

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.	Котлик С.В.	Роженцев А.В.
Бошкова І.Л.	Крусір Г.В.	Сагала Т.А.
Бошков Л.З.	Мазур В.О.	Семенюк Ю.В.
Василів О.Б.	Мазур О.В.	Смирнов Г.Ф.
Гоголь М.І.	Мілованов В.І.	Тітлов О.С.
Дьяченко Т.В.	Морозюк Л.І.	Шпирко Т.В.
Желєзний В.П.	Нікулина А.В.	Хлієва О.Я.
Зацеркляний М.М.	Ольшевська О.В.	Хмельнюк М.Г.
Князева Н.О.	Плотніков В.М.	Хобин В.А.
Кологривов М.М.	Роганков В.Б.	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**

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Андерсон А.Ю., аспирант, Кологривов М.М., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса.

В работе проведено численное моделирование теплового процесса в «подземном котле» геотермальной циркуляционной системе для подогрева нефти. Впервые учтено влияние диссипации энергии в скважинах на общий теплообмен в циркуляционной системе. Выполнено численное моделирование периода работы геотермальной системы с учетом и без учета теплообмена и диссипации энергии теплоносителя при его движении в нагнетательной скважине.

Ключевые слова: диссипация, подземный котел, нагнетательная скважина, эксплуатационная скважина, циркуляционный теплоноситель, срок эксплуатации

Освоение геотермальной энергии обусловлено ее огромным ресурсным потенциалом и возможностью получения экологически чистой энергии дешевле, чем при использовании топлива. Под геотермальной циркуляционной системой понимается совокупность инженерных сооружений, технических средств и технологических процессов нагрева, обработки и доставки потребителю горячего теплоносителя в условиях данного геотермального источника. Такая система включает естественный или искусственный природный коллектор, эксплуатационную (добычную) и нагнетательную скважины и наземный технологический комплекс [1,2]. Условием эффективного извлечения энергии горячих пород теплоносителем является наличие в «подземном котле» развитой теплообменной поверхности.

В основе надежных методов расчета технологических параметров таких систем лежат исследования процессов гидродинамики и теплообмена в условиях движения теплоносителя по скважинам и при его неизотермической фильтрации в коллекторах «подземного котла».

С другой стороны основным способом транспортировки высоковязких нефти и нефтепродуктов является их «горячая перекачка». Основная цель подогрева – понижение их вязкости с целью уменьшения гидравлического сопротивления и энергозатрат при перекачке по трубопроводу.

Геотермальный подогрев высоковязкой нефти, которая перекачивается по магистральному нефтепроводу, и подогрев нефтепродуктов на нефтебазах имеет особенности. Температура теплоносителя – циркуляционной воды на выходе из подземного котла находится в диапазоне 60°C - 100°C. При движении теплоносителя по скважинам глубиной до трёх километров происходит существенное изменение температуры воды вследствие теплообмена с окружающим массивом. С увеличением времени эксплуатации на температуру воды заметное влияние оказывает возрастающая диссипация энергии потока на шероховатой поверхности трубы.

В работе авторов [3] показано, что наибольшее изменение температуры воды в скважинах происходит при общем периоде эксплуатации 12 лет. Доля тепловыделений от диссипации энергии в общем теплообмене изменяется во времени для нагнетательной скважины от 8% до 200%, а для эксплуатационной от 0,7% до 32%. Погрешность в оценке температуры потока на выходе из скважин без учета диссипации до 2°C.

Инженерные зависимости для нахождения температуры теплоносителя целесообразно получать на основе приближенных методов, которые позволяют решать задачу в определенном временном диапазоне.

Общей математической моделью нагрева теплоносителя является система классических уравнений течения вязкой жидкости и переноса тепла. При этом система уравнений является нелинейной. Такая модель сложная и не может быть решена известными аналитическими методами.

Модель в виде системы плоско-параллельных пластин и трещин одинаковой формы и протяженности является идеализацией искусственного и естественного трещинного коллектора. Для схемы геотермальной циркуляционной системы на базе трещин гидроразрыва она наиболее правомерна.

Фактические данные изучения и разработки месторождений нефти и газа с трещинными коллекторами, показывают, что длина отдельных трещин не большая. Разные трещины соединяются между собой микротрещинами, образуя систему с большими сопротивлениями движению жидкости.

Модели теплообмена в трещинном коллекторе основаны на представлении его в виде слоя, сложенного из блоков правильной формы (пластина, цилиндр, шар) одинакового размера и имеющих регулярную укладку.

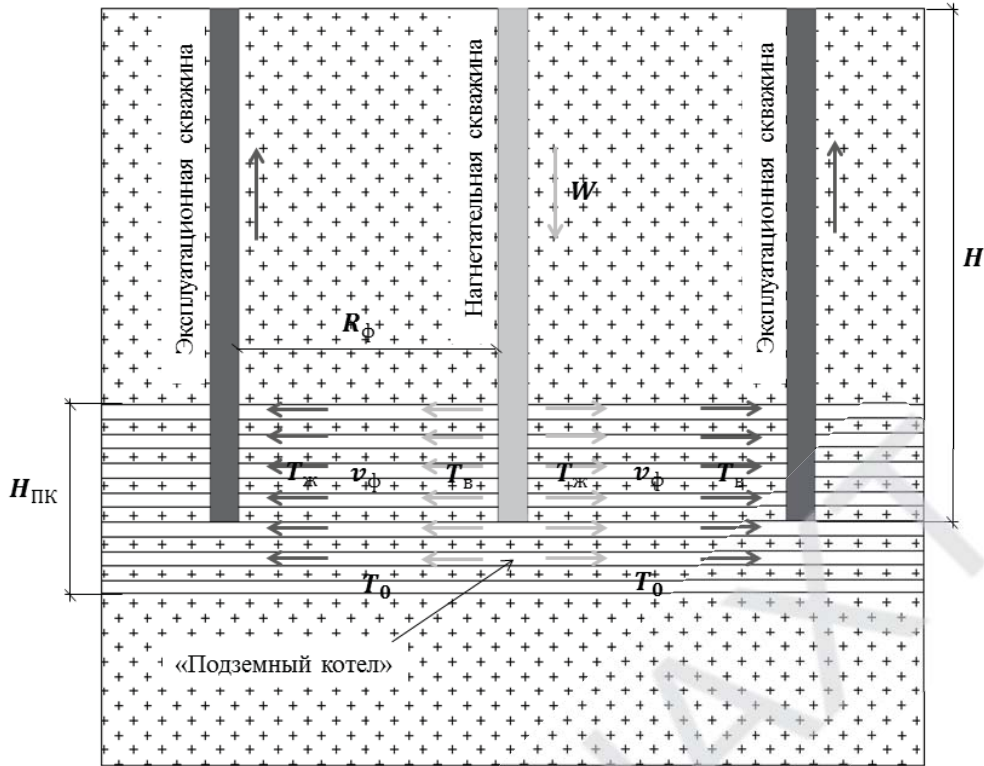


Рис. 1 – Физическая модель «подземного котла»

Решение задач при фильтрации теплоносителя в трещиноватых породах связано с необходимостью вычисления температурных полней не только в породных блоках, слагающих зону фильтрации, но и в окружающих её вмещающих породах. Математическая формулировка этих задач в предположении одномерности фильтрационного потока, независимости теплофизических свойств теплоносителя и пород от температуры, а также пренебрежении кондуктивной составляющей теплопроводности по сравнению с конвективным переносом в фильтрующей зоне и переносом тепла во вмещающих породах вдоль направления фильтрации, по сравнению с его радиальной составляющей представлена в виде [4]:

$$m \cdot C_T \cdot \rho_T \cdot \frac{\partial t_T}{\partial \tau} + v_\phi \cdot C_T \cdot \rho_T \cdot \frac{\partial t_T}{\partial x} = - \frac{\lambda_{\phi l} \cdot K_1 \cdot (1 - m)}{R_{\phi l}} \cdot \frac{\partial T_{\phi l}}{\partial r} - \frac{K_2 \cdot \lambda_n}{R_\phi} \cdot \frac{\partial T_n}{\partial y} \quad (1)$$

$$\text{Начальные условия} - t_T(x, 0) = T_0; \quad (2)$$

$$\text{Граничные условия} - t_T(x, \tau) = t_0. \quad (3)$$

Где m – активная пористость среды; v_ϕ – скорость фильтрации; t_T , $T_{\phi l}$, T_{II} – соответственно средняя температура теплоносителя по сечению зоны фильтрации, температура породных блоков и вмещающих пород; $R_{\phi l}$ – характерный размер породных блоков, слагающих зону фильтрации; R_ϕ – характерный размер зоны фильтрации; $\lambda_{\phi l}$, λ_{II} – соответственно коэффициенты теплопроводности породных блоков и вмещающих пород; T_0 и t_0 – соответственно начальная температура породных блоков и теплоносителя; K_1 и K_2 – соответственно коэффициенты формы породных блоков и зоны фильтрации, равные для цилиндров и шаров 2 и 3. Для породных блоков в виде пластин:

$$K_1 = 2 \cdot \frac{R_{\phi l}}{h} \quad (5)$$

где, h – раскрытие трещины.

Наибольшую трудность вызывает определение температурных градиентов. Для их вычисления необходимо задаться дополнительными допущениями и решать сложные трудоемкие задачи.

В работе [5] развивается предположение об использовании для описания процесса теплообмена между фильтрующимся теплоносителем и породными блоками, коэффициента межфазного теплообмена.

Количества тепла, воспринимаемое фильтрующимся теплоносителем от породных блоков, при этом предлагается находить по формуле:

$$q = \frac{K_1 \cdot \bar{\alpha}_\tau}{R} \cdot (T' - t_T) \quad (6)$$

где T' - средняя температура породных блоков, α_t - коэффициент межфазного теплообмена.

В результате анализа различных физических и математических моделей, приведенных в работах [4,5,6,7,8] было определено, что во всех предложенных моделях температура теплоносителя на входе в подземный котел остаётся неизменной в течение периода его эксплуатации. Для решения задачи с переменной температурой входа теплоносителя нами была выбрана наиболее простая модель, предложенная сотрудниками ИТТФ АН Украины [5].

Согласно работе [5] безразмерная температура θ подземного котла, может быть определена по формуле:

$$\theta = \frac{T_0 - T_{жс}}{T_0 - T_в} = \frac{1}{2} \cdot (1 - \operatorname{erf}(\sqrt{r_1} - \sqrt{\tau_1})), \quad \text{при } \tau < \tau_0 \quad (7)$$

$$\theta = \frac{T_0 - T_{жс}}{T_0 - T_в} = \frac{1}{2} \cdot (1 + \operatorname{erf}(\sqrt{\tau_1} - \sqrt{r_1})), \quad \text{при } \tau > \tau_0 \quad (8)$$

где τ – период эксплуатации циркуляционной системы, сек; $T_{жс}$ – температура теплоносителя на выходе из подземного котла, К; $T_в$ – температура теплоносителя на входе в подземный котел, К; T_0 – температура вмещающих подземный котел пород, К.

Расчетные параметры r_1 , τ_1 и τ_0 определяются соответственно по формулам:

$$r_1 = \frac{\pi \cdot H_{нк} \cdot \alpha}{C_в \cdot W} R^2 \quad (9)$$

где $H_{нк}$ – мощность (высота) подземного котла, м; α – коэффициент межфазного теплообмена, Вт/м²·К; $C_в$ – удельная теплоёмкость теплоносителя, кДж/м³·К; W – объёмный расход теплоносителя, м³/с; R – радиус подземного котла, м.

$$\tau_1 = \frac{\alpha}{C_n \cdot (1 - p)} \cdot \left(\tau - \frac{\pi \cdot H_{нк} \cdot p}{W} R^2 \right) \quad (10)$$

где C_n – удельная теплоёмкость горных пород, Дж/м³·К; p – трещинная пористость подземного котла, %.

Параметр τ_0 является положением прямоугольного температурного фронта с температурой $T_в$ для термически однородного пласта при условии, что тепло переносится только конвекцией [5].

$$\tau_0 = \frac{\pi \cdot H_{нк} \cdot \alpha}{W \cdot C_T} R^2 \quad (11)$$

В формуле (8) параметр C_T определяется по формуле:

$$C_T = C_в \cdot p + C_n(1 - p) \quad (12)$$

В работах [4,5,6,7,8] предложены разные математические модели теплового расчёта «подземного котла». Но во всех известных моделях приняты допущения:

1. Температура на входе в подземный котёл $T_в$ принимается постоянной;
2. Температура на выходе из подземного котла $T_{жс}$ принимается равной температуре на выходе из эксплуатационной скважины.

В работе авторов [3] показано влияние срока эксплуатации геотермальной циркуляционной системы на температуры теплоносителя в нагнетательной и циркуляционной скважинах. Численное моделирование показало, что температура теплоносителя по ходу циркуляционных скважин существенно меняется за счёт теплообмена теплоносителя с окружающими скважину породами и за счёт диссипации энергии потока. С увеличением периода эксплуатации доля тепловыделений от диссипации растёт и через 10-12 лет сильнее влияет на изменение температуры теплоносителя, чем теплообмен в скважинах. Из вышесказанного следует, что температура теплоносителя на выходе из нагнетательной скважины и на входе в «подземный котёл» изменяется. Это должно быть учтено при тепловом расчете циркуляционной системы.

Для определения температуры теплоносителя на входе в «подземный котел» была использована методика, предложенная авторами в работе [3]. Численное моделирование с учетом изменения температуры теплоносителя на входе в «подземный котёл» показало, что в первые несколько лет эксплуатации нагрев

теплоносителя в «подземном котле» эффективен. Температура теплоносителя на выходе из «подземного котла» и на входе в эксплуатационную скважину практически не зависит от изменения температуры теплоносителя на входе в «подземный котел» и охлаждения вмещающей породы. В последующие 7-8 лет эксплуатации происходит практическое уменьшение температуры теплоносителя на выходе «из подземного котла» вследствие его остывания. При этом учёт изменения температуры теплоносителя на входе в «подземный котел» увеличивает срок эксплуатации циркуляционной системы на 2-3 года в сравнении с результатами расчётов по известным математическим моделям при постоянной температуре теплоносителя на входе (см. рис.2).

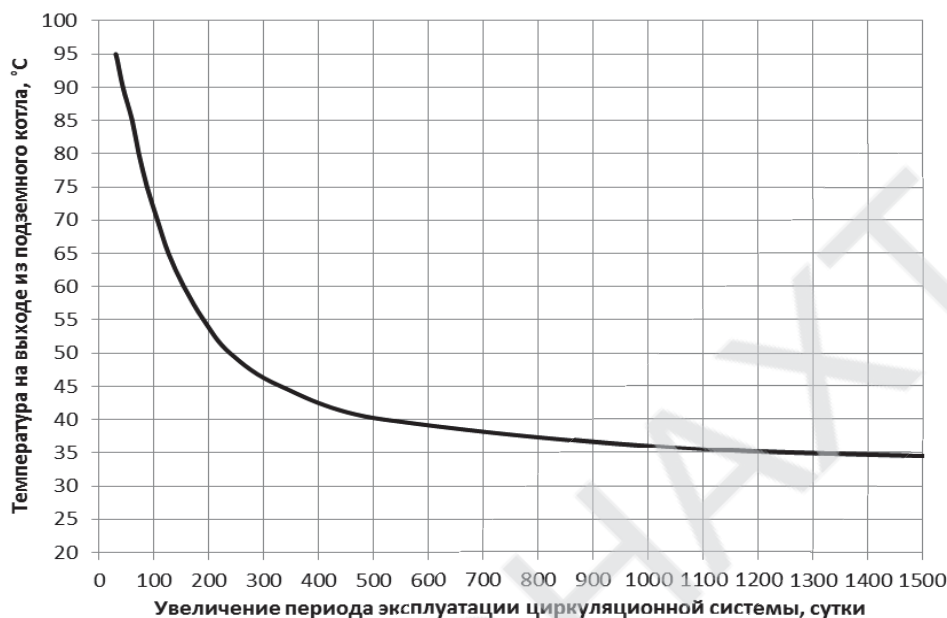


Рис.2 – Залежність температури теплоносителя на виході з «подземного котла» від збільшення періоду експлуатації циркуляційної системи, розрахованого згідно з підвищенням температури теплоносителя на вхід в «подземний котел»

При моделюванні витрати теплоносителя (води) прийнято $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ з температурою на вході в трьохкілометрову нагнетальну скважину 30°C . Відстань між нагнетальною і експлуатаційною скважинами прийнято 220 м.

Література

1. Кологривов М.М. Геотермальна енергія для перекачки нафти //Трубопровідний транспорт – 2009. Матеріали доповіді V-ої навчально-науково-практичної конференції під ред. А.М. Шаммазова. – Уфа: ДизайнПолиграфСервіс, 2009. – С. 82-84.
2. Андерсон А.Ю., Кологривов М.М. Підогрев мазута в резервуарі геотермальної енергією. В кн.: Промислова теплотехніка/ міжнародний науково-прикладний журнал, 2015. - Т.37, - №7. - С. 201-207.
3. Андерсон А.Ю., Кологривов М.М., Притула В.В. Вплив дисипації енергії на температуру теплоносителя в скважинах геотермальної циркуляційної системи. В кн.: Розвідка і розробка нафтяних і газових родовищ, 2016. - Т.1 (58). - С. 82-89.
4. Павлов І.А. Гідродинаміка і теплообмін в породних тріщинних колекторах при извлеченні геотермальної енергії: автореферат канд. техн. наук. Ленінградський горний інститут, Ленінград, 1983. – 23 с.
5. Щербань А.Н. і др. Тепло Землі і його извлечення. — Київ: Наукова думка, 1974. — 264 с.
6. Дядькин Ю.Д., Парийский Ю.М. Извлечение и использование тепла Земли. – Л.: ЛГИ, 1977. – 114 с.
7. Дядькин Ю.Д., Парийский Ю.М., Романов В.А., Теплообмен в глубоких скважинах и зонах фильтрации при извлечении тепла сухих горных пород. – Л.: ЛГИ, 1974. – 40 с.
8. Смирнова Н.Н., Мухин В.А. Тепломассообмен к стенкам канала при фильтрации в нем жидкости. – В кн.: Физические процессы горного производства. - Л.: ЛГИ, 1978. - вып. 5, - С. 83-87.

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 I 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 I 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