

УДК 620.92

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ З ТВЕРДОЇ БІОМАСИ В УКРАЇНІ. ЧАСТИНА 1. СОЛОМА

Гелетуха Г.Г., канд. тех. наук, Желєзна Т.А., канд. тех. наук, Дроздова О.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, 03680, Україна

Виконано енергетичний, економічний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з твердої біомаси. Розглянуто випадки впровадження фермерського котла і ТЕЦ на тюкованій соломі, а також котла на солом'яних гранулах потужністю 100 кВт. Показано енергетичну та екологічну доцільність реалізації таких проектів і умови для їх економічної рентабельності.

Выполнен энергетический, экономический и экологический анализ технологий производства энергии из твердой биомассы. Рассмотрены случаи внедрения фермерского котла и ТЭЦ на тюкованной соломе, а также котла на гранулах из соломы мощностью 100 кВт. Показана энергетическая и экологическая целесообразность реализации таких проектов и условия для их экономической рентабельности.

The paper presents results of energy, economic and ecological analysis of technologies for energy production from solid biomass. Case studies for a farm boiler and CHP plant running on baled straw and for a 100 kW boiler operating on straw pellets are presented. It is shown that the projects are feasible from energy and ecological points of view. Conditions for the economic feasibility are shown.

Бібл. 16, табл. 4

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, біомаса, солома, біоенергетичні технології, енергетична оцінка, екологічна оцінка, економічна оцінка.

Виробництво біопалив та отримання енергії з них є одним з перспективних шляхів заощадження традиційних енергоносіїв і підвищення енергетичної безпеки України. Країна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання. Він коливається в межах 25...38 млн. т у.п./рік в залежності від врожаю основних сільськогосподарських культур, в першу чергу, зернових. Реалізація цього потенціалу має бути ефективною з економічної, енергетичної та екологічної точок зору. Тобто кожна біоенергетична технологія та проект вимагають проведення комплексного аналізу. Технології/проекти, що мають позитивну оцінку по всіх трьох складових, можуть рекомендуватися до впровадження.

Методика комплексного аналізу

Енергетичну оцінку видається доцільним проводити на основі показника сукупних витрат енергії (CED) та його оберненої величини – коефіцієнту виходу енергії (EYC). Цю методику вибрано серед інших, оскільки в ній представлено конкретні рекомендації щодо допустимих діапазонів значень застосованих критеріїв. Даний підхід може використовуватися як для аналізу

енергоустановок, що працюють на викопних паливах, так і для обладнання на відновлюваних джерелах енергії. Детальний опис методики та приклади застосування наведено в роботах [1, 2].

Показник сукупних витрат енергії визначається як сума витрат первинної енергії, необхідної для виробництва певної енергоустановки, для її роботи протягом часу існування і для утилізації після завершення терміну її служби. Безрозмірне значення показника сукупних витрат енергії (ced) визначається через ділення CED на величину сукупного виробництва енергії установкою. Тобто ced показує у скільки разів загальні витрати енергії на забезпечення роботи даної установки (енергія «на вході») більші, ніж енергія, отримана від роботи установки (енергія «на виході»). Аналогічні показники ced_{NR} та EYC_{NR} враховують витрати тільки традиційної енергії/викопних палив (тобто без ВДЕ) для забезпечення роботи установки.

Рекомендовані значення даних показників для енергетичних установок становлять: $ced = 1,32...1,56$, $EYC = 0,64...0,76$, $ced_{NR} < 0,2$, $EYC_{NR} > 5$. Допустимі діапазони при врахуванні

витрат тільки традиційної енергії: $ced_{NR} < 0,5$, $EYC_{NR} > 2$ [1].

Ключовими показниками економічної доцільності проекту є внутрішня норма рентабельності (IRR) та термін окупності. В біоенергетиці проект зазвичай вважається економічно привабливим, коли термін окупності становить менше 5 років, а внутрішня норма рентабельності перевищує мінімальну (фактичну або очікувану) процентну ставку капіталу в країні (в межах 10...15 %) [3].

В зарубіжній практиці аналіз впливу на оточуюче середовище проводиться в рамках оцінки життєвого циклу певної технології. Ця оцінка включає досить широкий набір параметрів, які відображають вплив на надра, атмосферу, ґрунт, воду і людей [4-6]. Для практичних цілей аналізу біоенергетичних технологій пропонуємо ґрунтувати екологічну оцінку на такому ключовому показнику як баланс парникових газів. Для кожного конкретного випадку необхідно встановити межі аналізу і визначити обсяги викидів парникових газів за всіма операціями, що пов'язані з реалізацією даної технології або впровадженням даного проекту. Зазвичай ці операції включають виробництво, збір, попередню підготовку, транспортування та зберігання біомаси. Крім того, враховується споживання традиційних енергоресурсів на власні потреби біоенергетичної установки.

Технологія виробництва енергії з біомаси може вважатися екологічно доцільною, якщо її впровадження призводить до зменшення викидів парникових газів у порівнянні із застосуванням традиційного палива. Директива Європарламенту 2009/28/ЕС щодо сприяння використання ВДЕ вимагає, щоб зниження викидів парникових газів при використанні біопалив становило не менше 35 %. З 1 січня 2017 року цей показник підвищиться до 50 %, а з 1 січня 2018 року – до 60 % для установок, які почали працювати з 01.01.2017 [7].

Комплексний аналіз біоенергетичних технологій включає також оцінку кількості нових робочих місць, що можуть бути створені в зв'язку з впровадженням цих технологій. Згідно зарубіжних літературних даних, кількість нових робочих місць (основних і додаткових) скла-

дає порядку 2...3 р.м./МВт_т та 4...5 р.м./МВт_е впровадженого обладнання на біомасі [8-14].

Виробництво енергії з відходів сільського господарства

Щорічно в Україні утворюється велика кількість сільськогосподарських відходів, які можуть бути використані в енергетичних цілях. Це солома зернових культур і ріпаку, відходи виробництва соняшнику та кукурудзи на зерно, інші відходи. На сьогодні для виробництва енергії найбільш активно використовується тюкована солома в котлах потужністю до 1 МВт. В країні вже встановлено більше 30 котлів виробництва української компанії «Південтепло - енергомонтаж» та кілька десятків теплогенераторів на соломі української компанії «Бріг». Економічно доцільний потенціал соломи, що може бути залучений до сектору енергетики з урахуванням інших напрямків її споживання, становить в Україні 2...4 млн. т у.п./рік [15].

Комплексний аналіз технологій виробництва енергії з відходів сільського господарства виконано на прикладі соломи. Розглянуто наступні варіанти: впровадження фермерського котла потужністю 350 кВт на тюкованій соломі, котла 100 кВт на солом'яних гранулах та ТЕЦ 2 МВт_е + 6 МВт_т на тюкованій соломі.

Енергетичний аналіз

Для фермерського котла енергія «на вході» розраховується за такими основними складовими: спожите паливо (солома), витрати енергії на виготовлення та транспортування тюків соломи, на вантаження-розвантаження, складування та зберігання соломи, електроенергія, спожита котельною установкою, витрати енергії на обслуговування котла персоналом та підтримку дієздатності установки. Згідно обраної методики, враховано також такі складові як витрата енергії на виготовлення котла та його утилізацію після закінчення терміну експлуатації.

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільшою складовою «вхідної» енергії є хімічна енергія палива (соломи) (табл. 1). Всі інші складові – на 1...3 порядки нижчі, отже не мають вирішального впливу на результати розрахунків, включаючи енерговитрати на транспортування тюкованої соломи в межах 150 км. Значення

Табл. 1. Витрати енергії, пов'язані з «життєвим» циклом соломоспалюючого котла 350 кВт

Складові витрат	ГДж/рік				
1. Споживання палива (соломи) котлом	4540				
2. Тюкування соломи	43,3				
3. Вантаження-розвантаження, складування та зберігання соломи	236,7				
4. Робота котельної установки (споживання електроенергії, ремонт, обслуговування)	102,1				
5. Спорудження котельної установки (виготовлення обладнання, будівельно-монтажні роботи)	28,5				
6. Демонтаж, утилізація обладнання котельної установки	3,6				
7. Транспортування соломи*	0 км	10 км	50 км	100 км	150 км
	0	15,0	75,1	150,2	225,3
CE_{D} : енергія «на вході» (сума позицій 1-7)	4954	4969	5029	5104	5179
ced^{**} : енергія «на вході» / енергія «на виході»	1,38	1,39	1,40	1,43	1,45
$EYC^{**} = 1/ced$: енергія «на виході» / енергія «на вході»	0,72	0,72	0,71	0,70	0,69
$CE_{D_{NR}}$: енергія «на вході» (сума позицій 2-7)	414	429	489	564	639
ced_{NR}^{**} : енергія «на вході» / енергія «на виході»	0,12	0,12	0,14	0,16	0,18
$EYC_{NR}^{**} = 1/ced_{NR}$: енергія «на виході»/енергія «на вході»	8,64	8,34	7,32	6,34	5,60

* Вантажопідйомність транспортного засобу по тюкованій соломі прийнято 12 тон. Енергоємність транспортної роботи визначено за методикою [16]. Для даного випадку її оцінено у 2,32 МДж/т·км.

** Безрозмірний показник.

всіх енергетичних показників, отримані в даному розрахунку, відповідають рекомендованим діапазнам: $ced_{NR} < 0,2$, $EYC_{NR} > 5$. Таким чином, можна зробити висновок про високу енергетичну ефективність проекту по впровадженню соломоспалюючого котла потужністю 350 кВт.

Розрахунки, виконані для побутового котла 100 кВт на солом'яних гранулах, показують, що його енергетичні показники нижчі, ніж для фермерського котла ($EYC_{NR} = 3,02...3,87$ при транспортуванні гранул до 200 км), але цілком відповідають допустимому діапазону ($EYC_{NR} > 2$). Зниження показників пояснюється порівняно великими витратами енергії на гранулювання біомаси.

При виробництві теплової та електричної енергії на ТЕЦ енергетичні показники також нижчі, ніж для фермерського котла ($EYC_{NR} = 3,33...4,51$ при транспортуванні тюків соломи до 200 км). Це пов'язано з великими енерговитратами на власні потреби ТЕЦ.

Економічний аналіз

Для фермерського котла на тюкованій соломі розглянуто три варіанти, які відрізняються між собою по типу установи/підприємства, на якому встановлюється соломоспалюючий котел. В залежності від цього, по-перше, маємо різний набір основного та допоміжного обладнання, необхідного для реалізації проекту. По-друге, маємо різну ціну на природний газ, який замінюється біомасою. Бюджетні установи і промислові споживачі купують газ по найвищій ціні (4687,4 грн./1000 м³ на жовтень 2012 р.), підприємства комунальної теплоенергетики – по набагато нижчій (1309,2 грн./1000 м³ на жовтень 2012 р.). Оскільки в даному розрахунку дохід проекту визначається через кошти, заощаджені на придбанні газу, вартість останнього має вирішальний вплив на основні економічні показники.

Перший варіант: котел впроваджується в установі, яка фінансується з державного/міс-

цевого бюджетів (школа, лікарня), або на промисловому підприємстві. Такі організації мають купувати паливо (тюковану солому) у виробника або постачальника і мають забезпечити операції по складуванню та зберіганню соломи на території котельні. Це означає необхідність будівництва сховища і придбання навантажувача соломи.

Другий варіант: котел встановлюється на сільськогосподарському підприємстві, яке має власну тюковану солому (по собівартості) і вже забезпечене навантажувачем. Залишається необхідність будівництва сховища для соломи. В третьому варіанті вважається, що котел впроваджується на підприємстві ЖКГ, яке надає населенню послуги з опалення. Цей варіант схожий на перший, різниця полягає у вартості природного газу, який заміщується біомасою.

Крім того, для варіантів I і III розглянуто діапазон транспортування тюків соломи до котельної установки в межах 150 км. Відстань

транспортування впливає на вартість соломи, причому величина росту залежить від того чи використовується власна вантажівка, чи орендована (табл. 2).

З даних таблиці видно, що на велику відстань доцільно перевозити лише ущільнену солому (гранули, брикети, тюки). Солома-січка має низьку насипну щільність (порядку 40 кг/м³), тому її перевезення є дуже затратним.

Результати розрахунку показують, що варіанти I і II проекту по впровадженню соломоспалюючого котла 350 кВт мають добрі економічні показники (табл. 3). Термін окупності знаходиться в межах 3 років, що є привабливим для потенційного покупця. Відстань транспортування тюків соломи в межах 150 км в даному випадку не має суттєвого впливу на рентабельність проекту.

Варіант III відповідає впровадженню соломоспалюючого котла на підприємствах комунальної теплоенергетики. У цьому випадку про-

Табл. 2. Ріст вартості соломи при її транспортуванні

Біомаса/біопаливо	Відстань транспортування									
	50 км		100 км		150 км		400 км		800 км	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Солома-січка	4,2	2,0	7,5	2,9	10,7	3,9	27,0	8,8	53,0	16,6
Тюки з соломи	1,3	1,1	1,5	1,2	1,8	1,3	3,2	1,7	5,4	2,3
Гранули з соломи	1,1	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1	1,5	1,2	2,0	1,3

А – розрахунок через вартість оренди вантажівки (10 грн./км);

Б – розрахунок через вартість витраченого дизельного пального власною вантажівкою (10 грн./л).

Табл. 3. Економічні показники проекту по впровадженню соломоспалюючого котла 350 кВт

Показники	Варіант I				Варіант II	Варіант III
	950					
Капітальні витрати, тис. грн.	Відстань транспортування тюків соломи*, км					
	0	50	100	150		
Капітальні витрати, тис. грн.	950				771	950
Експлуатаційні витрати, тис. грн./рік	165	192	219	246	117	166
Чиста приведена вартість (NPV), тис. грн.	2189	1990	1791	1593	2716	<0
Норма внутрішньої рентабельності (IRR), %	43,0	40,0	36,9	33,8	60,3	-
Термін окупності, років	2,2	2,4	2,6	2,8	1,6	>10

* Розрахунок ціни соломи через вартість оренди вантажівки. Ціна соломи без доставки 300 грн./т.

ект є нерентабельним, що пов'язано з субсидійованою ціною на природний газ для підприємств ЖКГ, яка є значно нижчою економічно обґрунтованого рівня. Для досягнення терміну окупності в межах 5...6 років ціна на газ в цьому секторі має піднятися, принаймні, у 2...2,5 рази.

Гранули з біомаси є достатньо дорогим паливом (ринкова вартість близько 900 грн./т), тому проект по впровадженню котла 100 кВт на солом'яних гранулах є економічно доцільним тільки за умови заміщення дорогого газу. В цьому випадку термін окупності знаходиться в межах 5 років. Впровадження котла в побутовому секторі є нерентабельним (термін окупності більше 10 років) через низьку ціну на природний газ для населення.

При розрахунках економічних показників ТЕЦ на соломі дохідна частина визначалася через обсяг електроенергії, проданої по «зеленому» тарифу, та обсяг теплової енергії, проданої по середньозваженому тарифу для ЖКГ (250 грн./Гкал). Результати показують, що проект має термін окупності в межах 3...5 років в розглянутому діапазоні відстані транспортування тюків соломи (до 200 км).

Екологічний аналіз

Суть екологічного аналізу полягає у розрахунку балансу діоксиду вуглецю при застосу-

ванні соломи як палива та визначенні обсягу скорочення викидів CO₂ у порівнянні зі спалюванням природного газу. Біомаса є CO₂-нейтральним паливом, оскільки при її спалюванні виділяється така ж кількість діоксиду вуглецю, яка була поглинута відповідною рослиною в процесі її росту. Таким чином, застосування біомаси для виробництва енергії не робить додаткового внеску до глобального парникового ефекту.

При спалюванні соломи в котлі потужністю 350 кВт (обсяг споживання 324 т/рік) зниження викидів діоксиду вуглецю у порівнянні зі спалюванням природного газу становить 235 т/рік. Але ця величина не є остаточною, бо необхідно ще врахувати викиди CO₂, пов'язані з такими операціями як тюкування і транспортування соломи та іншими процесами, що забезпечують роботу котельної установки. Емісія діоксиду вуглецю, що має місце при виробництві соломи в даній оцінці не враховується, оскільки солома вважається побічним продуктом (або відходом) традиційного сільськогосподарського виробництва. З урахуванням всіх необхідних складових кінцеве зниження викидів діоксиду вуглецю складає 206...222 т/рік в залежності від відстані транспортування соломи (табл. 4).

Аналіз отриманих результатів показує, що виражене у відсотках зниження емісії є достат-

Табл. 4. Баланс діоксиду вуглецю при роботі соломоспалюючого котла 350 кВт

Статті викидів CO ₂ :	т/рік				
- при спалюванні природного газу ¹⁾	235				
- при тюкуванні соломи ^{2) 3)}	2,48				
- при вантаженні, розвантаженні, складуванні соломи	0,26				
- при роботі котельної установки ⁴⁾	10,47				
- при транспортуванні соломи ³⁾	0 км	10 км	50 км	100 км	150 км
	0	1,04	5,18	10,35	15,53
Кінцеве зниження викидів CO ₂ при спалюванні соломи у порівнянні з природним газом	222 94,4 %	221 93,9 %	217 92,2 %	211 90,0 %	206 87,8 %

1) Обсяг ПГ – 125 тис. м³/рік; показник викидів CO₂ для ПГ – 56,1 т/ТДж.

2) Обсяг соломи – 340 т/рік з урахуванням втрат при тюкуванні (5 %).

3) Показник викидів CO₂ для дизелю – 74,1 т/ТДж.

4) Показник викидів CO₂ для електроенергії – 1,225 кг/кВт·год.

ньо великим (88...94%) в розглянутому діапазоні відстані транспортування соломи (до 150 км). Для порівняння: Директива Європарламенту 2009/28/ЕС щодо сприяння використання ВДЕ вимагає, щоб зниження викидів парникових газів при використанні біопалив становило не менше 35 % [7]. Таким чином, за цим параметром даний проект вважається доцільним та може рекомендуватися до впровадження.

Для котла на гранулах і для ТЕЦ показники по зниженню викидів CO₂ є нижчими (63...73%), але цілком прийнятними з точки зору вимог Директиви Європарламенту 2009/28/ЕС.

Висновки

Результати комплексного аналізу технологій виробництва енергії з соломи показують енергетичну та екологічну доцільність реалізації таких проектів. З економічної точки зору впровадження котлів на соломі є рентабельним при заміщенні природного газу у бюджетних та промислових споживачів, а робота ТЕЦ на соломі – за умови продажу електроенергії по «зеленому» тарифу. Реалізація кожного проекту призводить до створення принаймні кількох нових робочих місць, що також є позитивним фактором.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Nussbaumer Th., Oser M.* Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004.
2. *Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Дроздова О.І.* Комплексний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси // Промислова теплотехніка. – 2012, – Т. 34, № 1, – С.87-95.
3. *Про затвердження Методичних рекомендацій оцінки економічної ефективності інвестицій в енергозберігаючі проекти на підприємствах житлово-комунального господарства: Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 14.12.2007, № 218.*
4. *Life Cycle Assessment Methodology Report.* World Steel Association, 2011.
5. *Diaz M., Rezeau A., Maraver D. et al.* Comparison of the environmental impact of biomass

and fossil fuels medium-scale boilers for domestic applications employing life cycle assessment methodology. Proceedings of the 16th European Biomass Conference & Exhibition, 2-6 June 2008, Valencia, Spain, – P. 2641-2646.

6. *Cabal H., Lechón Y., Sáez R.* Environmental aspects of integration of decentralized generation into the overall electricity generation system. EUSUSTEL Task Report, 2005.

7. *Directive 2009/28/EC* of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.

8. *Brouwer F., Nowicki P., Woltjer G.* Background note on Biomass production and future rural development in Europe. Materials of FP6 project AGRINERGY, 2007-2008. <http://agrinergergy.ecologic.eu/>

9. *Timmons D., Damery D., Allen G.* Energy from Forest Biomass: Potential Economic Impacts in Massachusetts. University of Massachusetts, 2007.

10. *U.S. Economic Impact of Advanced Biofuels Production: Perspectives to 2010.* Report by Bio Economic Research Associates, 2009.

11. *Dworak Th.* EU Bioenergy Policies and their effects on rural areas and agriculture policies, 2008. Report of FP6 project AGRINERGY, 2007-2008. <http://agrinergergy.ecologic.eu/>

12. *Alliance for Green Heat* http://www.forgreenheat.org/issues/creating_jobs.html

13. *Rutovitz J., Atherton A.* Energy sector jobs to 2030: a global analysis. Institute for Sustainable Futures <http://www.isf.uts.edu.au/publications/workingfortheclimate2009.pdf>

14. *Morris G.* The Value of the Benefits of U.S. Biomass Power. Subcontractor Report. NREL/SR-570-27541, – 1999.

15. *Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М., Матвеев Ю.Б., Дроздова О.І.* Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса // Промислова теплотехніка. – 2010, – Т. 32, № 6, – С.58-65.

16. *Ільченко В.Ю., Деркач О.Д., Колбасін В.О.* Дослідження енергоємності транспортної операції // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2008, № 2.

**COMPLEX ANALYSIS OF
TECHNOLOGIES FOR ENERGY
PRODUCTION FROM SOLID BIOMASS.
PART 1. STRAW**

Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drozdova O.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the
National Academy of Sciences of Ukraine,
vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

The paper presents results of energy, economic and ecological analysis of technologies for energy production from straw in Ukraine. The energy assessment is based on determination of Cumulative Energy Demand (*CED*) and Energy Yield Coefficient (*EYC*). The ecological analysis includes calculation of CO₂ balance associated with implementation of a certain bioenergy technology and its comparison with CO₂ emission when combusting natural gas. Economic analysis comprises calculation of a payback period. Case studies for a farm boiler and *CHP* plant running on baled straw and for a 100 kW boiler operating on straw pellets are presented. It is shown that the projects are feasible from energy and ecological points of view. As for economic indicators, the introduction of straw fired boilers is profitable when replacing natural gas in industry and state-financed sector. Operation of a straw *CHP* plant is cost-efficient under selling power at the feed-in tariff. Implementation of each bioenergy project results in creation of a few new jobs that is also a positive factor. References 16, tables 4.

Key words: renewable energy sources, biomass, straw, bioenergy technologies, energy analysis, ecological analysis, economic analysis.

1. *Nussbaumer Th., Oser M.* Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004.

2. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drozdova O.I.* Complex analysis of technologies for energy production from bio-mass // *Promyslova teplotekhnika*. – 2012, – V. 34, № 1, – P.87-95. (Ukr.)

3. *On Approving the Guidelines* on assessment of economic efficiency of investments in energy efficiency projects in enterprises of housing and communal services: Order of the Ministry of Housing of Ukraine of 14.12.2007, № 218. (Ukr.)

4. *Life Cycle Assessment Methodology Report*. World Steel Association, 2011.

5. *Diaz M., Rezeau A., Maraver D. et al.* Comparison of the environmental impact of biomass and fossil fuels medium-scale boilers for domestic applications employing life cycle assessment methodology. Proceedings of the 16th European Biomass Conference & Exhibition, 2-6 June 2008, Valencia, Spain, – P. 2641-2646.

6. *Cabal H., Lechón Y., Sáez R.* Environmental aspects of integration of decentralized generation into the overall electricity generation system. EUSUSTEL Task Report, 2005.

7. *Directive 2009/28/EC* of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.

8. *Brouwer F., Nowicki P., Woltjer G.* Background note on Biomass production and future rural development in Europe. Materials of FP6 project AGRINERGY, 2007-2008. <http://agrinergergy.ecologic.eu/>

9. *Timmons D., Damery D., Allen G.* Energy from Forest Biomass: Potential Economic Impacts in Massachusetts. University of Massachusetts, 2007.

10. *U.S. Economic Impact of Advanced Biofuels Production: Perspectives to 2010*. Report by Bio Economic Research Associates, 2009.

11. *Dworak Th.* EU Bioenergy Policies and their effects on rural areas and agriculture policies, 2008. Report of FP6 project AGRINERGY, 2007-2008. <http://agrinergergy.ecologic.eu/>

12. *Alliance for Green Heat* http://www.forgreenheat.org/issues/creating_jobs.html

13. *Rutovitz J., Atherton A.* Energy sector jobs to 2030: a global analysis. Institute for Sustainable Futures <http://www.isf.uts.edu.au/publications/workingfortheclimate2009.pdf>

14. *Morris G.* The Value of the Benefits of U.S. Biomass Power. Subcontractor Report. NREL/SR-570-27541, 1999.

15. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Zhovmir M.M., Matveev Yu.B., Drozdova O.I.* Assessment of biomass potential in Ukraine. Part 1. Agricultural residues and woody biomass // *Promyslova teplotekhnika*. – 2010, – V. 32, № 6, – P. 58 65. (Ukr.)

16. *Ilchenko V.Yu., Derkach O.D., Kolbasin V.O.* Investigation of energy intensity of transport operation // *Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian University*. – 2008, № 2. (Ukr.)

Получено 07.11.2012

Received 07.11.2012