

Національна академія наук України  
Міністерство енергетики та вугільної промисловості України  
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
ПрАТ «ТЕХЕНЕРГО»  
Громадська рада при Міністерстві енергетики  
та вугільної промисловості України



XIV Міжнародна науково-практична конференція

**ВУГІЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА:  
ШЛЯХИ РЕКОНСТРУКЦІЇ  
ТА РОЗВИТКУ**

КОНФЕРЕНЦІЯ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ 100-РІЧЧЮ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Київ 2018

**ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**XIV Міжнародна науково-практична конференція**

**«ВУГІЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА:  
ШЛЯХИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗВИТКУ»**

**9–10 жовтня 2018 р.**

Національна академія наук України  
Міністерство енергетики та вугільної промисловості України  
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
ПрАТ «ТЕХЕНЕРГО»

Громадська рада при Міністерстві енергетики та вугільної промисловості України

УДК 621.78.012-37.091.12:005745  
ISBN 978-617-7420-38-4

Підписано до друку: 29.09.2018  
Формат: 60×84/16. Папір офсетний.  
Умов. друк. арк. 15.14. Уч.-видав. арк. 13.02  
Друк цифровий. Наклад 80 прим.

Надруковано: ТОВ «Мега Актив Друк»

УДК 621.311

**ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОЇ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ  
ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ**

**Карп І. М., академік НАН України**  
**Інститут газу НАН України, м. Київ**

Світова енергетика пройшла значний шлях розвитку від першого генератора Томаса Едісона з ККД 1,6% до сучасного стану. Слід визначити напрямки енергетики України.

Встановлена потужність теплової енергетики України становить 35,3 ГВт. Коефіцієнт її використання у 2016 році становив 22,2%, тобто практично використовується біля 8 ГВт. Стан теплової енергетики України незадовільний. Близько 80% енергоблоків ТЕС та ТЕЦ перевищило межу фізичного зношення у 200 тисяч годин. Середня витрата вугілля становить на ТЕС ~ 400 г у. п./кВт·г у порівнянні з середньоєвропейським значенням 280 г у.п./кВт·г, що відповідає ККД 30 та 43,8% відповідно. Тобто, в Україні витрачається на 30% більше вугілля на 1 кВт/г ніж в Європі. В значній мірі це пояснюється недостатністю маневрових потужностей в українській енергосистемі. В «гарячий» час розбіжність менша.

По наших розрахунках обсяг глибокої модернізації та нового будівництва ТЕС і ТЕЦ становить 12–13 ГВт. Потрібні для цього загальні витрати оцінюються у \$19-20 млрд. Ця цифра може бути уточнена в сторону зменшення. Потрібно прийняти до уваги заплановану добудову двох блоків на ХАЕС потужністю 2,0 ГВт та завершене будівництво потужної ЛЕП напругою 750 кВ від Ровенської та Хмельницької АЕС до підстанції «Київська». Така лінія може передавати потужність 1,5 ГВт і більше. Це будівництво внесе суттєві корективи в оцінки необхідних обсягів модернізації та будівництва теплових станцій та обсягу резерву.

Ключовим параметром для вибору енергетичної технології теплових енергоблоків є їх економічна ефективність, яка в першу залежить від вартості палива. Вартість палива складає 80% від собівартості однієї кіловаттгодини. З урахуванням світового досвіду перебудову теплової енергетики України слід проводити у таких напрямках: 1) виключення споживання антрацитів і перехід на вугілля газової групи; 2) реконструкція систем пилоподачі для роботи під тиском, що виключає виникнення вибухів у пилопроводах; 3) перехід від рідкого на сухе видалення золи, що зменшує споживання води та сприяє зберіганню довокілля; 4) перехід на ультранадкритичні параметри пари (тиск

## З М І С Т

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОЇ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ <i>Карп І.М.</i> .....	3
РОЗРОБКА КАТАЛІЗАТОРІВ СИНТЕЗУ ЦІННИХ ХІМІЧНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ СИНТЕЗ-ГАЗУ ОДЕРЖАНОГО ШЛЯХОМ ГАЗИФІКАЦІЇ ТВЕРДОГО ПАЛИВА <i>Калішчин Є.Ю., Трипольський А.І., Стрижак П.Є.</i> .....	8
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ: ПРОГНОЗЫ И РЕАЛИИ <i>Басок Б.И., Базеев Е.Т.</i> .....	10
SOLID ORGANIC WASTE AND COAL GASIFICATION FOR OPERATION OF ELECTRIC GENERATORS <i>Didnyk O.M., Sokolovska I.S.</i> .....	18
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В ПРОЦЕСІ ТЕПЛОГО САМОЗАЙМАННЯ ПИЛОВУГІЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ВРАХУВАННЯМ ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ <i>Кузьменко Б.В.</i> .....	20
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ <i>Безценний І.В., Бондзик Д.Л., Євтухов В.Я.</i> .....	22
ВЛИЯНИЕ ТИПА ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО АГЕНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ <i>Богатова Т.Ф., Рыжков А.Ф., Осипов П.В., Чернова М.Б., Смирнов А.И.</i> .....	25
МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЙМАННЯ СУМІШЕЙ ГАЗУ І ВУГІЛЬНИХ ЧАСТИНОК (ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ, ФОРМУЛЮВАННЯ МОДЕЛІ) <i>Дресвянніков В.Г.</i> .....	28
К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ <i>Белов А.П., Шустов А.А., Барна Т.В.</i> .....	34
СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС СО СВЕРХПАРКОВОЙ НАРАБОТКОЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОДЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Черноусенко О.Ю., Пешико В.А., Рындюк Д.В., Бутовский Л.С., Горяженко В.Ю.</i> .....	36
ВПЛИВ ВТОРИННОЇ РЕАКЦІЇ CO <sub>2</sub> З ВНУТРІШЬОЮ ПОВЕРХНЕЮ НА РІВНОВАЖНУ ТЕМПЕРАТУРУ ЧАСТИНКИ КОКСОВОГО ЗАЛИШКУ В ДИМОВИХ ГАЗАХ <i>Квіцинський В.О., Кривошиєєв С.І., Макарчук В.М., Маруцак С.В.</i> .....	39
РОЗПОДІЛ КИСНЮ ТА ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ПО ДОВЖИНІ КОНІЧНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ ПОРИ З УРАХУВАННЯМ АДСОРБЦІЇ <i>Квіцинський В.О., Кривошиєєв С.І., Макарчук В.М., Маруцак С.В.</i> .....	43

ЗАКОНОДАВЧІ АСПЕКТИ В СФЕРІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА <i>Гапонич Л.С., Голенко І.Л., Топал О.І.</i> .....	48
МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ НА УКРАЇНСЬКИХ ВУГІЛЬНИХ ТЕС <i>Вольчин І.А., Гапонич Л.С.</i> .....	53
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГЛИНАННЯ ОКСИДУ АЗОТУ В СУСПЕНЗІЯХ ПЕРМАНГАНАТУ КАЛІЮ ТА НАТРІЮ <i>Вольчин І.А., Мезін С.В., Ясинецький А.О.</i> .....	58
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СМЕСИ НА ДИНАМИКУ ОКИСЛЕНИЯ NO до NO <sub>2</sub> В ПРИСУТСТВИИ O <sub>3</sub> <i>Дресвянніков В. Г.</i> .....	60
ОСОБЕННОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БИОТОПЛИВ В ЦИКЛОННО-СЛОЕВОЙ ТОПКЕ <i>Теплицкий Ю.С., Пищуха Е.А., Бучилко Э.К., Дубина В.А.</i> .....	63
РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ЯК СКЛАДОВІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ <i>Топал О.І., Любарець М.І.</i> .....	68
РОЗВИТОК БІОГАЗОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КНР ТА УКРАЇНІ <i>Дудник О.М.</i> .....	71
ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУКОКСОВАНИЯ ШУБАРКОЛЬСКОГО УГЛЯ В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ <i>Сулейменов К.А., Дюсеханов Т.К., Токмурзин Д.</i> .....	75
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗ УГЛЯ В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ. <i>Сулейменов К.А., Дюсеханов Т.К.</i> .....	84
ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ВОДОРОЗЧИННИХ СПОЛУК НА ТЕРМОХІМІЧНУ КОНВЕРСІЮ СОЛОНОВОГО ВУГІЛЛЯ В РІЗНИХ УМОВАХ <i>Фатеев А.І., Шендрік Т.Г., Дунаєвська Н.І., Дулієнко С.Г.</i> .....	91
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ МОТОРНОГО ПАЛИВА <i>П'яних К.К.</i> .....	97
ПРО МОЖЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ НПСВ ТЕПЛОВИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ УКРАЇНИ <i>Вольчин І.А.</i> .....	100

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПОШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ ТА ГАЗИФІКАЦІЇ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ (ТПВ, RDE, БІОМАСА ТОЩО) НА ОСНОВІ ЦИРКУЛЮЮЧОГО КИПЛЯЧОГО ШАРУ <i>Топал О.І., Голенко І.Л., Гапонич Л.С.</i> .....	103
ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СПІЛЬНОГО СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА ТА ВУГІЛЛЯ НА ТЕС УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ КОТЛА ТПП-210А <i>Бондзик Д.Л., Дунаєвська Н.І., Мірошніченко Є.С., Безценний І.В., Щудло Т.С., Музалевська Н.І.</i> .....	105
ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ОРОШЕНИЯ ТРУБ ВЕНТУРИ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ <i>Вольчин И.А., Ращепкин В.А.</i> .....	113
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И ДЕГИДРАТАЦИИ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА <i>Кутовой В.А., Луценко А.С.</i> .....	116
ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ПІКОВОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ВИРІВНЮВАННЯ ГРАФІКА НІЧНОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ <i>Басок Б.І., Лисенко О.М., Веремійчук Ю.А., Мороз М.В., Вем А.В., Товстюк А.І.</i> .....	120
УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВА КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗА В БЫТОВОЙ ТЕХНИКЕ. <i>Сорока Б.С., Горупа В.В.</i> .....	124
РІДКІ ПРОДУКТИ СУМІСНОЇ КАРБОНІЗАЦІЇ НИЗЬКОМЕТАМОРФІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ І ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЇ <i>Шендрік Т.Г., Шевкопляс В.М., Бован Л.А.</i> .....	129
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ ТЕПЛОТЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ТОПОЧНЫХ СИСТЕМ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ CFD МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Сорока Б.С., Sandor P., Згурский В.А., Воробьев Н.В.</i> .....	137
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ КОТЛА З ПЕРЕВЕДЕННЯМ СПАЛЮВАННЯ З АШ НА ВУГІЛЛЯ ГАЗОВОЇ ГРУПИ <i>Варламов Г.Б., Капустянський А.О., Кодь Д.С.</i> .....	143
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПІЛЬНОГО СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЛЯ МАРОК П ТА Г З ТВЕРДИМ БІОПАЛИВОМ В ПОТОВОМУ РЕАКТОРІ <i>Безценний І.В., Дунаєвська Н.І., Бондзик Д.Л., Щудло Т.С., Євтухов В.Я.</i> .....	146
РЕКОНСТРУКЦИЯ УГОЛЬНЫХ ТЕЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТАНОВОК КОНТАКТНОГО ЭНЕРГООБМЕНА: КОМПЛЕКСНЫЙ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ <i>Варламов Г.Б., Романова К.А., Мухин М.С., У Цзунянь</i> .....	150

НАУКОВІ ОСНОВИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМІЩЕННЯ АНТРАЦИТУ НА ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ <i>Чернявський М.В., Дунаєвська Н.І., Провалов О.Ю., Мірошніченко Є.С.</i> .....	154
ТВЕРДІ ПРОДУКТИ СУМІСНОГО ТЕРМОЛІЗУ ВУГІЛЛЯ І БІОМАСИ <i>Зубкова В.В., Стройвас А., Дунаєвська Н.І., Шендрік Т.Г., Музалевська Н.І.</i> .....	163
ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ: ОБСЯГИ, АСПЕКТИ ТЕРМІЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ В УКРАЇНІ <i>Буляндра О.Ф., Гапонич Л.С., Голенко І.Л., Топал О.І.</i> .....	172
ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – ОСНОВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ УКРАИНЫ <i>Гуля А.М.</i> .....	179
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТНОГО ЗВАРЮВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ТУРБІННОГО УСТАТКУВАННЯ ПІСЛЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ <i>Єлагін В.П., Царюк А.К., Дунаєвська Н.І.</i> .....	182
РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ СІРЧИСТОГО АНГІДРИДУ З ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СІРКОВМІЩУЮЧИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ТА ЗМІНИ ЇХ ВМІСТУ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВУГІЛЛЯ <i>Чернявський М.В., Моїсеєнко О.В.</i> .....	185
РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ АНТРАЦИТОВИХ ТА ГАЗОМАЗУТНИХ КОТЛІВ ТЕЦ НА СПАЛЮВАННЯ ГАЗОВОГО ВУГІЛЛЯ <i>Чернявський М.В., Вольчин І.А., Провалов О.Ю., Мірошніченко Є.С., Росколуна А.І., Моїсеєнко О.В.</i> .....	189
ВПЛИВ ЗОЛЬНОСТІ, ТОНІНИ РОЗМЕЛУ ТА ВМІСТУ ВОЛОГИ НА СХИЛЬНІСТЬ ДО САМОЗАЙМАННЯ ТА ВИБУХУ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ <i>Чернявський М.В.</i> .....	194
РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПЕРЕВЕДЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПИЛОЗАВОДУ СЛОВ'ЯНСЬКОЇ ТЕС І КОТЛОАГРЕГАТУ ТПП-200-1 НА ПІСНЕ ВУГІЛЛЯ І НА СУМІШІ АНТРАЦИТУ З ВІДХОДАМИ ЗБАГАЧЕННЯ КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ З ВИХОДОМ ЛЕТКИХ РЕЧОВИН СУМІШЕЙ ДО 14% <i>Провалов О.Ю., Косячков О.В., Чернявський М.В.</i> .....	198
РОЗРАХУНКОВЕ ОБІРУНТУВАННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЛОАГРЕГАТУ ТПП-210А СТ. №3 ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС НА СПАЛЮВАННЯ ГАЗОВОГО ВУГІЛЛЯ <i>Чернявський М.В., Мірошніченко Є.С.</i> .....	201

використовуються електронні регулятори з картами з електронним чіпом, за допомогою якої програмується робота регулятора.

Таким чином, розроблення та впровадження ефективних технічних, технологічних та організаційних заходів дозволить зменшити пікове енергоспоживання та вирівняти графік нічного електроспоживання для забезпечення ефективної та надійної роботи ОЕС України.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Розен В. П., Лякин А. А., Курбака Г. В. Ранжирование потребителей регуляторов мощности с использованием метода анализа иерархий. Економічна безпека держави і науково-технологічні аспекти її забезпечення: Праці II-го науково-практичного семінару з міжнародною участю. – 2010. – С. 298–307.
2. Папков Б. В., Шарыгин М. В., Крайнов С. П. Аспекты обеспечения надежности электроснабжения в условиях рынка. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева №1 (80). – 2010. – С. 176–184.
3. НЕК «Укренерго». Режим доступа: <https://ua.energy>.

УДК 662.76:504.064:683.95(043.2)

### УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВА КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗА В БЫТОВОЙ ТЕХНИКЕ.

Сорока Б. С., д.т.н.; Горупа В. В.

Институт газа НАН Украины, г. Киев

В соответствии с прогнозами аналитического центра Bloomberg New Energy Finance «New Energy Outlook 2018» к 2050 г. «зеленая» энергетика займет до 71% всего энергорынка, прежде всего, за счет солнечной (фотовольтаника) и ветровой энергетике.

Из всех ископаемых топлив (fossil fuels) предполагается наибольшее сокращение угольной энергетике, с нынешних 38% до 11% в мире. При этом следует отметить, что в связи со значительным повышением абсолютного энергопотребления в мире в предыдущие десятилетия сокращения добычи и потребления органического топлива ожидать не приходится. Это положение в еще большей степени относится к бытовому (domestic, residential) потреблению газового топлива. В Украине доля потребляемого в коммунально-бытовом хозяйстве природного газа (NG) в 2017 г (11,2 млрд м<sup>3</sup>) превысила

использование в промышленности (9,1 млрд м<sup>3</sup>). Кроме природного газа, в коммунально-бытовом хозяйстве также используется сжиженный газ, основные составы и теплотехнические характеристики природного и сжиженного газов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Составы и основные характеристики природного газа.

Параметр	Горючий газ	NG			
		CH <sub>4</sub>	NG (H)	NG (L)	NG; ГРС-ТЕЦ-5 Киев 23.04.2018
Состав, % об.	CH <sub>4</sub>	100	86,22	83,04	89,353
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	–	8,61	4,00	5,069
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	–	1,91	0,82	1,092
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	–	0,39	0,22	0,308
	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	–	0,05	0,06	0,090
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	–	0,02	0,05	0,074
	O <sub>2</sub>	–	–	–	0,009
	N <sub>2</sub>	–	0,9	10,09	1,617
	CO <sub>2</sub>	–	1,9	1,72	2,343
	Q <sub>l</sub> (МДж/м <sup>3</sup> )	35,8	38,659	33,458	34,42
	Q <sub>h</sub> (МДж/м <sup>3</sup> )	39,8	42,726	37,035	38,13
	T <sub>T</sub> (К)	2221	2222	2209	2220
	T <sub>d</sub> (К)	332,45	331,55	331,65	331,75

Таблица 2. Составы и основные характеристики сжиженного газа.

Параметр	Горючий газ	LPG				
		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	LPG 50% propane 50% butane	LPG 40% propane 60% butane	LPG 60% propane 40% butane
Состав, % об.	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	100	–	50	40	60
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	–	100	50	60	40
	Q <sub>l</sub> (МДж/м <sup>3</sup> )	91,203	118,585	104,89	107,63	102,16
	Q <sub>h</sub> (МДж/м <sup>3</sup> )	99,016	128353	113,68	116,62	110,75
	T <sub>T</sub> (К)	2234	2236	2235		
	T <sub>d</sub> (К)	328,05	327,35	327,65	327,55	327,75

В связи с изменением структуры потребления топливных ресурсов в Украине – резким сокращением энергопотребления промышленностью и увеличением относительной доли общего использования углеводородного топлива, относящейся к коммунально-бытовому сектору, особое значение приобретает совершенствование конструкций бытовых газоиспользующих устройств.

В Институте газа НАН Украины после многолетнего перерыва возобновлены систематические исследования сжигания углеводородов в

горелках газовых плит с учетом образования токсичных веществ: оксидов азота  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , и углерода  $\text{CO}$ . Исследования проводятся на специально созданном огневом стенде, где можно менять исследуемое горелочное устройство. Кроме исследований на стенде, отдельные испытания проведены в натуральных условиях на газовых плитах.

На рис. 1 представлены теоретические КПД для метана и пропан-бутановой смеси. Как видно из рисунка, для пропан-бутановой смеси КПД несколько выше, чем у метана, особенно в области температур, приближающихся к теоретической температуре горения  $T_T$ .

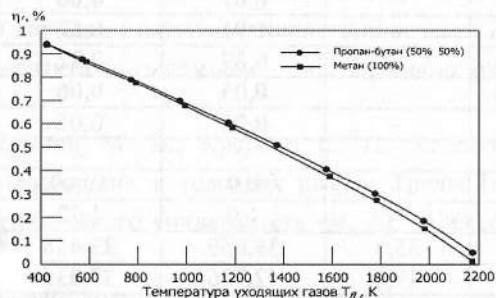


Рис. 1. Зависимость КПД использования топлива от температуры уходящих газов.

На рис. 2 представлен диапазон устойчивой работы горелки «NORD» при сжигании углеводородов: природного газа и пропан-бутановой смеси с указанием характерных пределов «нормальной» работы, обусловленных образованием желтых языков, с одной стороны, и отрывом (повисанием) факела, с другой стороны.

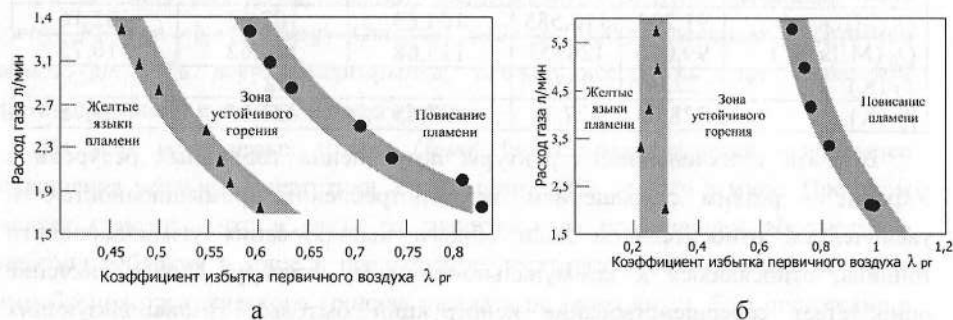


Рис. 2. Размещение зоны устойчивого горения в зависимости от коэффициента избытка первичного воздуха  $\lambda_{pr}$  при сжигании газового топлива в горелке бытовой газовой плиты «Норд». Топливо: а – сжиженный газ; б – природный газ.

Как видно из рис. 2, зона устойчивого горения для природного газа имеет широкие границы и варьируется в пределах  $\lambda_{pr} = 0,3 - 0,65$  для средних и повышенных значений тепловой нагрузки горелочного устройства. Найденные нами пределы для природного газа соответствуют значениям, представленным в литературе [1].

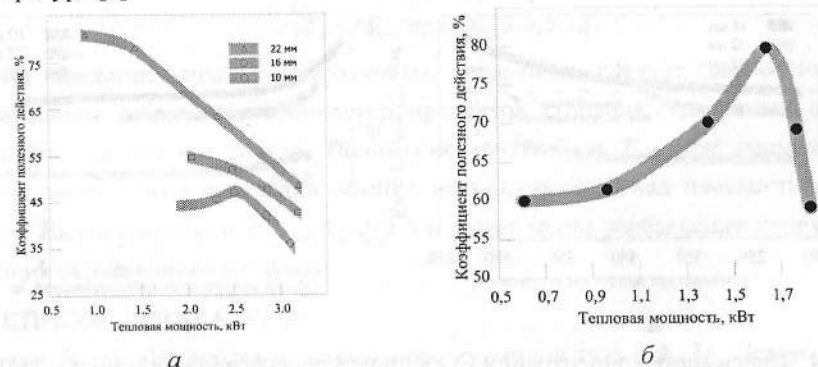


Рис. 3. Зависимость КПД использования топлива  $\eta_f$  при работе бытовых газовых плит от тепловой мощности горелки  $Q_g$ :

- а – плита «Норд». Горелка – средней мощности, номинал 1,7 кВт, топливо – сжиженный газ,  $h = 22; 16$ ; и 10 мм.,
- б – плита «Gorenje». Горелка – средней мощности, номинал 1,9 кВт, топливо – природный газ,  $h = 16$  мм.

Эффективность использования топлива в атмосферных горелках газовых плит определяется составом продуктов сгорания и структурой факела с учетом развития процесса горения в пространстве под нагреваемой емкостью и вдоль ее боковой поверхности. В свою очередь указанные характеристики обусловлены типом топлива, коэффициентом избытка первичного воздуха в горелке  $\lambda_{pr}$ , конструкцией и геометрией горелки и пространства под сосудом, а также расстоянием от горелки до сосуда  $h$ . На рис. 3, а и б, представлена зависимость КПД  $\eta_f$  системы «горелка – емкость с водой» от тепловой мощности горелки. Экстремальный характер зависимости  $\eta_f$  от  $Q_g$  в ряде случаев являются типичными для такого рода закономерностей – зависимостей эффективности использования топлива от тепловой мощности топочных устройств и систем.

На рис. 4, а и б, показана зависимость концентрации окиси углерода  $[\text{CO}]$  в продуктах сгорания от удаления от пламени. Данный рисунок построен при сгорании природного газа на горелке газовой бытовой газовой плиты.

Уменьшение расстояния от пламени до нагреваемой емкости способствует увеличению теплопередачи и КПД системы в целом. Но малые расстояния до нагреваемой поверхности изменяют геометрию факела (удлиняют факел), ухудшаются условия смесеобразования и дожигания пламени, что приводит к увеличению CO.

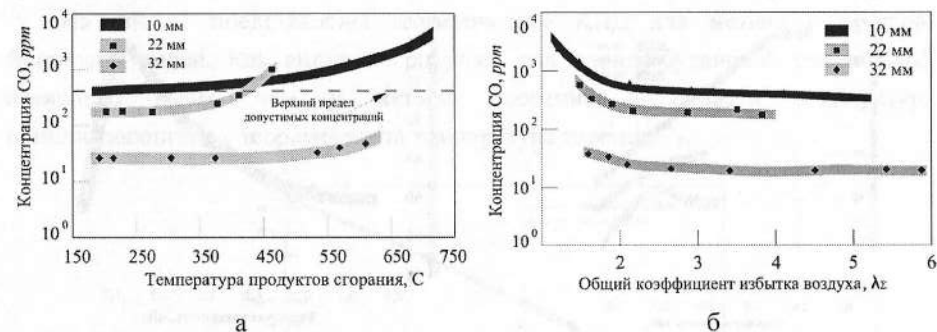


Рис. 4. Зависимость концентрации CO в продуктах сгорания от температуры (а) и от общего (локального в месте отбора пробы) коэффициента избытка воздуха  $\lambda_{\Sigma}$  (б) при разных расстояниях  $h$  горелки от нагреваемой емкости: 32; 22 и 10 мм. Топливо – природный газ, горелка средней мощности, номинал 1,7кВт, плита «НОРД», расход газа 4 л/мин,  $\lambda_{pr} = 0,53$ . Пунктир – предельные значения [CO] по [2].

Схема температурных измерений, используемая для определения энергетической эффективности сжигания газа в системе «горелка – емкость с водой», представлена на рис 5.

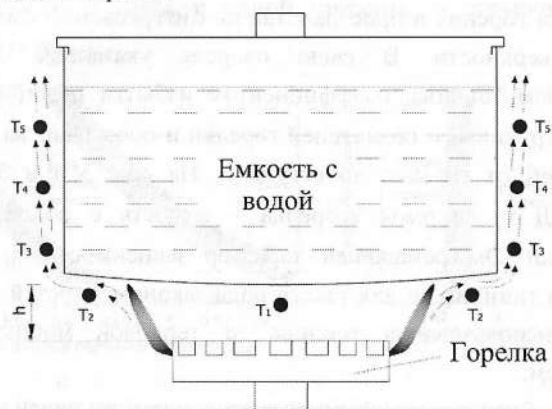


Рис. 5. Схематизация системы «горелка – емкость с водой» и локализация мест замеров.  $T_1 T_2 \dots T_n, T_{n-1}$  – температура продуктов сгорания,  $h$  – расстояние от горелки до емкости, мм.

Температурные распределения в продуктах сгорания между нагреваемой емкостью и горелкой регистрируются непрерывно в квазистационарных по подачи компонентов горения условиях по схеме рис. 5. В ходе измерений показано, что в соответствии со схемой

$$\begin{cases} T_1 < T_2; \\ T_n < T_{n-1} \text{ при } n \in \{3, 4, 5, \dots\}. \end{cases}$$

Из представленных температурных неравенств следует заключение о непрерывном понижении температур продуктов сгорания, удаляемых вверх вдоль боковой стенки сосуда. Положение точки  $T_3 = T_{max}$  при нормальной эксплуатации плиты и горелки обычно не поднимается над плоскостью дна сосуда. Выше плоскости с  $T_{max}$   $\lambda_{\Sigma} \geq 1.0$  и имеет место разбавление продуктов сгорания окружающим воздухом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Левин А. М. Принципы рационального сжигания газа / А. М. Левин. – Л: Недра, 1977. – 247 с.
2. ДСТУ 2204 – 93. Плити газові побутові. Загальні технічні умови.

УДК 662.73+66.092

#### РІДКІ ПРОДУКТИ СУМІСНОЇ КАРБОНІЗАЦІЇ НИЗЬКОМЕТАМОРФІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ І ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЇ

Шендрік Т. Г., д.х.н., проф.; Шевкопляс В. М., к.х.н.; Бован Л. А.  
Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії  
ім. Л. М. Литвиненка НАН України, м. Київ

Викопне вугілля є сировинним ресурсом, який використовується не тільки для спалювання, але й для інших загальних потреб, в т. ч. для отримання адсорбентів різного функціонального призначення. Актуальним є зниження вартості активованого вугілля (АВ), що досягається використанням дешевих видів сировини – низькометаморфізованого вугілля (В) або/та вуглецьвмісних відходів (ВВВ). Сумісна термохімічна конверсія вугілля і ВВВ забезпечує хімічну зшивку активних компонентів відходу з органічною речовиною вугілля, що дозволяє отримати АВ потрібної якості та утилізувати (принаймні, частково) органічні відходи [1]. Аналіз літератури свідчить, що накопичені у великих об'ємах (10–13 тис. т/рік) на 13 працюючих КХЗ України коксохімічні відходи і напівпродукти складають вагомий вуглеводневий ресурс, але