



Всеукраїнський

науково-технічний

журнал

**ПРОМИСЛОВА  
ІДРАВЛІКА І  
НЕВМАТИКА**

**4(18)**

**2007**

ISSN 1994-4691



9 771994 469005

## Редакційна колегія:

Головний редактор:

к.т.н., проф. Серета Л.П.,  
ректор ВДАУ (м. Вінниця)

Перший заступник  
головного редактора:

д.т.н., проф. Зайончковський Г.Й.,  
президент АС ППІ (НАУ, м. Київ)

Заступники головного редактора:

д.т.н., проф. Струтинський В.Б. (м. Київ)

д.т.н., проф. Яхно О.М. (м. Київ)

к.т.н., проф. Іванов М.І. (м. Вінниця)

к.т.н., с.н.с. Бадах В.М. (м. Київ)

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. Анісімов В.Ф. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Берник П.С. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Гарькавий А.Д. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Лисогор В.М. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Іскович-Лотоцький Р.Д.  
(м. Вінниця)

д.т.н., проф. Бочаров В.П. (м. Київ)

д.т.н., проф. Лур'є З.Я. (м. Харків)

Секретаріат:

Відповідальний секретар:

к.т.н., доц. Переяславський О.М.  
(м. Вінниця)

Заступники відповідального  
секретаря:

д.т.н., проф. Луговський О.Ф. (м. Київ)

к.т.н., доц. Верба І.І. (м. Київ)

Асоційовані члени редакційної  
колегії від регіонів України:

д.т.н., проф. Кузнецов Ю.М. (м. Київ)

д.т.н., проф. Павленко І.І.  
(м. Кіровоград)

д.т.н., проф. Сахно Ю.О. (м. Чернігів)

д.т.н., проф. Усов А.В. (м. Одеса)

д.т.н., проф. Батлук В.А. (м. Львів)

д.т.н., проф. Михайлов О.М.  
(м. Донецьк)

д.т.н., проф. Нагорняк С.Г.  
(м. Тернопіль)

д.т.н., проф. Мельничук П.П.  
(м. Житомир)

д.т.н., проф. Ковальов В.Д.  
(м. Краматорськ)

д.т.н., проф. Фінкельштейн З.Л.  
(м. Алчевськ)

д.т.н., проф. Проволоцький О.Є.  
(м. Дніпропетровськ)

к.т.н., проф. Євтушенко А.О. (м. Суми)

д.т.н., проф. Осенін Ю.І. (м. Луганськ)

д.т.н., проф. Склярєвський О.М.  
(м. Запоріжжя)

к.т.н., доц. Панченко А.І.  
(м. Мелітополь)

к.т.н. Кармугин Б.В. (м. Київ)

д.т.н. Трофімов В.А. (м. Київ)

к.т.н., доц. Жук В.М. (м. Львів)

# ПРОМИСЛОВА ГІДРАВЛІКА І ПНЕВМАТИКА

№4 (18)  
'2007

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Журнал засновано у березні 2003 р.

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 7033, видане  
Державним комітетом інформаційної політики,  
телебачення і радіомовлення України 7.03.2003 р.

Засновники: Вінницький державний аграрний університет,  
Асоціація спеціалістів промислової гідравліки і пневматики

Номер друкується згідно з рішенням Вченої ради ВДАУ (протокол № 4 від 26.01.2005 р.)

Журнал рішенням президії ВАК України від 30 червня 2004 р. № 3-05/7 влючено в перелік  
наукових фахових видань (біюлетень ВАК України, № 8, 2004 р.)

## З М І С Т

### Загальні питання промислової гідравліки і пневматики

О.Д. Коваль, О.М. Зубченко, І.Л.Трофімов Про способи зниження в'язкості нафти .....	3
В.Ф. Анисимов, Л.П. Серета, В.Б. Рябошапка Перспективи и проблемы использования биотоплива в автотракторных дизелях .....	6
Н.І. Библюк, О.С. Мачуга, Н.Н. Библюк Про використання гідроприводу при відборі та передачі енергії відновних джерел у лісозаготівлі. Зменшення тепловиділення .....	12
М.О. Шихайлов, Р.А. Мустафаєв Використання малої вітроенергетики в Україні. Практичний досвід та перспективи .....	16
І.Л. Трофімов, О.Л. Матвеева, О.М. Зубченко Електризація вуглеводневих палив як спосіб отримання електричної енергії високих напруг .....	19
В.В. Горупа, О.М. Суліман Шляхи підвищення енергетичної ефективності згоряння вуглеводневих палив .....	23

### Прикладна гідромеханіка, гідромашини і гідропневмоагрегати

В.А. Батлук, В.С. Джигирей, Ю.Р. Дадак Дослідження розподілу статичного тиску в сепараційній зоні пилонволовача жалюзійним відокремлювачем .....	27
Т.І. Веретільник Розрахунок течії в проточному кавітаційному апараті .....	31
І.В. Баранова, В.Г. Неня Решение геометрических задач при проектировании меридиального сечения рабочего колеса центробежного насоса .....	34
А.К. Кобринець, О.М. Яхно, І.М. Хоменко Про граничні умови при інтегруванні рівнянь гідродинаміки для радіального підшипника ковзання .....	37
В.Б. Гого Гидромеханические аспекты повышения эффективности процесса улавливания пыли .....	41

Асоційовані зарубіжні члени редакційної колегії:

Д.Т.Н., проф. Попов Д.М.  
(м. Москва, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Єрмаков С.О.  
(м. Москва, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Іванов Г.М.  
(м. Москва, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Нагорний В.С.  
(м. Санкт-Петербург, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Орлов Ю.М.  
(м. Перм, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Чегодаєв Д.Є.  
(м. Самара, Росія)  
к.т.н., с.н.с. Малишев Є.А.  
(м. Москва, Росія)  
к.т.н., доц. Ащеулов О.В.  
(м. Санкт-Петербург, Росія)  
к.т.н., с.н.с. Колеватов Ю.В.  
(м. Новосибірськ, Росія)  
Д.Т.Н., проф. Метлюк Н.Ф.  
(м. Мінськ, Республіка Білорусь)  
к.т.н., проф. Немировський І.А. (Ізраїль)  
Д.Т.Н., проф. Врублевський А. (Польща)

Адреса редакції:

21008, м. Вінниця  
вул. Сонячна, 3,  
Вінницький державний аграрний  
університет  
тел.: (0432) 57-42-27, 43-72-30  
e-mail: journal@vsau.org



ГЛОБУС-ПРЕС

21021, м. Вінниця, 600-річчя, 15  
Свідоцтво про внесення до Державного  
реєстру ДК № 1077  
тел. (10-38-0432) 67-37-91  
факс (10-38-0432) 53-14-32  
E-mail: globusp@svitonline.com  
www.globus-press.com

Технічний редактор О.А. Мельниченко  
Комп'ютерна верстка О.В. Ступак  
Коректор О.В. Петрова

Здано до набору 05.11.2006.  
Підписано до друку 25.12.2006.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Гарнітура JOURNAL. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 21. Зак. № 03-29.  
Наклад 100 прим.

Віддруковано з готових діапозитивів  
ПП «Едельвейс»

# З М І С Т

Е.В. Семенов	
Расчет параметров движения полидисперсных разноплотностных частиц в напорном потоке .....	43
П.Л. Ольштынський	
Проблемы оптимизации геометрических размеров направляющего аппарата центробежного насоса в широком диапазоне коэффициента быстроходности.....	48
С.М. Ванев, В.Г. Паненко, В.И. Данилейко	
Вихревые компрессоры систем надува торцевых газодинамических уплотнений центробежных компрессоров ГПА .....	52

## Системи приводів. Технологія і обладнання машинобудівного виробництва

Ю.М. Рикуніч, О.Є. Ситніков, Я.Б. Федоричко, О.Г. Кучер, Г.Й. Зайончковський	
Використання методів направленої селекції для прогнозування технічного стану клапанів з електромагнітним приводом .....	57
З.Я. Лурье, И.А. Чекмасова	
Сравнительный анализ схем гидроприводов с дроссельным управлением по эксплуатационным показателям .....	62
А.А. Жук, В.С. Шевченко	
Прогрессивные схемы и конструкции гидроприводов подачи силовых столов металлорежущего оборудования .....	66
В.В. Дубинский, С.П. Кулинич	
Динамические характеристики многодвигательного привода преса для брекетирувания опилок .....	70
В.М. Жеглова, И.В. Николенко	
Влияние геометрических параметров торцевого распределителя на его прочность и жесткость .....	74
Ю.А. Буренников, Л.Г. Козлов, С.В. Репінський	
Експериментальний стенд для дослідження характеристик гидропривода з насосом змінної продуктивності .....	79
М.П. Петренко	
Осесимметричные колебания круглой пластины с защемленным центром .....	83
О.Ф. Саленко, В.О. Дудюк	
Використання оптичних пристроїв на базі когерентного джерела випромінювання як датчиків контролю для гідорізного обладнання .....	85
В.Н. Тихенко	
Исследование гидропривода с насосом регулируемой подачи для шлифовальных станков .....	91
О.О. Моторна	
Математична модель системи гідравлічного об'ємного рульового керування .....	95
<b>Механізація сільськогосподарського виробництва</b>	
М.А. Маковский, А.В. Королькевич	
Гидропривод управления сельскохозяйственными агрегатами .....	103
Р.Д. Іскович-Лотоцький, Л.К. Поліщук, Р.П. Коцюбівський	
Гідрофікація привода транспортера стріли буртоукладальної машини .....	106
А.П. Митрофанов	
Ходовые системы самоходных сельхозмашин. Сравнительный анализ гидростатических приводов с регулируемыми гидромоторами .....	109

УДК 662.758(045)

В.В. Горупа,

О.М. Суліман

Національний авіаційний університет

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗГОРЯННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ

*Представлен анализ процессов распределения энергии тепловых агрегатов. Рассмотрена возможность повышения энергетической эффективности сжигания углеводородного топлива с помощью уменьшения энергии отработавших газов. Организация такого процесса обеспечивает увеличение коэффициента полезного действия и эффективность использования топлива.*

*In work the analysis of processes of distributing of energy of thermal aggregates is represented. Possibility of increase of power efficiency of incineration of hydrocarbon fuel by reduction of energy of working gases is considered. Organization of such process provides the increase of output-input ratio and efficiency of the use of fuel.*

**Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними завданнями**

Через загострення енергетичних та екологічних проблем, дедалі актуальнішим стає пошук нових джерел енергії та сировини для їх роботи. Такі джерела та енергоносії повинні забезпечувати мінімальний шкідливий вплив на навколишнє середовище та на відновлювальні процеси в ньому. Для досягнення останнього необхідно переглянути принципи роботи і ефективність теплоенергетичних систем та агрегатів; створити альтернативні схеми окислення палива, при яких витрата палива буде скорочуватись, ККД теплоенергетичного агрегату буде збільшуватись. Такі альтернативні схеми повинні бути екологічно сумісними з навколишнім середовищем, а також повною мірою задовольняти потреби людства в механічній, тепловій та електричній енергії. Такий комплекс вимог до енергетичних установок потребує нового підходу до вирішення проблеми енергозабезпечення людства. Необхідно запроваджувати абсолютно нові, високоефективні технології. Протягом минулого сторіччя людина в силу своїх знань, потреб та можливостей навчилася застосовувати різні види енергії, але найбільшого освоєння та застосування має тепла енергія. Теплова енергія утворюється внаслідок спалювання палива, застосовується в різних сферах виробництва, транспорту та побуту. Це пояснюється тим, що температура, яка є визначальним фактором теплової енергії, має надзвичайно велике значення для всіх процесів, що оточують людину та забезпечують її існування, визначають її суспільно-індустріальний розвиток. Також варто зауважити, що з кожним роком зменшується кількість природних ресурсів, які є джерелами теплової енергії.

Першочерговим завданням будь-якої галузі виробництва є підвищення ефективності використання паливних енергетичних ресурсів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Енергозберігаючі технології в теплоенергетичних агрегатах спрямовані на вдосконалення процесу зго-

рання палива і підвищення ефективності використання теплової енергії. Важливою передумовою вдосконалення процесів згоряння палива в теплоенергетичних установках було створення жорсткої законодавчої бази європейськими країнами щодо викиду в атмосферу шкідливих речовин [1]. Вдосконалення процесу згоряння вуглеводневих палив тісно пов'язане з кількісними показниками застосування палив. Ефективність згоряння палива обернено пропорційна питомій витраті палива. На сьогодні відносних успіхів вдосконалення процесу горіння досягнуто тільки для двигунів внутрішнього згоряння. Велика кількість природних енергоресурсів використовується фізично зношеними теплоенергетичними агрегатами при надзвичайно важких умовах окислення. Такі системи споживають велику кількість палива, викидають в оточуюче середовище надмірно велику кількість шкідливих речовин, мають малу продуктивність.

Ефективність перетворення і використання теплової енергії залежить від багатьох взаємопов'язаних параметрів, до яких можна віднести: повноту згоряння палива, однорідність паливо-повітряної суміші, теплоту згоряння та ін. Якісне вдосконалення і кількісне підвищення цих параметрів буде інтенсифікувати процеси окислення та вдосконалення процесів горіння палива.

На сьогодні відомо багато способів підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичних установок. Умовно їх можна розділити на три групи:

- 1) механічні;
- 2) фізико-хімічні;
- 3) електромагнітні.

Використання механічних методів підвищення енергетичної ефективності згоряння палива рекомендується застосовувати для світлих нафтопродуктів. Механічні методи, головним чином, реалізуються створенням досконалої геометрії камери згоряння, в якій зменшується кількість застійних зон паливо-повітряної суміші, створенням вихрового турбулентного руху повітря і паливо-повітряної суміші до факелу полум'я. Велике значення має час змішування та температура

паливо-повітряної суміші до подачі в камеру згоряння, що впливає на випаровування рідких палив та створення однорідної горючої суміші. Використання фізико-хімічних методів є перспективою для підвищення ефективності згоряння важких нафтопродуктів в якості палива в теплоенергетичних агрегатах. Фізико-хімічні методи умовно можливо розділити на теплові та хімічні. Застосування хімічних методів пов'язане з використанням каталізаторів горіння та добавок до палива, які стимулюють процеси окислення паливо-повітряних сумішей. Добавками до палива можуть бути газ ( $\text{CH}_4$ ;  $\text{H}_2$ ), рідини (спирти), та інші наповнювачі (Al, B, C,  $\text{AlB}_x$ ). Використання теплових методів пов'язане з попереднім підігрівом палива та окислювача, за рахунок чого покращується повнота згоряння.

При аналізі всіх існуючих фізико-хімічних методів, найбільш доцільно використовувати тепловий метод підвищення енергетичної ефективності згоряння палива. Інші фізико-хімічні методи є також ефективними, але мають ряд поточних витрат, які пов'язані з створенням комбінованих систем живлення. Це ускладнює конструкцію та експлуатацію агрегатів через застосування каталізаторів і добавок, які підвищують собівартість використання установки для спалювання палива. Застосування добавок до основного палива призводить до зміни систем подачі палива в камеру згоряння і процесу утворення паливо-повітряної суміші, що обмежує їх повсякденне застосування. При реалізації такого методу необхідно враховувати агресивність добавок, підвищення температури горіння паливо-повітряної суміші. На стадії проектування агрегату враховувати параметри протікання процесу і середовища, з яким він буде працювати. Використання хімічних методів потребує нових проектних розробок та великих капіталовкладень. Перевагою використання хімічних методів є зменшення кількості та токсичності викидів в навколишнє середовище.

При використанні електромагнітних методів для інтенсифікації процесу горіння паливо-повітряної суміші необхідно контролювати значення і напрямок електромагнітної сили. Електромагнітне поле руйнує міцні зв'язки в нафтопродуктах і зменшує кількість теплової енергії від недоокислення палива. Даний метод необхідно реалізовувати безпосередньо на паливних системах, тому що з часом відбувається релаксація процесу. Ефективність використання електромагнітних методів визначається комплексно, що враховує загальне підвищення теплового ефекту і витрати електроенергії на створення електромагнітного поля.

#### Виклад основного матеріалу дослідження

Як правило, всі способи підвищення енергетичної ефективності теплових установок пов'язані з зовнішнім впливом на енергоносії та окислювач. Всі вище перераховані методи інтенсифікації процесів горіння успішно застосовуються в різних галузях виробництва та побуту. Спосіб, умови та вид палива визначають метод інтенсифікації горіння. Він може успішно застосовуватись в одному теплоенергетичному агрегаті і бути абсолютно недоречним в іншому. Всі методи дають

зможу зменшувати загальну витрату палива і цим збільшують ефективність використання робочого тіла в теплоенергетичній установці. Кожен з методів інтенсифікації палива має в своїй основі певну концепцію, але майже всі методи при нормальному горінні паливо-повітряної суміші, як правило, зменшують втрати енергії від недопалу палива. Як видно з рис. 1, у тепловому балансі ДВЗ енергія, що втрачена від недопалу, складає 2–5%.

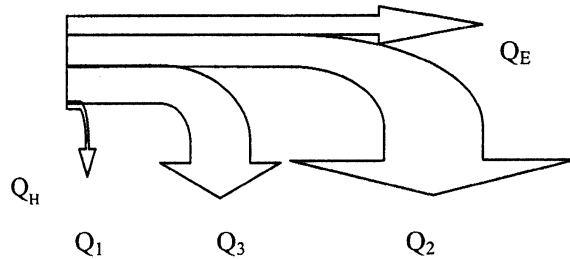


Рис. 1. Розподіл теплової енергії ДВЗ.

- $Q_H$  — теплота згоряння паливо-повітряної суміші, МДж/кг;  
 $Q_1$  — тепло, втрати якого пов'язані з недопалом палива;  
 $Q_2$  — тепло, що вноситься з відпрацьованими газами, МДж/кг;  
 $Q_3$  — тепло, що відбирається системою охолодження, МДж/кг;  
 $Q_E$  — тепло, що витрачається на виконання корисної роботи, МДж/кг.

Отже, якщо не враховувати агресивні режими горіння паливо-повітряної суміші, то ефективність згоряння при застосуванні механічних та електромагнітних методів інтенсифікації підвищить тепловий ефект на 2–5%. Велика частина енергії, що утворилася від спалювання палива, не приймає участі в використанні теплової енергії і вільно виходить в атмосферу.

Агресивний режим горіння (детонаційні хвилі), який також може утворюватись методами інтенсифікації і підвищувати тепловий ефект на 150% [2], не варто розглядати як альтернативний спосіб підвищення енергетичної ефективності згоряння палива тільки тому, що сучасні теплові агрегати не розраховані працювати при таких режимах.

Хімічні методи за рахунок використання добавок до палива, які мають власну теплотворну здатність, підвищують загальні енергетичні показники процесу горіння. Відбувається підвищення теплоти згоряння паливо-повітряної суміші, що призводить до кількісного збільшення енергії, яка перетворюється в ефективну роботу, а також збільшення енергії, яка втрачається в навколишнє середовище.

Для того, щоб визначити, який з вище перерахованих методів найефективніший, і використання якого буде більш доцільно з огляду енергозбереження та екологічної безпеки, розглянемо елементарні розрахунки термічного ККД теплових установок.

Тепловий коефіцієнт корисної дії установки, в якій відбувається спалювання палива, визначається виразом:

$$h = \frac{Q_H - Q_E}{Q_H} = 1 - \frac{Q_{em}}{Q_H} \quad (1)$$

де  $Q_H$  — кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива, МДж/кг;  $Q_{em}$  — кількість тепла, що не приймає участі при виконанні роботи, МДж/кг.

$$Q_{em} = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Розглянемо енергетичні рівняння спалювання палива.

Енергетичний баланс окислення природного газу в повітрі та кисні:

$$Q(CH_4) + Q(нов) = Q(CO_2) + Q(CO) + Q(H_2O) + Q(NO_x), \quad (2)$$

$$Q(CH_4) + Q(O_2) = Q(CO_2) + Q(H_2O), \quad (3)$$

де  $Q(CH_4)$  — теплова енергія природного газу;  $Q(нов)$  — теплова енергія повітря;  $Q(O_2)$  — теплова енергія кисню;  $Q(CO_2)$  — теплова енергія оксиду вуглецю (IV);  $Q(CO)$  — теплова енергія оксиду вуглецю (II);  $Q(H_2O)$  — теплова енергія води;  $Q(NO_x)$  — теплова енергія азоту та його оксидів.

Процентний склад продуктів згоряння 1 кг метану (%):

$$1. CO_2 + CO = 19.72$$

$$2. H_2O = 8.21$$

$$3. NO_x = 72.07$$

Як видно з рівняння (1), щоб досягти підвищення ККД теплоенергетичного агрегату, необхідно зменшувати кількість втраченої енергії ( $Q_{em}$ ). Енергетичний баланс окислення палива в атмосфері повітря та кисню представлено відповідно у виразах (2) та (3). Як видно з рівнянь теплового балансу, окислення палива в повітрі та кисні, два процеси відбуваються з однією суттєвою різницею. При спаленні газу в повітрі в продуктах горіння міститься велика кількість (до 72,07%) азоту та його оксидів ( $NO_x$ ). Азот в процесі горіння не приймає участі, але за рахунок великого процентного вмісту в повітрі виносить велику кількість теплової енергії з відпрацьованими газами в атмосферу. Ця енергія не використовується в процесі перетворення теплової енергії в корисну механічну енергію. Тому для підвищення ККД енергоустановки необхідно зменшити або виключити взагалі присутність азоту при спалюванні природних енергетичних ресурсів. Тобто, спалювання палива повинно відбуватись тільки в атмосфері кисню; перед тим, як повітря потрапить до камери згоряння, воно повинно пройти через деякий агрегат, в якому буде відділятися азот від повітря, і останнє буде окислювати паливо.

Для того, щоб визначити, яким чином можливо відділити кисень від повітря, розглянемо фізичні властивості компонентів повітря. Повітря можливо розділити на три складові:

- азот 78,09 %
- кисень 20,5 %
- інертні гази та інші домішки 1,41 %

Через те, що інертні гази фізично неактивні та в повітрі знаходяться в невеликій кількості, ними можна знехтувати. Кисень та азот мають різні фізичні властивості. Одна з найважливіших відмінностей кисню та азоту — це їхня взаємодія з магнітним чи електромагнітним полем. Магнітні вимірювання в молекулярному азоті показують, що він діаманітний. Кисень, навпаки, парамагнітний елемент і володіє магнітною сприйнятливістю  $0,430 \cdot 10^6$  на 1 зр при  $25^\circ C$  [3]. Парамагнітні властивості кисню можливо використовувати для відділення його від азоту, який міститься в повітрі. Даний принцип розділення заснований на взаємодії електромагнітного поля та магнітного потенціалу (ЕМП) кисню. При створенні ЕМП молекули кисню притягуються до магнітного поля [4]. Діаманітний азот витісняється до конструкції розділювального блоку. Таким чином, при правильній конструктивній побудові магнітно-роздільного блоку та встановленні його на колектор забору повітря буде відбуватись розділення повітря на азот та кисень, і останній буде направлятись в камеру згоряння на окислення палива.

При такому способі спалювання вуглеводневих палив відбуватеться зменшення кількості втраченої енергії ( $Q_{em}$ ) за рахунок виключення присутності із процесу горіння азоту. Ефективність даного процесу спалювання буде покращуватись також за рахунок відсутності окислів азоту ( $NO_x$ ), які в процесі протікання реакції окислення відбирали вільний кисень з процесу окислення.

#### Висновки

Сучасні тенденції енергозбереження потребують перегляду організації енергетичних процесів в промисловості. Приоритетним питанням енергозбереження є вдосконалення використання природних ресурсів, зокрема, вдосконалення процесів згоряння вуглеводневих палив. Перспективним методом підвищення енергетичної ефективності згоряння палива є зменшення кількості енергії, що втрачається, з відпрацьованими газами. Це досягається при спалюванні палива в атмосфері кисню. В даному способі до камери згоряння теплоенергетичного агрегату потрапляє кисень, який відбирається з повітря і вступає в хімічну реакцію окислення палива. Азот, який не приймає участі в процесі окислення, відділяється від повітря і відводиться назовні. При створенні паливо-кисневих сумішей за рахунок зменшення питомого об'єму відпрацьованих газів збільшується ККД теплоенергетичного агрегату, в процесі горіння зменшується кількість шкідливих викидів в навколишнє середовище.