

ЕНЕРГИЯ ОТ ДЪРВЕСНА БИОМАСА

Мая Стоянова¹, Гергана Величкова², Марина Върбанова², Румен Стойков¹
¹ Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници,
Българска академия на науките, София
² Лесотехнически университет, София

Резюме

Стратегическа цел на Европа е увеличаването на дела на производството на енергия от възобновяеми енергийни източници. Целта е намаляване на негативните промени в климата, насърчаване на икономическия растеж и заетостта. Основното предимство на дървесната биомаса е по-ниските емисии на парникови газове в сравнение с конвенционалните горива. Биомасата изразходва при изгаряне такова количество въглерод колкото абсорбира по време на растежа. В работата са анализирани основните източници на дървесна биомаса в България. Направена е оценка на разполагаемата дървесна биомаса в страната като източник на енергия за топлинни и охладителни цели. За оценка на потенциала от дървесна биомаса е адаптиран модел за пресмятане на основните енергийни характеристики, които се използват за определяне потенциала на дървесната биомаса като условно гориво. Направен е преглед на някои симулационни модели за анализ при използване на биомасата за енергийни цели.

Ключови думи: възобновяеми източници, дървесна биомаса, енергийни характеристики.

Key words: renewable energy sources, ligneous biomass, energy characteristics.

JEL: Q2, Q23, Q4, Q42, Q5, Q51.

Увод

Устойчивото развитие в енергетиката се осигурява от рационалното използване на енергията и използването на възобновяемите източници (ВИ). Стратегическа цел на Европа е увеличаването на дела на производството на енергия от възобновяеми енергийни източници (ВЕИ). Целта е намаляване на негативните промени в климата, насърчаване на икономическия растеж и заетостта. По данни на Евростат за базовата 2005 г. енергията от ВИ в страната възлиза на 1 млн. т.у.г или 9,4% от брутното крайно потребление на енергия, от които: биомаса – 70%, хидроенергия – 24% и други ВИ – 6%. Използването на енергията от ВИ, според изискването на Директива 2009/28/ЕО се поощрява в три направления [7]. Едното от тях е потребление на топлинна енергия и енергия за охлаждане от биомаса. Една от целите на статията е да направи оценка на разполагаемата дървесна биомаса в страната като източник на енергия за топлинни и охладителни цели. При използване на дървесна биомаса за енергийни цели е много важно да може да се определи количеството условно гориво получено при превръщането и. За тази цел е необходимо пресмятането на основните енергийни характеристики на дървесна биомаса – долна топлина на изгаряне, плътност и топлинен еквивалент. В областта на енергийните оценки и анализи има богато разнообразие на софтуерни продукти. Симулационни модели могат да помогнат за решаване на енергийните задачи, свързана с използването на биомаса.

1. Дървесна биомаса – оценка

Биомасата е един от най-ценните и многофункционални ресурси на Земята, която представлява слънчева енергия, съхранявана под химическа форма в растителна и животинска тъкан. През 2011 г. биомасата е източник за производството на 70% от енергията от ВИ в България. По данни за 2010 г. основната част от потреблението на енергия в България – 43% е за отопление и охлаждане, което като количество е около 90 000 MWh. Именно тук е най-големия потенциал за използване на дървесната биомаса. Очаква се през 2020 г. произведената електрическа енергия от биомаса да достигне 865 GWh, а енергията за топлинни и охладителни цели, получена от твърда биомаса, да е в размер на 1053 хил. т.у.г. [5]. Крайното енергопотребление на дървесната биомаса за производство на енергия за топлинни и охладителни цели в страната ни за 2009 г. е 742 хил. т.у.г., а за 2010г. е 833 хил. т.у.г. [6]. Основното предимство на дървесната биомаса е по-ниските емисии на парникови газове в сравнение с конвенционалните горива. Основният източник на дървесина за енергийни цели в България са горите. Горските територии на България към 31.12.2011 г. заемат 4 148 114 ха или 37,4% от нейната територия. Площта на иглолистните гори намалява с 6117 ха, сравнено с 2005 г., широколистните гори заемат 69,4% от общата площ на горските територии в страната. Добитата и реализирана дървесина от горските територии от категориите дърва и използвана вършина, подходящи за енергийни цели, през 2009

и 2010 г. е съответно 2 937 000 пр. м³ и за 2010 г. 3 305 000 пр. м³. По статистически данни на ИАГ за 2010 г. разпределението на залесената площ по основни дървесни видове е следното: бял бор – 14,8%, черен бор – 7,7%, смърч – 4,3%, ела – 0,9%, други иглолистни – 1,0%, дъбове – 35,5%, бук – 16,5%, габър – 4,2%, други широколистни – 15,1%. Иглолистните дървесни видове обхващат площ от 1 071 283 ха, което представлява 28,7% от площта на всички дървесни видове. От иглолистните дървесни видове местните са 16, но с по-голямо значение са белият бор, черният бор, бялата мура, обикновеният смърч и бялата ела. [5] През 2011 г. площта на иглолистните гори е 30,8% от общата залесена площ. Основните видове в широколистните гори или в смесените иглолистно-широколистни гори са обикновеният бук, церът, зимният дъб, благуът и габърът. Много важни и със стопанско значение са също видове от род Явор, род Ясен, род Бряст, род Липа, род Бреза, род Топола, род Елша, род Леска и други [1]. Според Асоциацията за енергийно оползотворяване на биомасата, дела на техническия потенциал на твърдата биомаса е 34% от общия потенциал на ВЕИ в България. Вследствие употребата на биомаса наблюдаваме нарастване на намалението на емисиите на парникови газове за производство на топлинна енергия през 2010 г., в сравнение с 2009 г. Стойностите на намаленията, изразени в проценти за 2009 г. са 17,16%, то през 2010 г. те достигат почти 20% (19,90%). Безспорно най-голям дял в намаленията на емисиите на парникови газове има употребата на биомаса за производство на топлинна енергия, следвана от употребата на възобновяеми източници за производство на електрическа енергия [6].

2. Адаптиран модел

Дървесната биомаса е органичен, неизкопаем материал от биологичен произход, който може да се използва за производство на енергия. По своята същност, използването на биомасата се извършва чрез енергиен и материален процес, който е обратен на фотосинтезата. В природата биомасата се разпада на елементарни молекули с отделянето на топлина, като това се извършва бавно, при температури близки на средата и наподобява естествените природни процеси. При изгаряне биомасата изразходва такова количество въглерод, колкото абсорбира по време на растежа. Ето защо биомасата като източник на енергия може да бъде причислена към възобновяемите източници на енергия и е източник на екологично чиста или „зелена“ енергия.

2.1 Химичен състав

Химическият състав на дървесната биомаса се състои основно от органичните вещества целулоза, лигнин и полуцелулоза. Веществата от органичния състав на растителната биомаса са изградени от химичните елементи въглерод (С), водород (Н), кислород (О), и азот (N). От въглерода се определя до голяма степен количеството на освободената при горенето енергия. Заедно с въглерода при окисление водородът също отделя известно количество енергия. Кислородът подпомага окислителния процес. Наред с органичната материя в лигно-целулозната биомаса се съдържат минимални количества от елементите фосфор (P), калий (K), калций (Ca), сяра (S), желязо (Fe), манган (Mn), магнезий (Mg) и натрий (Na). Те съставляват неорганичната част от пепелното съдържание след изгаряне на биомасата. Химичният състав на работната маса на биомасата в процентно изражение може да се представи със следното равенство [8]:

$$C+H+O+N+S+A+W=100\%, \quad (1)$$

където

A е пепелното съдържание,

W – съдържанието на вода, като и двата параметъра се изразяват в проценти.

Дървесната пепел не представлява екологично опасен отпадък и може да се използва за наторяване. Състава на изсушената биомаса до абсолютно сухо състояние има вида:

$$C+H+O+N+S+A=100\%. \quad (2)$$

Биомаса, от която е отделена влагата и пепелта, определяме като горима маса и може да бъде представена от уравнението:

$$C+H+O+N+S=100\%. \quad (3)$$

2.2. Долна топлина на изгаряне (Калоричност);

Калоричността или долна топлина на изгаряне на дървесната биомаса е функция от съдържанието на влага. Дървесната биомаса е естествен продукт и съдържанието на влага варира в рамките от 40% до 60%, а прясно отрязана биомаса съдържа до около 80% влага. Долна топлина на изгаряне на работната маса Q [kJ/kg], представлява топлинната енергия, отделяна при изгаряне на единица гориво, без да се отчита топлината, освобождавана при кондензация на водните пари, съдържащи се в продуктите на горене. От значение е и вида на дървесната биомаса – стъблена, кора, гнила дървесна биомаса и др. Стъблената дървесна биомаса има стабилна топлина на изгаряне и зависи само от влагосъдържанието и пепелно съдържание. За стъблена дървесна биомаса за всички дървесни видове стойностите на долната топлина на из-

гаряне на работната маса се определят по израза (4) [2]:

$$Q = 18900 - 214 \cdot W - 189 \cdot A \quad (4)$$

При кората и гнилата дървесина, долната топлина на изгаряне на работната маса е функция и от долната топлина на изгаряне на горимата маса на разглеждания дървесен вид.

За стъблена дървесна биомаса от бреза долната топлина на изгаряне на горимата маса е например 19 950 kJ/kg, а за кора и 19200 kJ/kg, за гнила [2]. Топлината на изгаряне на кора и гнила дървесна биомаса се определят съответно по изразите (5) и (6):

$$Q = 19950 \cdot \left(\frac{100 - W - A}{100} \right) - 25 \cdot W \quad (5)$$

$$Q = 19200 \cdot \left(\frac{100 - W - A}{100} \right) - 25 \cdot W \quad (6)$$

2.3. Плътност на дървесна биомаса, ρ

Плътността оказва съществено влияние върху стойностите на топлинния еквивалент. Тя зависи от дървесния вид, коефициента на обемно набъбване, влажността и плътност при стандартна влажност ρ_0 (12%). Коефициентът на обемно набъбване – k , играе съществена роля при стъблената дървесна биомаса. Различаваме две групи дървесни видове спрямо коефициента на обемно набъбване при $k=0,5$ и $k=0,6$. Разглежданият от нас дървесен вид, бреза е от втората група с $k=0,6$. Стойностите на плътността при стандартна влажност ρ_0 зависят от дървесния вид и вида на дървесната биомаса – стъблена, кора или гнила [2]. За разглеждания дървесен вид бреза, стандартната влажност за стъблена $\rho_0=630 \text{ kg/m}^3$, кора $\rho_0=745 \text{ kg/m}^3$ и гнила $\rho_0=300 \text{ kg/m}^3$. Плътността при съответното влагосъдържание се определя от изразите, както следва:

Стъблена дървесна биомаса при $W<23\%$:

$$\rho = 0,957 \cdot \frac{100}{100 - 0,4 \cdot W} \cdot \rho_0 \quad (7)$$

Стъблена дървесна биомаса при $W>23\%$:

$$\rho = 0,81 \cdot \frac{100}{100 - W} \cdot \rho_0 \quad (8)$$

Кора на бреза при $W<23\%$:

$$\rho = \frac{(100 - W)}{101,19 - 1,111 \cdot W} \cdot \rho_0 \quad (9)$$

Кора на бреза при $W>23\%$:

$$\rho = \frac{1}{1,277 - 0,01277 \cdot W} \cdot \rho_0 \quad (10)$$

Гнила дървесна биомаса при $W<23\%$:

$$\rho = \frac{100 - W}{106 - 1,46 \cdot W} \cdot \rho_0 \quad (11)$$

Гнила дървесна биомаса при $W>23\%$:

$$\rho = \frac{100}{122,2 - 1,222 \cdot W} \cdot \rho_0 \quad (12)$$

2.4. Топлинен еквивалент, E

Определянето на топлинния еквивалент E на дървесната биомаса изисква познания за топлината на изгаряне Q на дървесната биомаса и плътността ρ при съответното влагосъдържание [3]. Числото $29,3 \cdot 10^6$ представлява топлината на изгаряне на еталонното гориво. Топлинният еквивалент на дървесната биомаса ще се определя по израза:

$$E = \frac{Q \cdot \rho}{29,3 \cdot 10^6} \quad (13)$$

където:

Q е долната топлина на изгаряне на работната маса, J/kg;

ρ – плътността на влажната дървесна биомаса, kg/m^3 .

2.5. Превръщане на дървесната биомаса в условно гориво

За оценка на енергията получена от различни видове горива е въведено понятието условно гориво [4]. Количеството условното гориво получено при превръщането на дървесната биомаса в енергия е функция от два параметъра, топлинния еквивалент, E и обема на дървесната биомаса, v . Обемът на дървесната биомаса се измерва в плътни m^3 , а топлинния еквивалент в тона условно гориво. За пресмятането на дървесна биомаса в условно гориво – T , т.у.г., се използва израза:

$$T = E \cdot v \quad (14)$$

където:

E е топлинният еквивалент на дървесната маса, т.у.г./пл. m^3

V - обемът на дървесната биомаса, пл. m^3 .

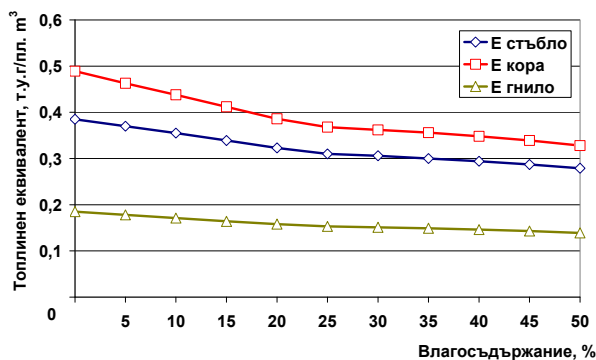
2.6. Резултати и анализ

Разработеният модел е използван за изчисляване на топлинните еквиваленти на дървесен вид – бреза, за различни видове дървесна биомаса – стъблена, кора и гнила. При пресмятането са задавани стойности за влагосъдържанието от 0% до 50% със стъпка 5%. Пепелното съдържание е продукта останал след пълното изгаряне. За стъблена дървесна биомаса дървесен вид – бреза, пепелното съдържание е 0,3%, за кора 2,4% и за гнила 0,4% [2]. При пресмятанята са приети посочените стойности. Плътността

се определя в зависимост от границата на хигроскопичност на дървесните влакна, която е 23%. Стойности за плътността в началния стадий на гниене на гнилата дървесина в някои случаи се увеличава, а не се понижава. При развитие на процеса на гниене стойността на плътността намалява и в края на процеса на гниене се установява на стойност много по-ниска от плътността на здравата дървесна биомаса. Получени са резултати за стъблена, кора и гнила дървесна биомаса от бреза, за основните характеристики - калоричност, плътност и топлинен еквивалент. Резултатите са представени в табличен вид на табл. 1 и в графичен вид на фиг.1.

Табл. 1. Стойности на топлинния еквивалент E за бреза от влагосъдържанието

W %	Ec	Ek	Eg
	т.у.г/пл. м ³	т.у.г/пл. м ³	т.у.г/пл. м ³
0	0,385	0,489	0,185
5	0,370	0,463	0,178
10	0,355	0,438	0,171
15	0,339	0,412	0,164
20	0,323	0,386	0,158
25	0,310	0,368	0,153
30	0,306	0,362	0,151
35	0,300	0,356	0,149
40	0,294	0,348	0,146
45	0,287	0,339	0,143
50	0,279	0,328	0,139



Фиг. 1. Зависимост на топлинния еквивалент от влагосъдържанието

От получените резултати се вижда, че най-високи стойности за топлинния еквивалент има при влагосъдържание 0%. С увеличаване на влагосъдържанието стойността му намалява. Тенденцията е характерна и за трите вида стъблена, кора и гнила дървесна биомаса. Най-висок топлинен еквивалент има кората при влагосъдържание 0%, $E_k=0,4893$ т.у.г./пл. м³, стъблената с $E_c=0,3848$ т.у.г./пл. м³ и гнилата с $E_g=0,1847$ т.у.г./пл. м³, на последно място. С

увеличаване на влагосъдържанието намаляват стойностите на топлинния еквивалент.

3. Симулационни програми за използване на биомаса

При решаване на енергийна задача, свързана с използването на биомаса могат да се използват симулационни модели за анализ и използване на биомасата за енергийни цели. Съществува голям набор от инструменти на световния пазар, за анализ на потенциала на биомасата и интегрирането и в енергийните системи. Разгледани са някои представители на действащи модели, които могат да бъдат използвани.

3.1 Видове симулационни програми

Софтуер RETScreen е приложим за оценки на ВЕИ, в това число на биомаса, като се извършва стандартен анализ в пет стъпки. Може да се използва за оценка на производството на енергия, намаляване на емисиите и риск за проекти за биомаса използвана за отопление на всякакви сгради. Моделът MESSAGE предлага оптимизация на инженерингови системи, включително и възобновяеми (биомаса) и планиране на дългосрочни енергийни системи. MiniCAM се използва за конвенционални и ВЕИ - биомаса, газ, въглища, въглерод и др. Моделът акцентира върху доставките от енергийните технологии, като предлага широка гама от технологии, горива и енергийни носители. Моделът HOMER, симулира и оптимизира самостоятелни или свързани помежду си системи от биомаса, вятърни турбини, фотоволтаични системи, ВЕЦ и др. Оценява икономическите и технически параметри при промяна на технологичните разходи на енергийните ресурси. FRESA - Определя потенциално икономически ефективни приложения на технологии от ВЕИ - електрическа енергия, биомаса (дърво, отпадъци и т.н.), слънчеви системи, слънчево охлаждане, фотоволтаични системи и др. Предлага последователна методология и докладва за голям брой оценки. Моделът SAFIRE предлага две версии за планиране на национално и на местно ниво. Включва повечето категории ВИ, както и 10 възможности за извличане на биомаса. Моделът реализира изчисленията в пет стъпки. Компютърен модел AREP-LP е развитие и продължение на софтуера SAFIRE, предложена от българския клон на фирма ESD. Оценява се енергийния потенциал (теоретичен и технически) на ВЕИ в това число, на биомаса. Моделът EnergyPLAN е инструмент, който анализира различия в нуждите на електричество и топлина в системи. Моделът е използван за стратегии на ВЕИ за устойчиво развитие и използване на отпадъци за енергийни

цели. H2RES е балансиран модел, който симулира интегрирането на ВИ в енергийните системи. Предлага модул за биомаса, като взема под внимание информацията на суровината, процеси на конвертиране (горене, газификация и смилане) и желаната произведената продукция (енергия, топлинна енергия или за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия). Моделът H2RES се използва и за енергийно моделиране на потенциала от биомаса [9].

Съществуват и други модели, като моделите FASOM-2008, LEITAP, EFISCEN 1996 г. модел за търсене и предлагане на ресурси, VIEWLS за регионални енергийни системи, EFI-GTM и др, които са били предмет на европейски проекти [9].

3.2. Анализ

Учени енергетици и инженери специалисти по ВЕИ работят за увеличаване на мощностите и минимизиране на разходите, като разчитат на симулация на процесите и софтуерното инженерство. Съществува голямо разнообразие от методи, подходи, масиви от данни, оценки на ресурсите и потенциала на биомасата, които водят до различни оценки на бъдещите потенциали на биомаса.

Заклучение

Въз основа на разгледаните проблеми и получените резултати могат да бъдат направени няколко извода. България притежава значителен потенциал на дървесна биомаса, която може да се използва за енергийни цели. Енергията получена от дървесна биомаса може да създаде силно конкурентна среда за производството на топлинна така и за охлаждаща енергия. Необходимо е задълбочен анализ и изграждане на цялостна стратегия за ефективно използване на дървесната биомаса. С помощта на големия набор от инструменти, може да се направи анализ на потенциала на биомасата и интегрирането и в енергийните системи. Познаването на видовете симулационни програми и техните индивидуални възможности ще улесни избора при използване. За оценка на потенциала от биомаса е адаптиран модел за пресмятане на основните енергийни характеристики на дървесна биомаса, които се използват за оценка на потенциала на дървесна биомаса като условно гориво. Предложеният модел може да се използва

при внедряване на съвременни технологии за добив на топлинна енергия от дървесната биомаса.

Благодарност

Статията е написана с участие на стажанти към Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници (ЦЛ СЕНЕИ) – Българска Академия на Науките, по проект „Студентски практики“, финансиран от ОП „Развитие на човешките ресурси“ и Европейския социален фонд - Гергана Величкова и Марина Върбанова, студенти в ЛТУ, София.

Литература

1. Брезин, В., Антоф, П. *Приложение на растителната биомаса като възобновяем енергиен източник*. Изд. ЛТУ. София. 2012. с. 18-27.
2. Головков, С., Коперин, И., Найденов, В. *Енергетическо използване на дървесни отпадъци*. Изд. „Лесн. пром-сть“. Москва. 1987. с. 224.
3. Йосифов, Н., Такева, Л. *Определяне на топлината на изгаряне и енергийния еквивалент на житна слама*. Сборник научни доклади от Научно-техническа конференция. „Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн“, 6-8 ноември. 2009. Юндола. с. 53-56.
4. Йосифов, Н., Такева, Л., Стоянова, М. *Когенерационни технологии за усвояване на дървесната биомаса*. Сборник научни доклади от Научно-техническа конференция. „Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн“, 14-16 ноември. 2008. Юндола. с. 62-66.
5. Министерство на земеделието и храните. *Национална стратегия за развитие на горския сектор в република България за 2013 - 2020 г.* Министерство на земеделието и храните. София. 2013. ноември. с. 89-133.
6. Министерство на икономиката енергетиката и туризма. *Първи национален доклад за напредъка на България в насърчването и използването на енергията от възобновяеми източници*. Министерство на икономиката енергетиката и туризма. 2011.
7. Стоянова, М., Стефанов, Б., Такева, Л. *Перспективи за използване на биомасата в България в контекста на Европейската енергийна стратегия*, сп. „Управление и устойчиво развитие“. 2006. 3-4 (15). с. 263-267.
8. Стоянова, М., Такева, Л. *Използване на дървесната биомаса за енергийни цели*. сп. „Управление и устойчиво развитие“. 2005. 3-4 (13). с. 133-136.
9. Такева, Л., Стоянова, М. *Симулационни модели за оценка на енергийния потенциал на биомаса*. сп. „Управление и устойчиво развитие“. 2012. 3 (28). с. 107-112.

ENERGY FROM LIGNEOUS BIOMASS

Maya Stoyanova¹, Gergana Velichkova², Martina Varbanova², Rumen Stoykov¹

**¹Central laboratory of solar energy and new energy sources, Bulgarian Academy of Science,
Sofia, Bulgaria**

²University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

European strategic objective is to expand energy production from renewable energy sources. The goal is to reduce the negative changes in climate, to encourage economic growth and more employment. The main advantage of ligneous biomass is that has lower greenhouse emissions in comparison to conventional fuels. The biomass absorbs the same amount carbon during its growth as it consumes during burning. This article analysed main sources of ligneous biomass in Bulgaria. An evaluation of the available ligneous biomass in the country is performed as a source of energy for thermal and cooling purposes. To estimate the potential of ligneous biomass a new adaptive model is applied to calculate the main energy characteristics which can be used to determine the related fuel from the ligneous biomass. An overview and analysis of some simulation models is performed for energy production from ligneous biomass.