

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

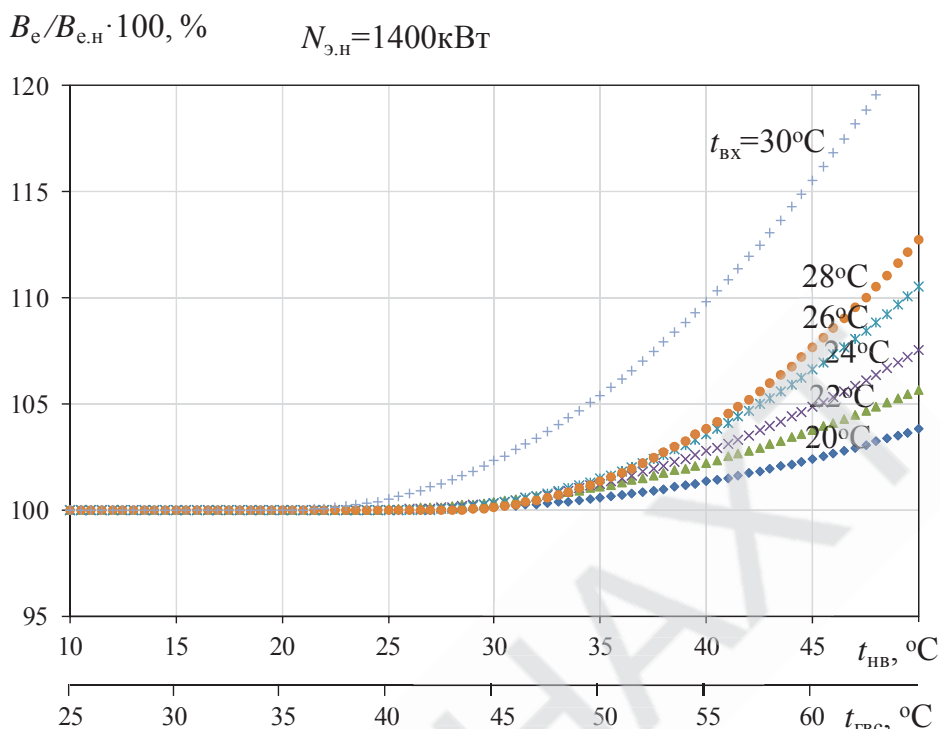
## **СЕКЦІЯ 5:**

### **. ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННЯ**

#### **ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

#### **ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ І ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ**

(номинальным) значением,  $B_e / B_{e,n}$ , от температуры наружного воздуха  $t_{нв}$  при разных температурах воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 20...30$  °С и номинальной мощности ГПД  $N_3 = 1400$  кВт, приведенным на рис. 10.



**Рис. 10** – Залежності змінення об'ємного расхода топлива ГПД  $B_e / B_{e,n}$ , приходящегося на змінення температури нагріву повітря на вході в градирню системи оборотного охолодження наддувочної ГВС  $\Delta t_{нв} = 1$  °С, від температури нагріву повітря  $t_{нв}$  при різних температурах повітря на вході ТК  $t_{вх} = 20...30$  °С і номінальної потужності ГПД  $N_3 = 1400$  кВт

Как видно, при температуре воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 26...30$  °С более глубокое охлаждение наддувочной газозвушной смеси, в частности, с помощью АБХМ, по сравнению с ее традиционным охлаждением в системе оборотного охлаждения градирней сухого типа, например при температуре нагріву повітря на вході градирні  $t_{нв} = 30...35$  °С позволяет сократить потребление топлива на 2...5 % (от 102...105 % до 100 %).

УДК 621.436.13:621.57

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ

Радченко А.Н., канд. техн. наук, Коновалов А.В., мл. научн. сотр.  
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

В установках автономного энергообеспечения для привода электрогенераторов широко применяются газопоршневые двигатели (ГПД). Охлаждение наддувочной газозвушной смеси (ГВС) перед ее подачей в цилиндры ГПД осуществляется, как правило, системой оборотного охлаждения с отводом теплоты от промежуточного водяного контура в атмосферу градирнями сухого типа. Повышение температуры воздуха  $t_{вх}$  на входе турбокомпрессора (ТК) и нагріву повітря  $t_{нв}$  на вході в градирню системи оборотного охолодження наддувочної ГВС, соответственно и температуры охлажденной наддувочной ГВС  $t_{гвс}$ , приводит к падению топливной эффективности ГПД – возрастанию удельного расхода топлива  $b_e$ .

Поэтому для поддержания высокой топливной экономичности ГПД при повышенных температурах наружного воздуха целесообразно охлаждать воздух на входе ТК и либо понижать температуру воздуха в градирне (например, до температуры мокрого термометра путем испарения в нем воды) с соответствующим снижением температуры воды в системе оборотного охлаждения, либо же дополнительно охлаждать саму воду системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС, например, с помощью теплоиспользующих холодильных машин (ТХМ), утилизирующих сбросную теплоту ГПД.

Для оценки эффекта от охлаждения наддувочной ГВС необходимо располагать данными по раздельному влиянию температуры воздуха на входе ТК  $t_{\text{вх}}$  и наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирни на удельный расход топлива  $b_e$ . Поскольку в установках автономного энергообеспечения, особенно при небольшом количестве двигателей, их работа на частичных нагрузках – в зависимости от энергопотребления конкретных промышленных и других объектов – довольно частый режим для практики эксплуатации, то для оценки целесообразности охлаждения циклового воздуха в ТХМ необходимо располагать данными по снижению топливной эффективности ГПД при повышенных температурах наружного воздуха, причем с учетом раздельного влияния температур наружного воздуха на входе в градирни  $t_{\text{нв}}$  (соответственно и температуры охлажденной наддувочной ГВС  $t_{\text{ГВС}}$ ) и на входе ТК  $t_{\text{вх}}$ .

Фирмы-производители газопоршневых двигателей (ГПД), как правило, не дают в доступных информационных источниках данных об изменении удельного расхода топлива  $b_e$  в зависимости от климатических условий эксплуатации. Обработка массивов данных по  $b_e$ , полученных в процессе мониторинга действующей энергоустановки с ГПД, вызывает значительные трудности из-за одновременного влияния на  $b_e$  температур наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС и воздуха на входе наддувочного ТК  $t_{\text{вх}}$ .

Поэтому была разработана методика обработки данных мониторинга по  $b_e$  с учетом раздельного влияния температур наружного воздуха на входе в градирни  $t_{\text{нв}}$  и на входе ТК  $t_{\text{вх}}$ . Методика разработана на основе данных мониторинга первой на Украине установки автономного электро-, тепло- и холодообеспечения ООО "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (с. Мешково-Погорелово, Николаевская обл.). Тригенерационная установка включает два когенерационных ГПД JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (электрическая мощность одного ГПД 1400 кВт, тепловая мощность 1500 кВт).

Целью обработки массивов данных  $b_{ev} = f(t_{\text{нв}})$  является нахождение величины изменения удельного объемного расхода топлива  $db_{ev}$ , приходящейся на изменение температуры наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС на  $1^\circ\text{C}$ , т.е. производной  $db_{ev}/dt_{\text{нв}}$ .

Для этого отдельные массивы данных по  $b_{ev} = f(t_{\text{нв}})$  формировались при разных, но практически неизменных температурах воздуха  $t_{\text{вх}}$  (диапазон отклонения температуры  $t_{\text{вх}}$  менее  $1^\circ\text{C}$ ) на входе ТК, что позволяло исследовать влияние температуры наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС независимо от температуры воздуха  $t_{\text{вх}}$  на входе ТК.

Результаты обработки данных по объемным расходам топлива в абсолютных  $B_e$  и относительных  $b_e$  величинах с получением величины их изменения  $\Delta B_e$  и  $\Delta b_e$  при изменении на  $1^\circ\text{C}$  температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $t_{\text{нв}}$  в зависимости от температуры наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$ , соответственно и от температуры наддувочной ГВС  $t_{\text{ГВС}}$ , при эксплуатации ГПД на частичной нагрузке (мощности  $N_3 = 1000\text{--}1100$  кВт) представлены соответственно на рис. 1 и 2.

При этом связь между температурой  $t_{\text{ГВС}}$  наддувочной ГВС  $t_{\text{ГВС}}$  и температурой наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $t_{\text{нв}}$  определялась исходя из разности температур между температурой охлажденной в градирне воды  $t_{\text{w1}}$  и наружным воздухом  $t_{\text{нв}}$  на входе в градирню сухого типа:  $\Delta t_1 = t_{\text{w1}} - t_{\text{нв}} = 10^\circ\text{C}$ , а также разности температур между наддувочной ГВС на выходе из низкотемпературной ступени ОНВ<sub>НТ</sub>  $t_{\text{ГВС}}$  и охлажденной в градирне воды  $t_{\text{w1}}$ :  $\Delta t_2 = t_{\text{ГВС}} - t_{\text{w1}} = 5^\circ\text{C}$ , т.е.  $t_{\text{ГВС}} = t_{\text{нв}} + \Delta t_1 + \Delta t_2 = t_{\text{нв}} + 15^\circ\text{C}$ , а разности температур в градирне сухого типа  $\Delta t_1$  и в низкотемпературной ступени ОНВ<sub>НТ</sub>  $\Delta t_2$  получали из расчета по программам фирм-разработчиков, в частности, Guntner.

Об ухудшении топливной эффективности ГПД из-за повышения температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $t_{\text{нв}}$  можно судить по зависимости расхода топлива в относительных величинах – по сравнению с его спецификационным (номинальным) значением,  $B_e/B_{e.н}$ , от температуры наружного воздуха  $t_{\text{нв}}$ , соответственно и от температуры наддувочной ГВС  $t_{\text{ГВС}}$ , при разных температурах воздуха на входе ТК  $t_{\text{вх}} = 20\text{--}30^\circ\text{C}$  и эксплуатации ГПД на номинальной мощности ГПД  $N_e = 1400$  кВт и на частичной нагрузке  $N_e = 1000\text{--}1100$  кВт, приведенным на рис. 3.

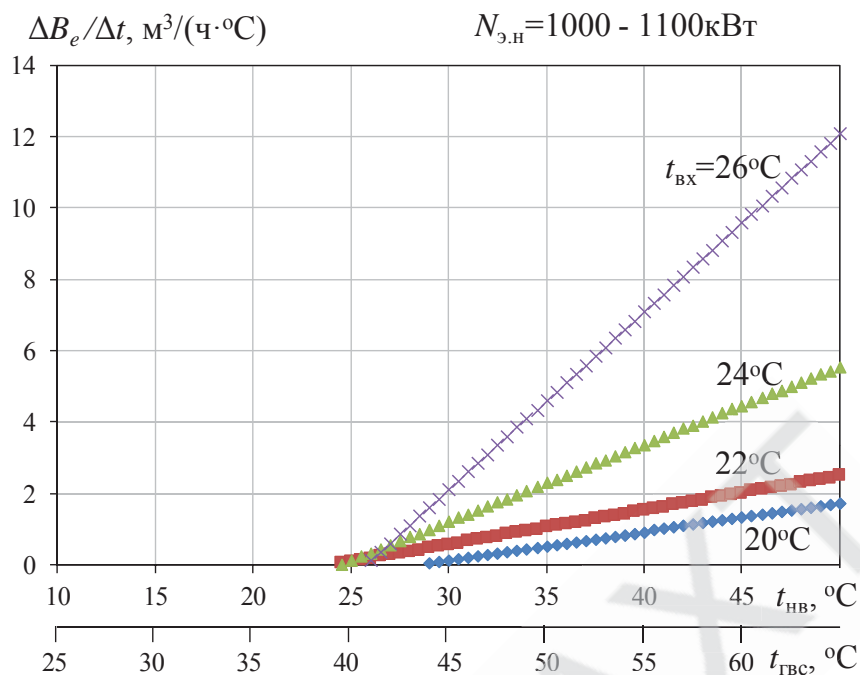


Рис. 1 – Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД  $\Delta B_e / \Delta t$ , приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $\Delta t_{нв} = 1^\circ\text{C}$ , от температуры наружного воздуха  $t_{нв}$ , соответственно и от температуры наддувочной ГВС  $t_{гвс}$ , при разных температурах воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 20 \dots 30^\circ\text{C}$  и мощности ГПД  $N_e = 1000-1100$  кВт

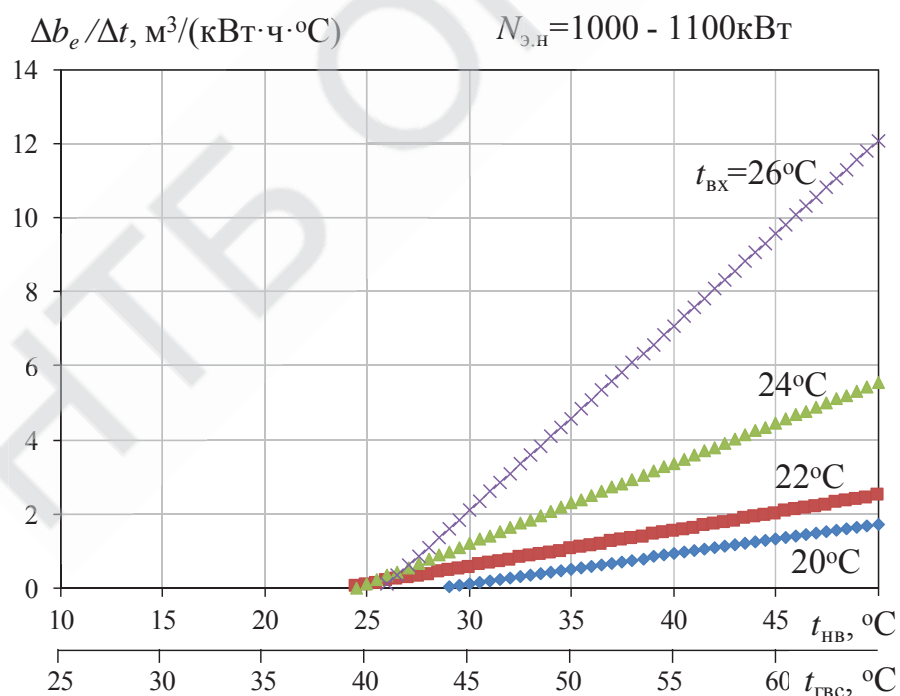
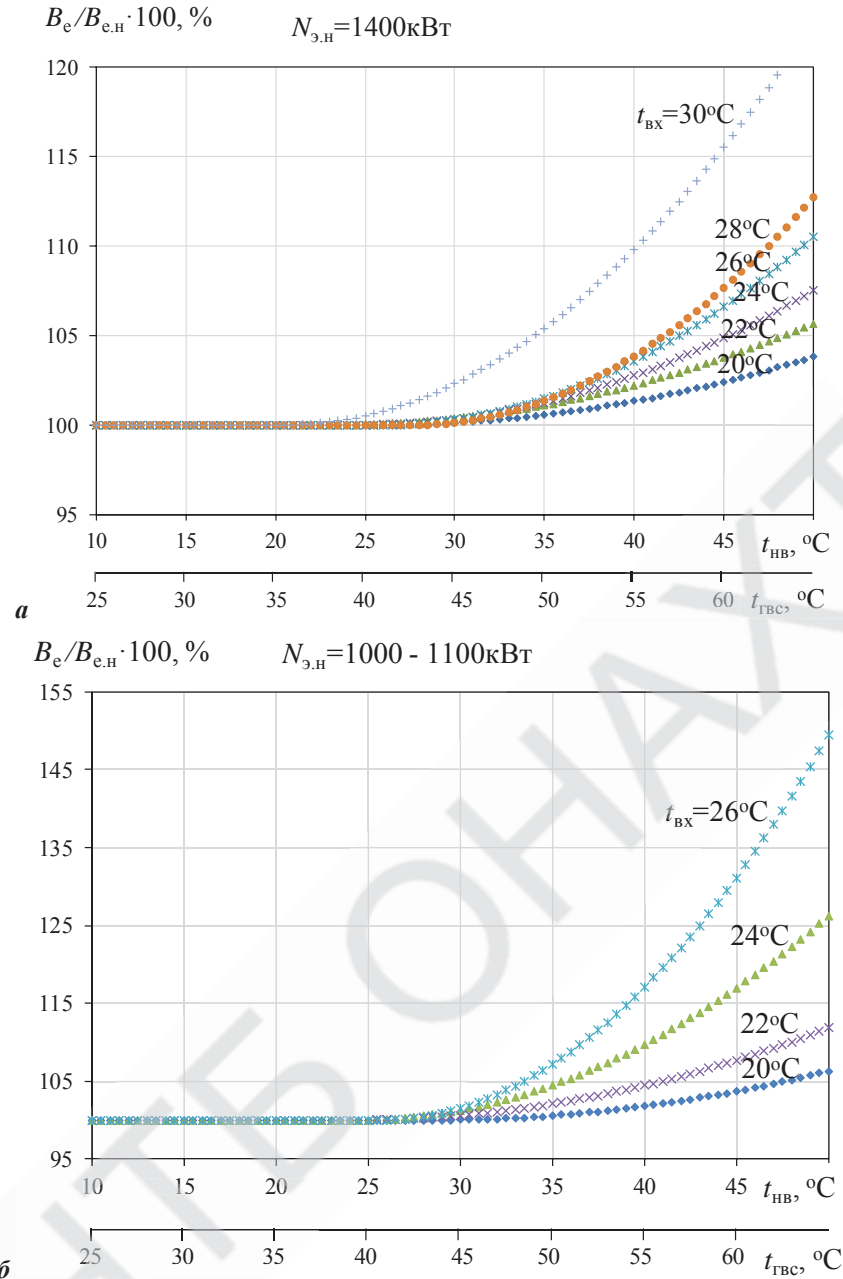


Рис. 2 – Зависимости изменения удельного объемного расхода топлива ГПД  $\Delta b_e / \Delta t$ , приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $\Delta t_{нв} = 1^\circ\text{C}$ , от температуры наружного воздуха  $t_{нв}$ , соответственно и от температуры наддувочной ГВС  $t_{гвс}$ , при разных температурах воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 20 \dots 30^\circ\text{C}$  и мощности ГПД  $N_e = 1000-1100$  кВт



**Рис. 3 – Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД  $B_e / B_{e,n}$ , приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС  $\Delta t_{нв} = 1^\circ\text{C}$ , от температуры наружного воздуха  $t_{нв}$ , соответственно и от температуры наддувочной ГВС  $t_{гвс}$ , при разных температурах воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 20...30^\circ\text{C}$  и мощности ГПД  $N$ : *a* –  $N = 1400 \text{ кВт}$ ; *б* –  $N = 1000-1100 \text{ кВт}$**

Как видно, при температуре воздуха на входе ТК, например  $t_{вх} = 26^\circ\text{C}$ , более глубокое охлаждение наддувочной газозвушной смеси, в частности, с помощью АБХМ, по сравнению с ее традиционным охлаждением в системе оборотного охлаждения градирней сухого типа, например при температуре наружного воздуха на входе градирни  $t_{нв} = 30...35^\circ\text{C}$ , соответственно  $t_{гвс} = 45...50^\circ\text{C}$ , позволяет сократить потребление топлива на номинальном режиме на 1...2% (от 101...102% до 100% на рис. 3,*a*), тогда как на режиме частичной нагрузки на 2...8% (от 102...108% до 100% на рис. 3,*б*), причем при более высокой температуре воздуха на входе ТК  $t_{вх} = 35^\circ\text{C}$  (по сравнению с  $t_{вх} = 30^\circ\text{C}$ ) эффект от охлаждения на режиме частичной нагрузки значительно больше.

РОЗРОБКА СУДНОВИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ НА БАЗІ МОДУЛЬНИХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ <i>Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофеев І.В., Мазуренко С.Ю.</i> .....	261
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ СБРОСНОГО ТЕПЛА ГПД СОВМЕСТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ДВУХПОТОЧНОЙ ПОДАЧИ ОБРАТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ <i>Остапенко А.В.</i> .....	266
ОСОБЕННОСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА МАШИННОГО ЗАЛА ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Грич А.В.</i> .....	268
СТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ КАСКАДНОЙ АБСОРБЦИОННО- ПАРОКОМПРЕССОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ <i>Радченко А.Н., Грич А.В.</i> .....	271
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ЕЛЕКТРОННОЮ СКЛАДОВОЮ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ <i>Бучка А. В., Шанина Т. П.</i> .....	273
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ <i>Ломейко О.П., Єфіменко Л.В.</i> .....	276
ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ <i>Волчок В.О.</i> .....	279
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА <i>Радченко А.Н., Коновалов А.В.</i> .....	281
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ <i>Радченко А.Н., Коновалов А.В.</i> .....	289
<b>СЕКЦІЯ 6</b>	
<b>Інтелектуальні мережі в енергетиці і холодильній техніці.</b>	
<b>Інформаційні технології в енергетиці</b> .....	293
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК <i>Бодюл С.В., Сухоруков А.А.</i> .....	294
РОЛЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГЕТИКИ <i>Болтач С.В.</i> .....	297
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ «ОДЕСАОБЛЕНЕРГО» <i>Кржевицький В.С., Попков Д.М.</i> .....	298
INFORMATION TECHNOLOGY APPLICATION TO REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS <i>Olga V. Olshevska.</i> .....	299
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ <i>Сиромля С.Г.</i> .....	301

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