки.

1. Промислові експерименти засвідчили, що перехідний процес як на вході, так і на виході НПС, при запуску насосного агрегату можна розбити на три етапи, що різняться інтенсивністю зміни тиску у часі: перший, тривалістю до 30 с відповідає стрибкоподібній зміні тиску; другий, тривалістю до трьох хвилин, відповідає більш повільній зміні тиску, і третій, тривалістю до 20–25 хвилин, ще повільніше змінює тиск до значення, що відповідає новому усталеному режиму роботи нафтопроводу. Характер зміни тиску на третьому етапі перехідного процесу при запуску насосного агрегату повністю відповідає зміні тиску (підвищенню чи зменшенню), яка забезпечує формування значення, характерного для нового усталеному режиму експлуатації нафтопроводу.

2. Виявлена однакова тенденція зміни тиску нафти як у лінійній частині нафтопроводу, так і на НПС під час перехідного процесу, спричиненого запуском насосного агрегату. Встановлено, що амплітуда стрибкоподібної зміни тиску зменшується за експоненціальним законом по довжині лінійної ділянки нафтопроводу в обидві сторони (за та проти ходу руху нафти) від НПС, де відбувся запуск насосного агрегату.

3. Для нафтопроводу, на якому проведені експерименти, за відомих значень діаметра і швидкості звуку, коефіцієнт затухання хвилі тиску можна представити степеневою функцією витрати нафти і характеристики режиму перекачування – числа Рейнольдса. За конкретного перехідного режиму експлуатації нафтопроводу значення коефіцієнта затухання хвилі підвищеного і пониженого тиску практично співпадають. Фактичні значення стрибкоподібного пониження тиску на вході і підвищення тиску на виході НПС у разі запуску насосного агрегату можуть дещо відрізнятися через неоднаковий гідравлічний опір вхідних і вихідних станційних комунікацій.

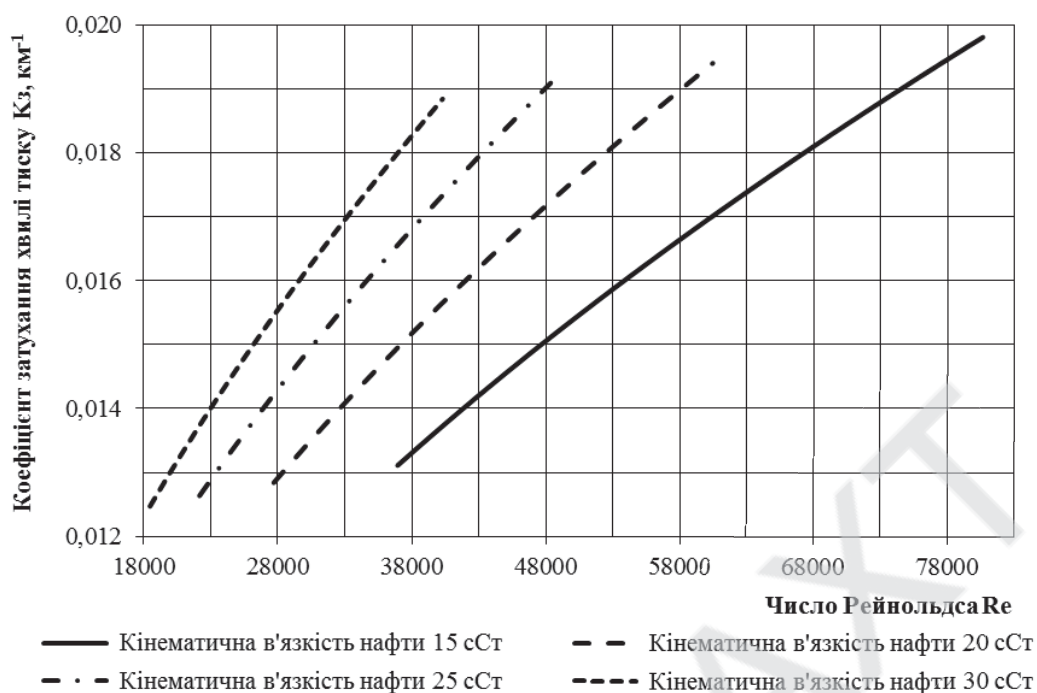


Рис. 1 – Динаміка зміни коефіцієнта затухання хвиль підвищеного та пониженого тиску, що утворюються внаслідок запуску насосного агрегату на НПС дослідного нафтопроводу від числа Рейнольдса та кінематичної в'язкості нафти

Література

1. Лурье, М. В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа / М. В. Лурье. – М.: Нефть и газ, 2003. – 335 с.
2. Donald W. A tutorial on pipe flow equations / W. Donald, J. Schroeder. – Pennsylvania, 2001. – P. 21–43.
3. Zagarola M. V. Mean flow scalling of turbulent pipe flow / Zagarola M. V. // Journal of Princeton University – 1996. – №51 – P. 17–34.
4. Haaland S. E. Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulent pipe-flow / Haaland S. E. – Singapore: ASCE, 2008. – 62 p.
5. Дидковская А. С. Моделирование процесса пуска насосов промежуточной нефтеперекачивающей станции / А. С. Дидковская, М. В. Лурье // Территория нефтегаз. – 2015. – №3. – С. 118–122.
6. Вязунов Е. В. Расчет быстропотекающих переходных процессов, возникающих после включения и отключения насосных агрегатов / Е. В. Вязунов // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1974. – №11. – С. 26–29.
7. Zhifeng L. Experimental and numerical study of transient flow in a centrifugal pump during startup / L. Zhifeng, W. Peng, W. Dazhuan, W. Leqin // Journal of mechanical science and technology. – 2011. – №3 – P. 749-757.
8. Середюк, М. Д. Експериментальні дослідження перехідних процесів у магістральних нафтопроводах, спричинених зупинками насосних агрегатів [Текст] / М. Д. Середюк, С. Я. Григорський // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2013. – №2. – С. 16–29.
9. Григорський С. Я. Результати експериментальних досліджень закономірностей гідродинамічних процесів у нафтопроводі за зміни кількості працюючих насосних агрегатів / С. Я. Григорський, М. Д. Середюк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. - №1. – С. 161–172.
10. Середюк М. Д. Закономерности изменения давления в нефтепроводах при остановках насосных агрегатов / М. Д. Середюк, С. Я. Григорский // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 2 – С. 100–104.

| | |
|---|----|
| 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 |
| СЕКЦІЯ 3 | |
| Енергоресурсозбереження в нафтогазовому комплексі | 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