

# ЦУКОР УКРАЇНИ

№10 (106)' 2014

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ  
ПО РЕКОНСТРУКЦИИ  
САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

ПРОИЗВОДСТВО  
БИОЭТАНОЛА



[www.techinservice.com.ua](http://www.techinservice.com.ua)

Украина, 04114, г. Киев, переулок Макеевский, 1  
тел./факс: (+38 044) 468-93-11, 464-17-13  
e-mail: [net@techinservice.com.ua](mailto:net@techinservice.com.ua)





## ЦУКОР УКРАЇНИ

№10(106)'2014

науково-практичний галузевий журнал

## Засновники:

- Національна асоціація цукровиків України  
- Український НДІ цукрової промисловості  
- Національний університет харчових технологій

## Головний редактор –

Василенко С.М., д.т.н.

## Відповідальний редактор –

Полтораєк В.В.

## Редакційна колегія:

Бутнік-Сіверський О.Б., д.е.н.  
Борисюк П.Г., к.с.-г.н.  
Грабовська О.В., д.т.н.  
Зайнчковський А.О., д.е.н.  
Загородній Г.Д., акад. АІНУ,  
гол. Ради НАЦУ «Укрцукор»  
Іванов С.В., д.х.н.  
Мостенська Т.Л., д.е.н.  
Калініченко М.Ф. (заст. гол. ред.)  
Ладанюк А.П., д.т.н.  
Логвін В.М., д.т.н.  
Мирончук В.Г., д.т.н.  
Прядко М.О., д.т.н.  
Рева Л.П., д.т.н.  
Роїк М.В., акад. УААН, д.с.-г.н.  
Сінгаєвський І.О., д.е.н.  
Сичевський М.П., д.е.н.  
член-кор. НААНУ  
Федулова І.В., д.е.н.  
Хоменко М.Д., д.т.н.  
Хомічак Л.М., д.т.н.,  
член-кор. НААНУ  
Чернявська Л.І., д.т.н.  
Штангеев В.О., д.т.н.  
Штангеев К.О., к.т.н.  
Юхновський О.І., к.с.-г.н.  
Ярчук М.М., к.е.н., гол. правл.,  
НАЦУ «Укрцукор»

## Редакція:

Сидоренко Н.В.

## Верстка:

Кондратьєв Д.В.

## Адреса редакції:

вул. Б. Грінченка, 1, оф. 522,  
м. Київ, 01001, Україна  
Тел./факс: (044) 279-54-29  
[ukr.sugar.journal@gmail.com](mailto:ukr.sugar.journal@gmail.com)

Матеріали номера розглянуті та рекомендовані до публікації Науково-технічною радою УкрНДІЦП - протокол №2 від 16.09.2014 р.

Підписано до друку 20.11.2014 р.  
Формат: 60X84 1/8. Друк офсетний.  
Тираж 600 прим. Замовлення №7  
Друкарня: ПП «Санспарель»,  
01014, Україна, м. Київ,  
вул. Струтинського, 6

Редакція не несе відповідальності за зміст рекламних статей та оголошень

Свідотство про державну реєстрацію КВ №16915-5685Р від 19.08.2010 р.

© «Цукор України», 2014

## ЗМІСТ

## НОВИНИ

|               |    |
|---------------|----|
| Україна ..... | 3  |
| СНД .....     | 9  |
| Світ .....    | 10 |

## ЮВІЛЕЇ .....

13

## ТЕХНОЛОГІЯ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Фізико-хімічне обґрунтування агрегативної стійкості кристалів цукру в утфелі [Н.І. Штангеева] ..... | 14 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ІННОВАЦІЇ &amp; ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Збільшення продуктивності сушильного відділення цукрового заводу в умовах обмеженого бюджету [В.М. Шурбований, О.В. Завірюха, Г.Б. Осипенко] ..... | 18 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Використання жому цукрових буряків з метою отримання альтернативного палива на цукровому заводі

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| [К.О. Штангеев, В.В. Шутюк, С.М. Василенко] ..... | 23 |
|---------------------------------------------------|----|

## СИРОВИНА

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Залежність електричних параметрів бурякової тканини від способу електрогідравлічного оброблення стружки в рідині [Ю.В. Слива, І.В. Попова, Л.М. Мазур] ..... | 27 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## СОДЕРЖАНИЕ

## НОВОСТИ

|               |    |
|---------------|----|
| Украина ..... | 34 |
| СНГ .....     | 39 |
| МИР .....     | 40 |

## ТЕХНОЛОГИЯ

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Физико-химическое обоснование агрегативной устойчивости кристаллов сахара в утфеле [Н.И. Штангеева] ..... | 41 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## СЫРЬЕ

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Зависимость электрических параметров свекловичной ткани от способа электрогидравлической обработки стружки в жидкости [Ю.В. Слива, И.В. Попова, Л.М. Мазур] ..... | 45 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Журнал «Цукор України» включено до переліку наукових фахових видань України у галузі технічних наук та економічних наук (економіка та управління підприємствами) відповідно до Постанови ВАК України від 26.01.2011 №1-05/1



# Використання жому цукрових буряків з метою отримання альтернативного палива на цукровому заводі

**К.О. Штангеев**, кандидат технічних наук, завідувач кафедри Інституту післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

**В.В. Шутюк**, кандидат технічних наук, доцент Національного університету харчових технологій

**С.М. Василенко**, доктор технічних наук, завідувач кафедри Національного університету харчових технологій

У статті розглянуто можливість використання жому цукрових буряків для одержання альтернативних видів палива з метою комплексного використання сировини та підвищення ефективності виробництва. Досліджено можливість спалювання жому з метою отримання вторинного палива.

Аналітичні розрахунки проведені для встановлення умов та режимів спалювання віджатого жому, визначили найефективніші режими перебігу процесу спалювання жому. На їх підставі визначено основні вимоги до конструкцій топок для спалювання віджатого жому.

**Ключові слова:** жом, біопаливо, спалювання, цукрова промисловість

В статье рассмотрена возможность использования жома сахарной свеклы для получения альтернативных видов топлива с целью комплексного использования сырья и повышения эффективности производства. Исследована возможность сжигания жома с целью получения вторичного топлива.

Аналитические расчеты проведены для установления условий и режимов сжигания отжатого жома, определили наиболее эффективные режимы течения процесса сжигания жома. На их основании определены основные требования к конструкциям топок для сжигания отжатого жома.

**Ключевые слова:** жом, биотопливо, сжигание, сахарная промышленность

The article discusses the possibility of using sugar beet pulp to produce alternative fuels for the purpose of comprehensive utilization of raw materials and increase production efficiency. The possibility of burning bagasse to produce a secondary fuel.

Analytical calculations were carried out to establish the conditions and modes of combustion pressed pulp, identified the most effective modes of flow of the combustion process bagasse. On this basis, the basic requirements for structures of furnaces for burning pressed pulp.

**Keywords:** beet pulp biofuels, combustion, the sugar industry

## Вступ

Питання використання альтернативних видів палива, що виробляються з відновлювальної сировини, стало нагальним нині для всіх країн, які не мають власних природних запасів нафти та інших видів палива. Дуже актуальне це питання і для України.

Біопаливо має певні переваги у порівнянні з традиційними видобувним органічним паливом (нафта, природний газ, вугілля) [1]. По-перше, це відновлювальне джерело енергії, по-друге, в умовах значного підвищення вартості викопного палива його застосування дає можливість поліпшити та забезпечити енергетичну безпеку країни, економічні та екологічні показники підприємств.

Серед відходів цукрового виробництва най-

більшим за масою є буряковий жом. Раніше він повністю використовувався як цінний корм, проте нині через зменшення поголів'я великої рогатої худоби значна його частина жому залишається на цукрових заводах і створює проблеми з утилізацією [2]. Водночас жом, як і інші органічні відходи може бути використаний як сировина для отримання вторинного палива, альтернативного природному газу.

**Мета роботи** — дослідження технологічних схем одержання біопалива з жому цукрових буряків та доцільності їх використання як альтернативного джерела енергії.

## Матеріали і методи

Об'єкт дослідження — свіжий жом цукрових буряків у вигляді екстрагованої січки від 50 мкм



до 1 мм з вологовмістом 76...80 %. Сухі речовини містили, %: геміцелюлозу - 25...33, целюлозу - 20...27, лігнін - 1...6, уронові кислоти - 21,5...23, білок - 7...12, залишкову сахарозу - до 0,5, золу - 4.

Предмет дослідження – використання жому цукрових буряків для одержання твердого палива. У праці використано методи системного аналізу, інформаційного підходу, експериментального дослідження. Для проведення варіантних розрахунків було розроблено інформаційно-програмне забезпечення на основі стандартних методик розрахунку процесу горіння енергетичних палив [3, 5], пристосоване для умов спалювання віджатого жому (з великим початковим вмістом вологи).

### Результати та обговорення

#### Ефективність спалювання сушеного жому

Можливим варіантом використання жому як вторинного палива розглядалася принципова схема з висушуванням жому в типових жомосушильних агрегатах з наступним його спалюванням в парогенераторах ТЕЦ цукрового заводу. На висушування жому треба витрачати природний газ з теплотворною здатністю на рівні 8000 ккал/м<sup>3</sup>.

Кращі досягнуті показники в Україні по витратах газу на сушіння жому дорівнюють 245 м<sup>3</sup>/т сушеного жому, що в енерговитратах еквівалентно 1960 Мкал. При спалюванні 1 т сушеного жому можна отримати до 2760 Мкал теплової енергії, тобто коефіцієнт відтворення палива не перевищує 1,4. Він визначався як відношення кількості теплової енергії, що її можна отримати при спалюванні сушеного жому до кількості теплової енергії, яку було витрачено у процесі сушіння жому в стандартних барабанних жомосушарках.

Для визначення впливу різних умов на величину коефіцієнта відтворення палива при спалю-

ванні сушеного жому з використанням стандартної методики з нормування витрат палива на виробництво сушеного жому [4] було проведено серію розрахунків з питомих витрат палива (теплової енергії) на отримання 1 т сушеного жому в залежності від вмісту сухих речовин віджатого жому. Індивідуальні норми витрат палива на виробництво сушеного жому, кг у.п./т с.ж., визначали за формулою

$$H^n = K_1 \times \frac{g_{H_2O} (i_n - i_{H_2O}) + 0,6 \times 10^3 \times (t_{с.ж} - t_{в.ж})}{\eta_n} \quad (1)$$

де  $K_1 = 1,03$  – коефіцієнт, який враховує втрати жому в процесі висушування; 0,6 – середня теплоємність сушеного жому, ккал/(кг·К);  $i_n$  – ентальпія водяної пари (при температурі газів) на виході з сушильного барабана, ккал/кг;  $i_{H_2O}$  – ентальпія води, ккал/кг;  $t_{с.ж}$  – температура віджатого жому, °С (залежить від відстані між жомовими пресами та сушильним барабаном: 45 °С – при транспортуванні на відстань до 50м, 35 °С – 50...150 м, 25 °С – понад 150 м);  $t_{в.ж}$  – середня температура сушеного жому на виході з сушильного барабана, °С;  $g_{H_2O}$  – маса випареної вологи при одержанні 1 т сушеного жому, кг/т;  $\eta_n$  – тепловий ККД жомосушильної установки.

Всі втрати тепла – величини безрозмірні і віднесені до тепла, що надходять в установку з паливом.

Нормативні величини втрат тепла теплової енергії з відпрацьованим сушильним агентом, які приймалися під час проведення розрахунків, наведені в **табл. 1**.

Як впливає із наведених результатів розрахунків, за величини вмісту сухих речовин у віджатому жомі понад 17 % СР величина теплової енергії, яку можна отримати у процесі спалювання сушеного жому буде вже більшою, ніж теплота па-

Таблиця 1

Нормативна величина втрат теплової енергії з відпрацьованим сушильним агентом

| Температура газів на вході в сушильний барабан, °С | Температура газів на виході з сушильного барабана, °С |       |       |       |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                    | 160                                                   | 140   | 120   | 100   |
| 900                                                | 0,175                                                 | 0,153 | 0,131 | 0,110 |
| 800                                                | 0,190                                                 | 0,166 | 0,142 | 0,118 |
| 700                                                | 0,200                                                 | 0,192 | 0,164 | 0,137 |

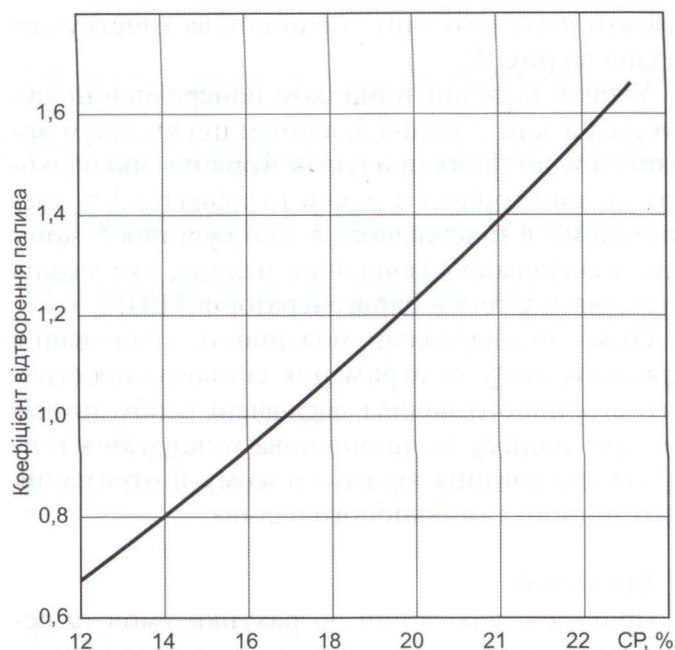
Результати проведених розрахунків наведено у табл. 2, а у графічному вигляді на рис. 1.

Таблиця 2

Залежність коефіцієнта відтворення палива від вмісту сухих речовин віджатого жому

| СР віджатого жому, % | Витрата умовного палива, тонн | Коефіцієнт відтворення палива |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 12                   | 699                           | 0,669                         |
| 15                   | 538,5                         | 0,868                         |
| 18                   | 431,39                        | 1,084                         |
| 20                   | 377,84                        | 1,237                         |
| 22                   | 334,02                        | 1,399                         |
| 24                   | 297,51                        | 1,571                         |
| 25                   | 281,44                        | 1,661                         |
| 28                   | 231,83                        | 2,016                         |





**Рис. 1.** Графік залежності коефіцієнта відтворення палива від вмісту СР віджатої жому

лива, витраченого на сушіння жому. Тобто з енергетичного погляду, спалювання сушеного жому стає принципово виправданим.

Набагато складніше це питання з точки зору техніко-економічної доцільності. Ефективність відтворення палива за такої схеми використання жому як вторинного палива не досить висока. При цьому для сушіння жому потрібні значні капіталовкладення в жомосушильні установки та реконструкцію парогенераторів ТЕЦ цукрових заводів. Оскільки сушений гранульований жом є цінним кормовим продуктом і нині має високу ринкову вартість, така схема його використання як альтернативного палива є економічно не вигідною і не може бути рекомендована для широкого впровадження на цукрових заводах України.

#### Ефективність та необхідні умови прямого спалювання віджатої жому

Для стаціонарного горіння жому потрібно його висушити і забезпечити в зоні горіння рівень температур вищих за температури запалювання жому. Причому завданням процесу, врешті-решт має бути отримання максимально можливої кількості енергії у вигляді теплової енергії або у вигляді вторинного синтетичного палива. Для умов цукрового виробництва при спалюванні жому найдоцільнішим було б забезпечення максимально можливої газифікації палива або отримання синтез-газу для можливості найпростішого його використання в існуючих парогенераторах ТЕЦ.

Теплотворну здатність віджатої жому, МДж/кг, розраховували за формулою Д.І. Менделєєва на основі масової концентрації хімічних елементів (вуглецю, водню кисню і ін.) та вмісту вологи [5]:

$$Q_n^p = 339C^p + 1030H^p + 109(O^p - S^p) - 25(9H^p - W^p). \quad (2)$$

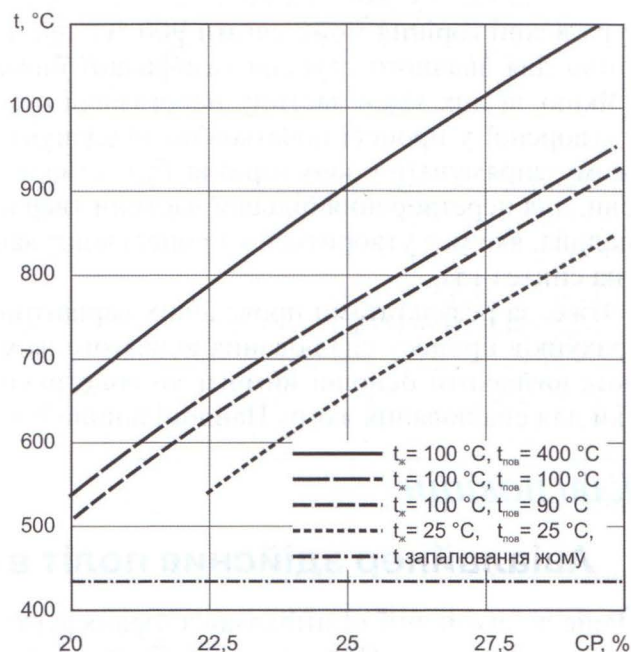
За величиною визначеної теплотворної здатності та у заданих умовах процесу (початкові температури жому та повітря, заданої величини коефіцієнта надлишку повітря тощо) розраховували температуру в зоні горіння. Оскільки за літературними даними температура запалювання жому становить 435 °С, то вважали, що при досягненні вищої температури горіння можна забезпечити безперервний процес спалювання жому.

Основні результати проведених розрахунків подано на **рис. 2**. Вони свідчать, що у разі забезпечення пресування жому до вмісту сухих речовин понад 20% СР, принципово можна забезпечити безперервний процес його спалювання, оскільки при цьому теоретична температура горіння буде вищою за температуру запалювання жому. Одночасно крім ступеня віджиму жому, на процес спалювання жому суттєво можуть впливати його температура та повітря.

У разі попереднього нагрівання віджатої жому теплотою вихідної парогазової суміші до температури 100 °С (вища температура при атмосферному тиску не може бути досягнута) та нагріванні повітря відпрацьованими газами до температури 90 °С в спеціальних повітряних підігрівниках, температура в зоні горіння за інших однакових умов, підвищується, на 85 °С.

Слід відзначити суттєвий вплив величини нагрівання повітря. Так, якщо початкову температуру повітря при цьому підвищити на 10 °С – до 100 °С, то й температура в зоні горіння також зростає практично на 10 °С (див. **рис. 2**).

Оскільки для забезпечення максимально можливої газифікації палива в процесі його горіння потрібне досягнення високих температур в зоні горіння (понад 800 °С), доцільно було б запровадити високотемпературне попереднє нагрівання повітря. Так, у разі попереднього нагрівання по-



**Рис. 2.** Теоретичні (розрахункові) температури горіння віджатої жому залежно від умов спалювання



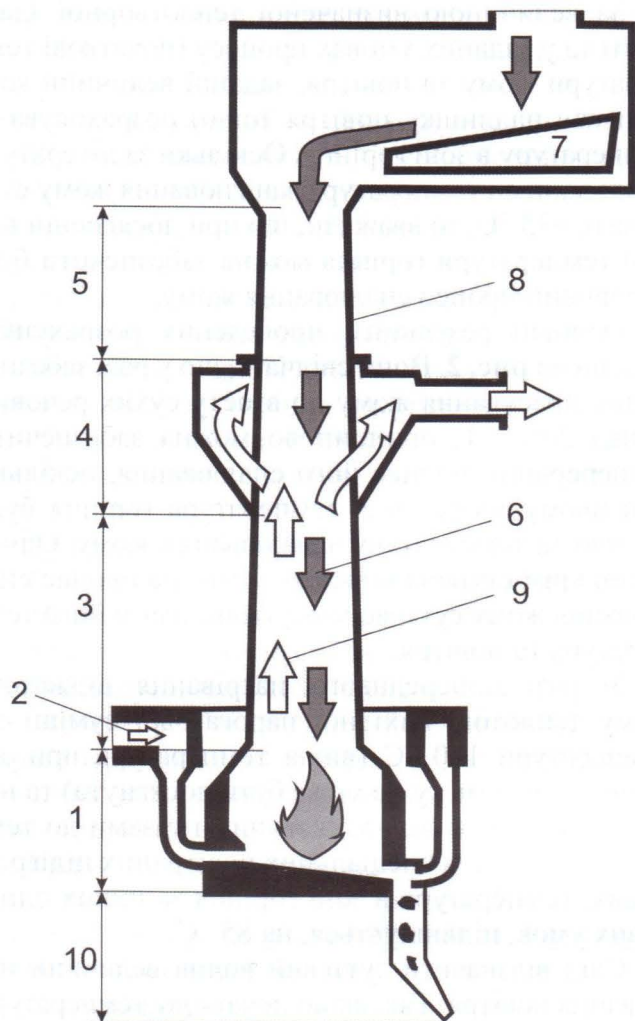


Рис. 3. Принципова схема топки для спалювання віджатої жому:

1 – зона горіння; 2 – подавання нагрітого повітря; 3 – зона газифікації; 4 – зона нагрівання; 5 – зона сушіння; 6 – віджятий жом; 7 – завантажувальний пристрій; 8 – шахта; 9 – продукти згорання; 10 – вивантаження золи

вітря до температури 400 °С та вмісту сухих речовин у віджатому жомі на рівні 25% СР температура в зоні горіння може сягати 900 °С, що достатньо для значного ступеня газифікації біомаси. Якщо за цих умов частину парогазової суміші, утвореної у процесі початкового підсушування жому, спрямувати у зону горіння, буде створено умови, для перетворення більшої частини твердого палива, яке має утворитися в процесі коксування, на синтез-газ.

Отже, за результатами проведених варіантних розрахунків процесу спалювання віджатої жому можна визначити основні вимоги до конструкції топки для спалювання жому. Найдоцільніше її ви-

робляти шахтного типу (принципова конструкція подана на рис. 3).

У такій шахтній топці жом попередньо підсушується в зоні сушіння 5, а потім під впливом високотемпературних продуктів згорання, які надходять із зони горіння 1 в зоні газифікації 3 із частини біомаси підсушеного в зоні сушіння 5 жому буде згенеровано газоподібне паливо, яке можна спрямувати у топку парогенераторів ТЕЦ.

Отже, підтверджено можливість спалювання віджатої жому та отримання із нього синтетичного вторинного палива, визначені необхідні параметри процесу та принципова конструкція топки для спалювання віджатої жому й отримання синтетичного газоподібного палива.

### Висновки

Проведені аналітичні розрахунки умов та режимів спалювання віджатої жому свідчать, що у разі забезпечення пресування жому до вмісту сухих речовин понад 20% СР, принципово можливо забезпечити безперервний процес його спалювання, оскільки при цьому теоретична температура горіння буде вищою за температуру запалювання жому. Водночас, крім ступеня віджиму жому, суттєво можуть впливати такі параметри, як початкова температура жому та повітря.

За результатами проведених варіантних розрахунків процесу спалювання віджатої жому встановлено, що найдоцільніше використовувати топку шахтного типу.

### Список використаних джерел

1. Біопалива (Технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін та ін. / К. : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Безвідхідна переробка цукрових буряків / О.С. Заєць, В.О. Штангеев, Ю.О. Заєць та ін. – К. : Урожай, 1992. – 184 с.
3. Григорьев К.А., Рундыгин Ю.А., Тринченко А.А. Технология сжигания органических топлив. – СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2006. – 92 с.
4. Методики по визначенню нормативних показників питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів в цукровій промисловості. – К. : Цукор України, 2006. – 150 с.
5. Гуцин С.Н., Князев М.Д. Расчеты горения топлив. – Изд-во УМЦ УПИ, 2001. – 47 с.