

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 1:**

**НЕТРАДИЦІЙНІ І ПОНОВЛЮВАНІ  
ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

**ТЕПЛОВІ НАСОСИ ТА ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧІ  
ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ І АГРЕГАТИ**

## СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ НА ОСНОВІ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРУНТОВОГО КОЛЕКТОРА

Басок Б.І., чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, професор, Недбайло О.М., канд. техн. наук,  
Ткаченко М.В., канд. техн. наук, Божко І.К.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

*Анотація.* В статті розглянута система опалення на основі теплового насоса та горизонтального ґрунтового колектора, що розроблена в Інституті технічної теплофізики НАН України. Авторами приводиться детальний опис режимів роботи систем опалення та пасивного кондиціонування. Обґрунтовується доцільність широкого впровадження таких систем при теплопостачанні адміністративних будівель.

**Ключові слова:** тепловий насос, ґрунтовий колектор, система опалення, пасивне кондиціонування.

*Abstract.* In the article the heating system based on heat pumps and horizontal ground collector, developed by the Institute of Engineering Thermophysics, NAS of Ukraine is reviewed. The authors provided a detailed description of the mode of passive heating and air conditioning. The expediency of the widespread introduction of district heating systems in public buildings.

**Keywords:** heat pump, soil collector, heating, passive air conditioning.

Одним з найбільш важливих напрямків енергетики є раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів (копалин органічної сировини у вигляді нафти, природного газу, кам'яного вугілля), запаси яких з кожним роком зменшуються. Серйозну проблему представляють негативні екологічні наслідки спалювання традиційних видів палива, які згубно впливають на навколишнє середовище. Перераховані вище обставини, а також нестабільна ситуація із природним газом, різкі й постійні темпи росту світових цін на нафту й нафтопродукти, а також безліч інших факторів призводять до складних економічних проблем в Україні та змушують до неминучого пошуку нетрадиційних джерел енергії, застосуванню нових енергозберігаючих технологій і максимальному використанню власних енергоресурсів.

Одним з альтернативних джерел невичерпної теплоти є ґрунт, що має здатність протягом тривалого часу акумулювати й зберігати сонячну теплову енергію. Вилучення та подальше використання даної природної теплоти для теплопостачання приміщень базується на застосуванні теплонасосних технологій і реалізується, як один з варіантів, за допомогою ґрунтових колекторів (горизонтальних теплообмінників неглибокого залягання) або ґрунтових зондів (теплообмінників вертикального розташування).

Забезпечення теплопостачання житлових і виробничих приміщень на основі енергетичних технологій з використанням теплових насосів є одним з напрямків світової відновлюваної енергетики, що найбільш динамічно розвиваються. Щорічний приріст кількості таких систем, що встановлені майже в тридцяти країнах світу, оцінюється в 10 %.

Виходячи з цього, колективом виконавців відділу ТОЕТ Інституту технічної теплофізики НАН України було поставлено за мету розробку і створення експериментальної установки на сонові теплового насоса та горизонтального ґрунтового колектора, яка дозволила б здійснювати опалення та кондиціонування лабораторного приміщення площею 18 м<sup>2</sup>.

Будівництво експериментальної установки здійснювалось за наступними основними етапами:

- 1) розпланування та розмітка місцевості для будівництва ґрунтового колектору (рис. 1);
- 2) земляні роботи: копання траншей та закладення труб ґрунтового колектора;
- 3) оснащення об'єкта датчиками для вимірювання температури;
- 4) установка теплового насосу в приміщенні лабораторії теплових насосів (кімната 110 першого адміністративного корпусу ІТТФ НАН України);
- 5) монтаж системи опалення типу водяна „тепла підлога” приміщення загальною площею 18 м<sup>2</sup> (кімната 110);
- 6) установка систем повітряного опалення (кондиціонування) на базі фанкойлів у відповідних приміщеннях першого адміністративного корпусу ІТТФ НАН України (у кімнаті 110 та виставковому залі);
- 7) монтаж гідравлічної систем підключення теплового насоса згідно відповідної схеми (рис. 2).

Заздалегідь (перед установкою датчиків у траншеї та свердловини) було проведено їх маркування за попередньо розробленим проектом «Маркування термоперетворювачів опору типу ТСМ-205, розташованих на об'єкті ґрунтового колектора» (рис. 1), відповідно до якого: В, С – вертикаль і стовпчик (розташовуються на стійках і встановлюються в свердловинах), Г – горизонталь (встановлюються на глибині 0,4 м від

поверхні ґрунту на бокових стінках траншеї), Т – перша петля (кріпляться хомутами на зовнішню поверхню трубопроводів першої петлі ГК), А – розріз А-А (встановлюються перпендикулярно до першої траншеї на рівні розміщення труби й на відстані близько 4 м від початку траншеї №1), ВХ – вхід у першу петлю (кріпляться хомутами на зовнішню поверхню трубопроводу ГК), БІВ, АІВ – виходи із усього теплообмінника-колектора (безпосередньо кріпляться хомутами на зовнішній поверхні труби), Р – резерв (датчик для виміру температури повітря над ГК).

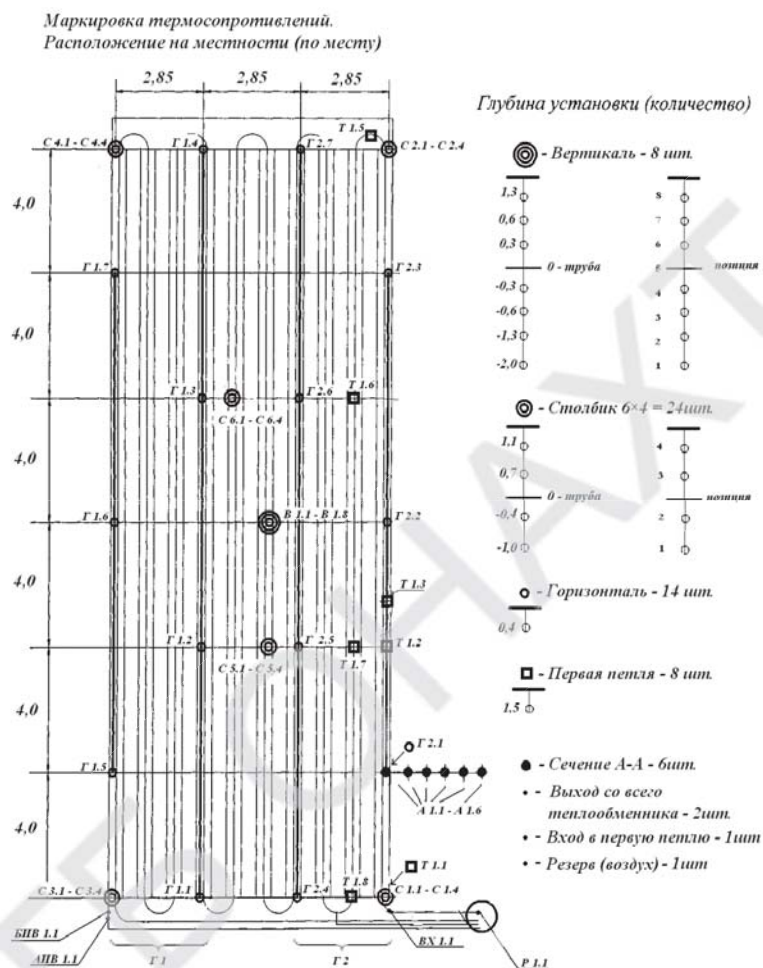


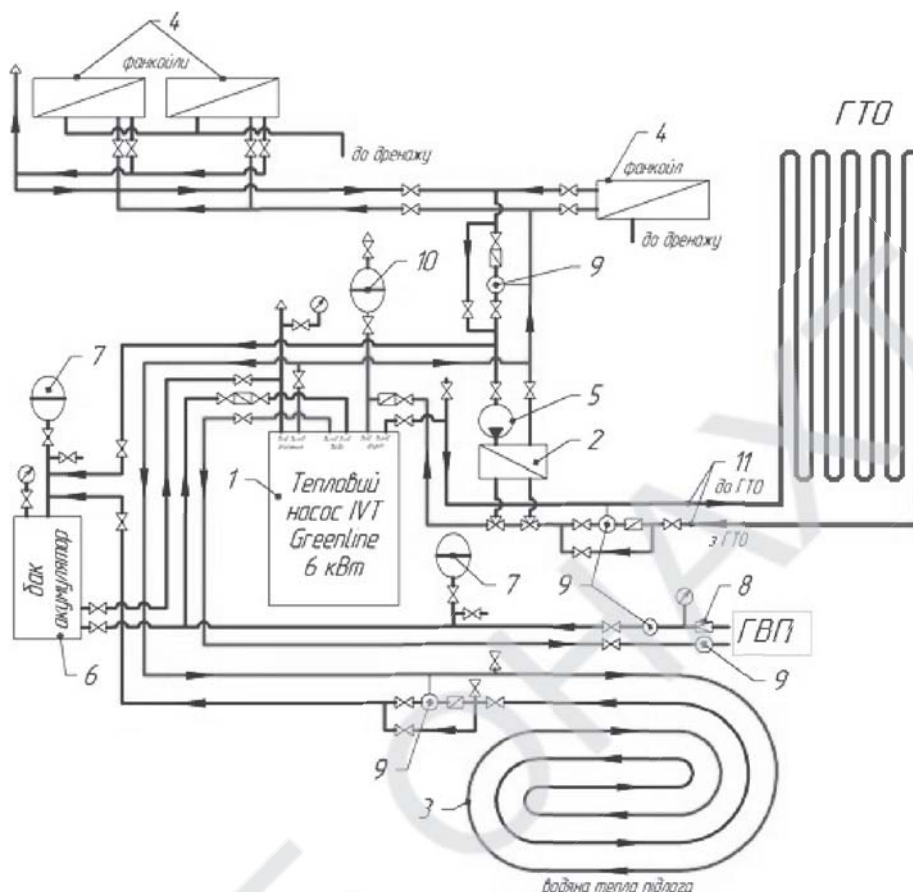
Рис.1. – Маркування і розташування датчиків типу TCM-205 на об’єкті ґрунтового колектора.

#### Принципова схема та опис роботи теплонасосної установки.

Схема гідравлічного підключення теплового насоса 1 представлена на рис. 2. У холодний період року схема дозволяє застосовувати його для водяного 3 (зустрічноспрямований змійовик із труби Reh 16×3 мм – система типу водяна «тепла підлога») або повітряного опалення 4 (1 фанкойл тепловою потужністю 3,8 кВт), і гарячого водопостачання окремого лабораторного приміщення площею 18 м<sup>2</sup>, одночасно з повітряним опаленням 5 (2 фанкойла сумарною тепловою потужністю 7,6 кВт) адміністративного приміщення площею 54 м<sup>2</sup>, а також для кондиціонування останнього за допомогою фанкойлів у теплий період року.

Циркуляція теплоносія в контурі повітряного опалення здійснюється насосом 6 Wilo Star RS 15/6. Можливість кондиціонування в схемі реалізується за допомогою гідравлічного відокремлення контурів ґрунтового колектора та повітряних опалювальних приладів пластинчастим теплообмінником 2 SWEP ЕБТН. Компресор теплового насосу при цьому не працює, а вбудований циркуляційний насос виконує перекачку теплоносія у ґрунтовому колекторі. При цьому відбувається скидання теплоти в ґрунт, тим самим відновлюючи його тепловий режим. Компенсаційна ємність 7 необхідна для накопичення теплоносія при заповненні контурів опалення (кондиціонування), а також як буфер при теплообміні з конденсатором теплового насоса. Розширювальні мембранні баки 8 дозволяють компенсувати об’ємне термічне

розширення теплоносіїв у відповідних контурах. Схема містить редуктор 9, що знижує тиск живильної води, теплові лічильники 10 (3 Арагор LQM-III в опалювальних контурах, витратомір Balteco KX10 гарячої води, тепловодолічильник X12 у контурі ГК), розширювальні баки 11 контуру горизонтального ґрунтового теплообмінника, а також манометри і безконтактні термометри на трубопроводах подачі та відведення теплоносія.



**Рис. 2 – Гідралічна схема підключення теплового насоса, тут: 1 – тепловий насос; 2 – пластинчатий теплообмінник; 3 – система опалення типу водяна «тепла підлога»; 4,5 – система повітряного опалення (кондиціонування) на базі фанкойлів; 6 – насос; 7 – компенсаційна ємність; 8 – розширювальний мембранний бак; 9 – редуктор; 10 – лічильники; 11 – розширювальні баки контуру ГК; ГТО – контур ґрунтового колектора; ГВП – гаряче водопостачання.**

### Висновки

Результати досліджень системи опалення на основі теплового насоса та горизонтального ґрунтового колектора показують, що при використанні такої системи у громадських будівлях різного призначення можлива економія теплової енергії на теплопостачання (у порівнянні з централізованим теплопостачанням) складає 14 – 18%. При цьому, значно підвищується якість роботи системи опалення, оскільки відбувається регулювання роботи теплового насоса не за температурою навколишнього повітря, а за температурою всередині приміщення.

### Література

1. Васильєв Г. П., Шилкин Н. В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. 2003. №2. С. 52 – 60.
2. Накорчевский А.И., Басок Б.И. Оптимальная конструкция ґрунтових теплообмінників // Промышленная теплотехника. 2005. Т.27, № 6. С. 27 – 31.
3. Басок Б.И., Давыденко Б.В., Лунина А.О., и др. Опытно-промышленная установка для автономного отопления, кондиционирования и горячего водоснабжения зданий с использованием тепловых насосов. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Энергоэффективность - 2010». Киев, 2010. С. 147 – 148.
4. Лунина А.А., Беляева Т.Г., Хибина М.А., и др. Экспериментальная теплонасосная установка с

грунтовым коллектором для автономного теплоснабження и кондиционирования // Промышленная теплотехника. 2009. Т. 31, № 7. С. 25 – 31.

УДК 620.92:631.572:662.63

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА УТВОРЕННЯ ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ, ЩО ВМІЩУЮТЬ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ (ПЕТФ)

Клименко В.В., д-р техн. наук, проф., Кравченко В. І., канд. техн. наук,  
Личук М.В., канд. фіз.-мат. наук, Солдатенко В.П.  
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кропивницький

*Експериментально встановлено, що з композиту зі складом «солома+відходи ПЕТФ» при певному тиску утворюються пелети задовільної якості та з максимальною щільністю 0,82 г/см<sup>3</sup> при вмісті ПЕТФ 10%, яка зменшується до 0,72 г/см<sup>3</sup> при вмісті ПЕТФ 30%; з композиту «рослинні відходи+буре вугілля» утворюються пелети задовільної якості, щільність яких при підвищенні вмісту бурого вугілля від 5% до 50% збільшуються від 0,95 г/см<sup>3</sup> до 1,09 г/см<sup>3</sup>.*

**Ключові слова:** біопаливо, пелети, брикети, рослинні відходи, ПЕТФ, буре вугілля, композити, матриця, пуансон, пресування, щільність, твердість.

*The experimental evaluation of solid biofuel manufacturing of composites based on recycling the press with vertical punch.*

*Found that a composite with the composition «straw + PET» at a pressure of 298 MPa pellets produced satisfactory quality and maximum density of 0,82 g/cm<sup>3</sup> at PET content 10%, which density is deduced to 0,72 g/cm<sup>3</sup> in pellets containing PET 30%; «vegetable waste + brown coal» composite pellets produced in satisfactory quality, where density increase from 0,95 g/cm<sup>3</sup> to 1,09 g/cm<sup>3</sup> (with increasing content of brown coal from 5% to 50%).*

**Key words:** biofuels, pellets, briquettes, vegetable waste, PET, brown coal, composites, matrix, punch, pressing, density, hardness

Одним з відновлюваних видів енергоресурсів, які створюються на основі великої кількості твердих рослинних відходів є біопаливо у вигляді пелет та брикетів. Разом з тим, необхідність застосування в енергетиці місцевих видів палива та велика кількість побутових відходів вимагає ефективної їх переробки і використання.

Підвищити ефективність використання різних видів твердих рослинних відходів для виробництва біопалива можна шляхом попереднього їх змішування та приготування композитів, що включають інші види відходів, наприклад, поліетилентерефталат (ПЕТФ) та місцеві види палива [1].

При створенні біопалива з композитів, компоненти яких мають суттєво різні фізико-механічні характеристики, зокрема модулі Пуассона  $\mu$  та Юнга  $E$ , що можуть відрізнятися в декілька разів [2,3], потрібно оцінити умови, які необхідно забезпечувати для виготовлення доброякісних пелет та обґрунтувати вибір доцільного пресового обладнання.

Експериментальні дослідження по виготовленню пелет та брикетів з рослинної сировини, наприклад соломи, лушпиння соняшнику, тирси тощо, показує, що на їх якість впливають фізико-механічні характеристики біосировини, її вологість, фракційний склад, створюваний на неї тиск, геометричні розміри матриці або камери пресування та шорсткість бічної поверхні [4]. На сьогодні з літературних джерел не можна зробити однозначний висновок про величини оптимальних значень цих параметрів для сировини з різних рослинних відходів. Тому задача їх визначення для сировини, яка складається з композитів, значно ускладнюється.

Метою дослідження є експериментальна оцінка особливостей виготовлення якісного твердого біопалива з композитів на основі рослинних відходів на пресі з вертикальним пуансоном.

Для експериментальних досліджень процесу утворення паливних пелет з композитів, використовувалась універсальна випробувальна машина УВМ-50 зі спеціально виготовленим пресовим пристроєм, внутрішній діаметр матриці якого становить 27 мм.

Для експериментів використовувалась сировина рослинних відходів у вигляді соломи, тирси, опалого листя дубу, а також подрібнені відходи ПЕТФ (матеріал з використаних пляшок, товщина  $\delta = 0,5$  мм) та буре вугілля Олександрійського родовища. Фракційний склад сировини наведено в табл. 1.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1

<b>Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії теплові насоси та тепловикористовуючі холодильні машини і агрегати .....</b>	<b>3</b>
СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ НА ОСНОВІ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРУНТОВОГО КОЛЕКТОРА <i>Басок Б.І., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Божко І.К.</i> .....	4
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА УТВОРЕННЯ ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ, ЩО ВМІЩУЮТЬ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ (ПЕТФ) <i>Клименко В.В., Кравченко В. І., Личук М.В., Солдатенко В.П.</i> .....	7
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УКРАИНЫ <i>Стоянов П.Ф., Лагутин А.Е.</i> .....	9
ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ПАРИ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ <i>Кошельнік О.В.</i> .....	11
СИСТЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ СКЛЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ <i>Кошельнік О.В., Долобовська О.В.</i> .....	12
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ПОРІВНЯНО З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ <i>Остапенко О. П.</i> .....	13
НАУКОВІ ОСНОВИ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК <i>Остапенко О. П.</i> .....	15
ЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ ПОДОГРЕВА МАЗУТА <i>Потапов М.Д., Дорошенко Ж.Ф.</i> .....	17

### СЕКЦІЯ 2

<b>Процеси тепломасообміну і тепломасообмінні апарати. Нанотехнології в теплоенергетиці і енергомашинобудуванні. Теплофізичні властивості теплоносіїв і робочих тіл .....</b>	<b>19</b>
СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ <i>Бутовский Е. Д., Козут В. Е., Бушманов В. М., Хмельнюк М. Г.</i> .....	20
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ТРУБЧАТОМУ УТИЛІЗАТОРІ ТЕПЛОТИ ГАЗІВ, ЩО ВІДХОДЯТЬ З ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА <i>Ганжа А. М., Засць О. М.</i> .....	22
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ З УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛУ ЛОКАЛЬНИХ ІНТЕНСИВНОСТЕЙ ТЕПЛООБМІНУ <i>Ганжа А. М., Марченко Н. А., Підкопай В. М.</i> .....	24
КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОГО ЭКСТРАКТОРА <i>Георгиев Е.В.</i> .....	26
ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОС У КОНВЕКТИВНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОМІРКАХ З ПАРАБОЛІЧНИМ ПРОФІЛЕМ ДНА І ТВЕРДИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ <i>Іванюк М. І., Андрєєва О. Л., Кулик О. П.</i> .....	28
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ <i>Колесниченко Н.А., Волгушева Н. В., Бошкова И.Л.</i> .....	30
ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАСООБМЕНА МАСЛЯНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В ГТД <i>Михайленко Т. П., Петухов И.И., Лисица А. Ю., Немченко Д. А., Дуаиссия Омар Хадж Аисса</i> .....	33

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