

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.

Ольшєвська 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**

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Колесниченко Н.А., аспирант; Волгушева Н. В., канд. техн. наук, доцент,
Бошкова И.Л., д-р техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

Аннотация. Представлен анализ существующих моделей теплопроводности для высокоинтенсивных процессов. Представлены математические зависимости для расчета граничной скорости нагрева, выше которой следует учитывать конечность скорости распространения теплоты. При малых числах Фурье для процессов произвольной интенсивности правильные решения позволяют получить модели, основанные на гиперболическом уравнении теплопроводности.

Ключевые слова: теплопроводность, дифференциальное уравнение, параболический тип, гиперболический тип, изотермическая поверхность, скорость распространения теплоты.

Abstract. The analysis of the thermal conductivity of existing models of high-intensity processes is presented. Mathematical relationships to calculation the boundary of the heating rate above which should be considered limb heat propagation velocity are presented. Models based on hyperbolic equation of thermal conductivity allow to get the right decisions for small numbers Fourier for arbitrary intensity processes.

Keywords: thermal conductivity, differential equation, parabolic type, hyperbolic type, isothermal surface, the heat propagation velocity.

Моделирование высокоинтенсивных процессов распространения теплоты, при которых возможно нарушение линейной связи между тепловым потоком и градиентом температур, представляет особую сложность. Обычно при решении задач теплопроводности используется дифференциальное уравнение, в котором временное и пространственное изменение температуры описывается уравнением параболического вида. Основные теплотехнические процессы хорошо описываются моделями на основе уравнений параболического вида, однако при описании высокоинтенсивных процессов его применение могло приводить к неудовлетворительным результатам. Как отмечено в [2], конкретному виду изотермической поверхности соответствует определенный дифференциальный оператор теплопроводности, среди которых оператор параболического типа является частным случаем. [2,3]. Утверждается [2,3], что попытка из параболического оператора получить несвойственные ему температурные поля за счет "навязывания" различных начальных и граничных условий привела к проблеме парадоксов и некорректных задач. Одним из т.наз. парадоксов является следствие из зависимости для скорости смещения температуры ψ , полученной на основании уравнений теплового баланса и закона Фурье, из которого следует, что при $\tau \rightarrow 0$ температурная неоднородность мгновенно распространяется: $\lim \psi \rightarrow \infty$. Второй парадокс классической теории теплопроводности связан с аналитическим определением температуры при $\tau \rightarrow \tau_0$. Формула для температуры, представленная в ходе математических преобразований в виде интеграла Пуассона, при начальном условии $\tau \rightarrow \tau_0$ стремится к разрывной функции $\phi(\xi)$, где ξ - текущая координата, что признано недостатком классического уравнения теплопроводности. Отмечается, что эти недостатки имеют место только при бесконечных границах области интегрирования; в конечной области, решения для которой находят методом разделения переменных, эта проблема не возникает, что соответствует физическому явлению – при конечной области прогрева инерционность процесса не успевает проявиться. Предполагается, что именно поэтому экспериментаторы, измеряющие коэффициент теплопроводности в конечных областях, не обнаруживают указанный парадокс. Как отмечается, Риман, изучив свойства анизотропного температурного поля, показал, что температурное поле следует характеризовать не теплофизическими параметрами, а видом изотермических поверхностей или операторов теплопроводности.

Уравнения теплопроводности параболического типа характерны для случая, когда скорость распространения теплоты может быть принята бесконечно большой и приводит к повышению температуры во всех точках тела сразу после начала действия источника теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности, связывающее временное и пространственное изменение температуры, для среды с переменными физическими характеристиками и внутренними источниками теплоты при допущении о том, что скорость распространения теплоты бесконечно велика, имеет следующий вид:

$$\rho c \frac{\partial t}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} t) + q_v, \quad (1)$$

При его выводе тепловой поток через контрольную площадку в некоторый момент времени принят пропорциональным разности температур в точках тела, удаленных от этой площадки на некоторое расстояние, в тот же момент времени. В 1941 году А.В. Лыковым была предложена гипотеза о конечных скоростях распространения теплоты и массы [4]. В случаях, когда линейная связь между тепловым потоком и градиентом температур нарушается, плотность теплового потока определяется обобщенным законом Фурье (в предположении, что теплофизические характеристики не зависят от температуры и внутренние источники теплоты отсутствуют):

$$\vec{q} = -\lambda \nabla t - \tau_r \frac{\partial \vec{q}}{\partial \tau}, \quad (2)$$

где τ_r – постоянная времени (время релаксации).

При резком изменении $\vec{q}$ перестройка температурного поля и градиента температуры происходит со смещением во времени (τ_r). Чем выше степень нестационарности, тем больше τ_r . Скорость распространения теплоты определяется выражением:

$$w_r = \sqrt{\frac{a}{\tau_r}} \quad (3)$$

Например, для азота $\tau_r = 10^{-9}$ с, $w_r = 150$ м/с; для алюминия $\tau_r = 10^{-11}$ с, $w_r = 1500$ м/с.

Дифференциальное уравнение теплопроводности с учетом релаксационных процессов было получено при использовании уравнения теплового баланса и обобщенного закона Фурье:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \tau_r \frac{\partial^2 t}{\partial \tau^2} = a \nabla^2 t, \quad (4)$$

Его называют гиперболическим уравнением теплопроводности. Впервые гиперболическое уравнение теплопроводности было выведено Предводителевым А.С. с помощью теоремы Грина. При этом в качестве допущений было принято условие постоянства скорости распространения теплоты, что ограничивает число форм волнового уравнения. Переход к гиперболическому оператору устраняет некоторые некорректные решения классической теории теплопроводности.

В [2] на основе математического анализа баланса теплоты при разнообразии функции $w_r = f(x, y, z, \tau)$ получено семейство форм волнового уравнения. В [5] представлены результаты исследования решений краевых задач переноса для уравнений гиперболического типа, где рассматривалась корректность постановки задачи при ГУ I и III рода. В [6] получено решение нелинейного гиперболического уравнения теплопроводности при ГУ I рода в квазистационарном режиме нагрева для полубесконечного тела. Показано, в рассматриваемом случае можно вместо гиперболического уравнения теплопроводности использовать решение параболического уравнения, при условии, что коэффициент теплопроводности будет функцией как температуры, так и скорости нагрева. В [7] рассматривается волновой теплоперенос в линейных и нелинейных средах на основе закона теплопроводности, учитывающего не только первые и вторые производные по времени от теплового потока, но и производные более высоких порядков, что позволило свести теплоперенос на основе гиперболического уравнения к задаче на основе параболического уравнения с запаздывающим аргументом по времени.

Таким образом, от правильности выбора дифференциального уравнения теплопроводности, гиперболического – для высокоинтенсивных процессов нагрева, или параболического типа – для процессов с интенсивностью, позволяющей принять скорость распространения теплоты бесконечно большой, зависит верность полученных решений. Возник важный вопрос: какие процессы считать высокоинтенсивными. В [8] отмечается, что при удельных тепловых потоках порядка $q = 10^7$ Вт/см² скачки температур могут составлять несколько сотен градусов. В [6] получено решение нелинейного уравнения теплопроводности, основанного на релаксационной модели переноса теплоты, для квазистационарного режима нагрева, что позволило оценить конечную скорость нагрева, при которой еще можно не учитывать конечность скорости распространения теплоты, и показано, что максимальная скорость нагрева описывается следующим выражением:

$$\left. \frac{dT}{d\tau} \right|_{\max} = \frac{V_r^2}{a_r - \tau_r V_r^2} (T_w - T_0), \quad (5)$$

где V_r – линейная скорость движения поверхности (изотермы), a_r – коэффициент температуропроводности, T_w – температура поверхности (изотермы), T_0 – температура окружающей среды. В [5] отмечается, что влияние конечности скорости распространения тепла на температурное поле будет ощутимым, если величина $\tau_r V_r^2$ будет больше либо равна погрешности определения a_r .

Коэффициент температуропроводности можно определить из соотношения для времени релаксации, приведенном в [9]:

$$\tau_r = 3a_r / v_r^2 \quad (6)$$

где v_r – скорость звука.

Для оценки скорости нагрева материала при условии, что $\tau_r V_w^2 \leq 0,1 \cdot a_r$, предложена следующая зависимость [6]:

$$\left. \frac{dT}{d\tau} \right|_{\max} = \frac{T_w - T_0}{9\tau_r} \quad (7)$$

При скоростях, выше $\left. \frac{dT}{d\tau} \right|_{\max}$, необходимо учитывать конечность скорости распространения тепла.

Время релаксации оценивалось разными авторами для различных типов материалов, и было найдено, что его значение лежит в пределах от 10^{-9} с для газов до 10^{-14} с для металлов. Скорость нагрева выше 100 К/с называется высокой.

При существенной зависимости теплофизических и электрофизических свойств от температуры аналитические методы решения оказываются неэффективными. В этом случае решения получают с помощью численных методов: методы конечных разностей (метод сеток) [10], конечных элементов, конечных объемов, метод Монте-Карло [11]. При использовании численных методов необходимо разработать дискретное представление математической модели, что само по себе вносит погрешность в получаемые результаты. Недостатки численных методов состоят в том, что в их основе заложена погрешность, связанная с заменой исходных уравнений на аппроксимирующие, т.е. возникает погрешность вычислительного алгоритма, кроме того, их проведение трудоемко [12].

В [13] получено точное аналитическое решение гиперболического уравнения теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях первого рода. Показано, что прогрев (охлаждение) тела определяется движением фронта ударной тепловой волны, на котором происходит скачок температур. При этом получается две подобласти: в одной температура изменяется от температуры на стенке до температуры на фронте волны, в другой, невозмущенной, температура равна начальной температуре. В работе отмечается, что для высокоинтенсивных процессов, время протекания которых сопоставимо с временем релаксации, решения при малых числах Фурье приводят к указанным выше парадоксам. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что, когда время релаксации велико, а скорость тепловой волны мала, решения дает гиперболическое уравнение теплопроводности, причем процессы не обязательно должны быть высокоинтенсивными.

Выводы

Математические модели для высокоинтенсивных процессов теплопроводности могут основываться на дифференциальных уравнениях различного типа, что позволяет задать корректную форму изотермической поверхности для исследуемой задачи. Верность полученных решений задач теплопроводности определяется правильностью выбора дифференциального уравнения теплопроводности, гиперболического – для высокоинтенсивных процессов нагрева, или параболического типа – для процессов, интенсивность которых позволяет допустить бесконечную скорость распространения теплоты. Имеющиеся зависимости позволяют определить граничную скорость нагрева, после которой нельзя пренебрегать конечной скоростью распространения теплоты в теле.

Для процессов любой интенсивности применение уравнения теплопроводности параболического типа позволяет решить проблему малых чисел Фурье. На малых числах Фурье прогрев (охлаждение) тела определяется движением фронта ударной тепловой волны, на котором происходит скачок температур.

Література

1. Адамар, Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа. [Текст] / Ж. Адамар. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
2. Шашков, А. Г. Волновые явления теплопроводности [Текст] / А.Г. Шашков, В.А. Бубнов, С.Ю. Яновский. – М., Эдиториал УССР, 2004. – 296 с.
3. Риман, Б. Математическое сочинение, в котором содержится попытка дать ответ на вопрос, предложенный знаменитейшей Парижской Академией [Текст] / Б. Риман. – Соч. М.; Л.: Гос. Техн.-теор. – Изд-во, 1948. – 339 с.
4. Лыков, А. В. Теория теплопроводности [Текст] / А. В. Лыков. – М., 1967. – 559 с.
5. Карташов, Э. М. Краевые задачи для гиперболических моделей переноса. Математические методы и информационные технологии в химии и химической технологии [Текст] / Э.М. Карташов // Вестн. МИТХТ, 2008. – Т. 3, № 3. – С. 20-22.
6. Исаев, К. Б. К вопросу об учете конечной скорости распространения тепла в твердом теле [Текст] // Тр. V Минского межд. форума по теплообмену ММФ-2004. – Минск: ИТМО НАНБ, 2004. – С. 1-6.
7. Формалев, В.Ф. Возникновение и распространение тепловых ударных волн в нелинейных твердых средах [Текст] / В. Ф. Формалев, Е.Л. Кузнецова, И. А. Селин // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 278-285.
8. Maurer, M. J. Non-Fourier Effects at High Heat Flux [Text] / M. J. Maurer, H. A. Thompson. // ASME J. of Heat Transfer, 1973. – Vol. 95. – P. 284-286.
9. Chester, M. Second sound in solids / M. Chester // Phys. Rev. – 1963. V. 131. – P. 2013-2015.
10. Никитенко, Н. И. Исследование нестационарных процессов тепло- и массообмена методом сеток [Текст] / Н. И. Никитенко. – К.: Наук. думка, 1971. – 266 с.
11. Решение краевых задач методом Монте-Карло [Текст] / Б.С. Елепов, А.А. Кронберг, Г.А. Михайлов, К.К. Сабельфельд // Новосибирск: Наука, 1980. – 173 с.
12. Самарский, А.А. Методы решения сеточных уравнений [Текст] / А.А. Самарский, Е.С. Николаев. – М.: Наука, 1978. – 592 с. Численные методы [Текст] / Н.С. Бахвалов, Н.С. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Наука, 1987. – 632 с.
13. Кудинов, В.А. Об одном методе получения точного аналитического решения гиперболического уравнения теплопроводности на основе использования ортогональных методов [Текст] / В.А. Кудинов, И.В. Кудинов // Вестн. Сам. Техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Наук. – 2010. - № 5 (21). – с. 159-169.

УДК 629.7.063.7

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАСООБМЕНА МАСЛЯНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В ГТД

**Михайленко Т. П., канд. техн. наук, доцент, Петухов И.И., канд. техн. наук, доцент,
Лисица А. Ю., канд. техн. наук, Немченко Д. А., аспирант, Дуасси Омар Хадж Аисса, аспирант
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков**

Аннотация Наличие двухфазной среды – важнейшая особенность работы маслосистемы ГТД. Исследование процессов теплообмена маслотовоздушной смеси в системе смазки и трубопроводах двигателя летательного аппарата является одной из актуальных технических задач. Рассматриваются особенности протекания теплогидравлических процессов в маслосистеме ГТД и направления по усовершенствованию подходов к их описанию.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, маслосистема, двухфазный поток, маслотовоздушная смесь, процессы теплообмена.

Annotation The presence of two-phase medium is the most important feature of a gas turbine engine oil system. Research of heat and mass transfer processes of oil-air mixture in the pipelines and parts of oil system of aircraft gas turbine engine is one of the urgent technical problems. The features of heat and hydraulic processes in the oil system of GTE and directions for improvement of approaches to their description are considered.

Keywords: gas turbine engine, oil system, two-phase flow, oil-air mixture, processes of heat and mass transfer.

Авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) и созданные в процессе их конверсии наземные газотурбинные установки различного назначения являются газодинамическими машинами, предполагающими высокие скорости вращения роторов. Надежная работа ГТД во многом определяется совершенством масляной системы (МС). Нарушения подачи масла к подшипникам и зубчатым зацеплениям

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії теплові насоси та тепловикористовуючі холодильні машини і агрегати	3
--	----------

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

Процеси тепломасообміну і тепломасообмінні апарати. Нанотехнології в теплоенергетиці і енергомашинобудуванні. Теплофізичні властивості теплоносіїв і робочих тіл	19
---	-----------

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., Дуаиссиа 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 60х84/8. 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