

УДК: 620.91:62-611

## Теплова електростанція на деревних відходах. Актуальність її використання

Ю.В.Цюцюра<sup>1</sup>, І.Е.Фуртат<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний Інститут», uluc@ukr.net

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний Інститут», i.e.furtat@gmail.com

*У статті описано актуальний стан паливо-енергетичного комплексу України, зміну вартості природних ресурсів протягом років. Розглянуто проблеми системи теплопостачання (застарілість, неекономічність) та наведено фактори для доцільності використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. У даній статті альтернативним джерелом енергії для теплової електростанції є біомаса, а саме деревні відходи. Описано технологічний цикл ТЕС на деревних відходах, наведено методи утилізації відходів після спалювання палива.*

*Ключові слова: нетрадиційні відновлювані джерела енергії, ТЕС, ТЕЦ, первинна енергія, паливо, вугілля, газ, альтернативна енергетика, біомаса, біоенергетика, деревина, ТЕС на деревних відходах, технологічний цикл, енергія, котлоагрегат, турбіна, конденсат, пар, лісозаготівельний комплекс, утилізація.*

**Вступ.** Україна належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії, а отже змушена вдаватися до їх імпорту. Рівень енергозалежності України є середньоєвропейським і має тенденцію до зменшення (з 60,7% у 2004 році до 54,8% у 2005 році), але він характеризується відсутністю диверсифікації джерел постачання енергоносіїв, насамперед нафти, природного газу та ядерного палива. На території України функціонує 15 ТЕС та 21 ТЕЦ, кожна з яких в певній мірі використовує в якості палива вугілля, газ, мазут [1], тому виникають питання що до пошуку альтернативних джерел енергії.

У структурі споживання первинної енергії в Україні за минулі роки найбільший обсяг припадає на природний газ – 41% (39% у 2005 році), тоді як в країнах світу питома вага споживання газу становить 21%; обсяг споживання нафти в Україні становить 19%, вугілля – 19%, урану – 17%, гідроресурсів та інших відновлювальних джерел – 4% (таблиця 1).

Таблиця 1

Структура споживання первинної енергії в Україні та у світі в цілому

	Світ	Україна	Країни ЄС-15	США
Природний газ	21%	41%	22%	24%
Нафта	35%	19%	41%	38%
Вугілля	23%	19%	16%	23%
Уран	7%	17%	15%	8%
Гідроресурси та інші відновлювальні джерела	14%	4%	6%	7%
Всього	100%	100%	100%	100%

Розглянемо нижче існуючу ситуацію України з традиційним видом палива (вугілля та природний газ) для теплових електростанцій.

- Вугілля.

Основним вугільним басейном є Донецький (Донбас). Тут також розташовані Львівсько-Волинський (кам'яне вугілля) та Придніпровський (буре вугілля) басейни. Прогнозні запаси вугілля в Україні становлять 117,5 млрд т, промислові запаси на діючих шахтах – 6,5 млрд т. З них 3,5 млрд т (54%) – запаси енергетичного вугілля. Запаси вугілля становлять 95,4% від загального обсягу запасів органічного палива в країні. На 01.01.2006 р. на обліку діючих вугледобувних підприємств перебувало 1364 шахтопласти, із яких відпрацьовувалися 345, в т.ч. 91 – викидонебезпечні.

У березні 2014 року фактична собівартість 1 тонни товарної вугільної продукції склала 1619 грн. Порівняно з відповідним періодом 2013 року собівартість збільшилась на 268 грн. (на 19,9%), це пов'язано з тим, що за вісім місяців 2014 року видобуток кам'яного вугілля в Україні скоротився на 14,2 відсотка — до 35,2 млн. тонн. Тенденція до зменшення намітилася ще у квітні-травні, але справжній обвал видобутку стався в червні із загостренням бойових дій (див. рисунок 1) [2].

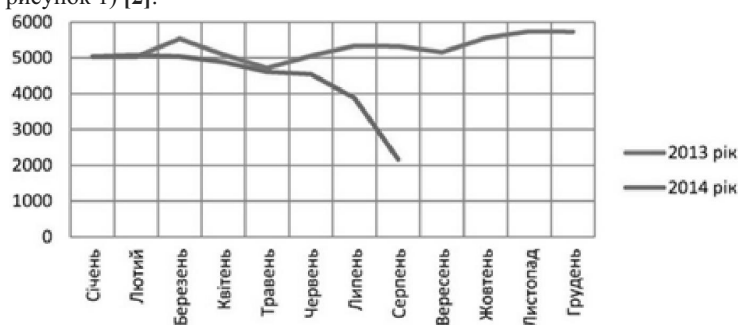


Рис. 1 - Статистика видобутку кам'яного вугілля у 2013-2014р.

Станом на 1 вересня 2014 року лише 24 шахти із 91, що належать до Міненергугілля, працюють у нормальному режимі; ще 49 шахт підтримуються в режимі життєзабезпечення (вентиляція й водовідлив); 6 працюють в обмеженому режимі; 12 шахт взагалі не працюють, підтоплюються; зупинено водовідливні комплекси на 10 підприємствах, які ліквідуються, і ще на одному підприємстві, що перебуває на підготовці до ліквідації.

Напружена ситуація у забезпеченні електроенергетики, комунальної сфери та населення вугіллям належної якості, вугільними та торфобрикетами, скрапленим газом призводить до їх заміщення природним газом, що збільшує енергозалежність України.

Отже ситуація з вугільними шахтами (процесом видобутку вугілля) на території України досить погана, тому необхідно закуповувати вугілля в інших країнах світу, наприклад у Південній Африці (69 доларів за 1тону вугілля).

• Газ.

В Україні Державним балансом враховано близько 290 родовищ природного газу. Більшість родовищ комплексні. З них 79 - газові, 98 - газоконденсатні, 53 - нафтоконденсатні, газонафтові та нафтогазові - 11. Початкові сумарні ресурси природного газу складають близько 6700 млрд м<sup>3</sup>.

Приблизно 30-32,5 мільярда кубометрів газу імпортує Україна з інших країн у 2013 році.

На рисунку 2 показано динаміку росту цін на природний газ та та країни експортери за різні роки.

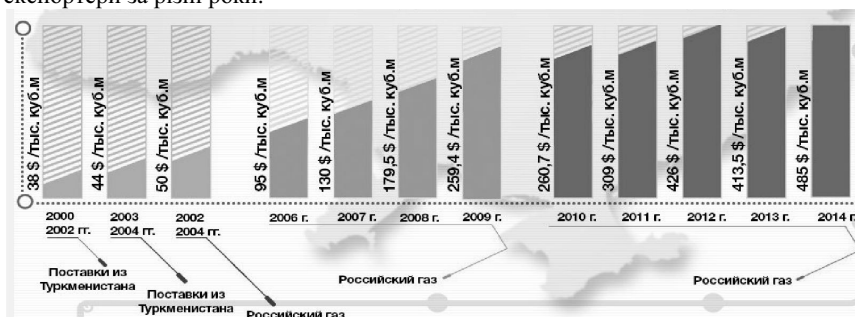


Рис. 2 - Динаміка росту цін на газ в Україні

Відповідно до газових контрактів базова ціна на російський природний газ для України склала 450 дол. США за 1 тис. куб. метрів (середня ж ціна у 2009 році склала 232,98 дол. США за 1 тис. куб. метрів – з урахуванням 20-відсоткової знижки, про яку домовилися сторони)[2].

Отже з урахуванням ціни на газ, та наявності постійних проблем з укладанням договорів з країнами експортерами газу виникає важливе питання щодо пошуку альтернативних видів палива (джерел енергії).

Альтернативна енергетика стає одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом із інформаційними та нанотехнологіями вона стає важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу.

Альтернативна енергетика покликана сприяти вирішенню, передусім, двох важливих проблем – енергоефективності та екологічної безпеки, які є ключовими для України. Процес модернізації регіональної та національної економіки значною мірою може активізувати розвиток альтернативної енергетики, забезпечити дотримання принципів сталого розвитку та високих світових екологічних стандартів господарської діяльності.

До нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) будемо відносити гідроелектростанції (великі, середні та малі), геотермальну, сонячну, фотоелектричну та теплову енергію, енергії припливів, хвиль океану, вітру, тверду біомасу, гази з біомаси, рідкі біопалива та відновлювані муніципальні відходи (ці види енергії за визначенням МЕА – відновлювані джерела енергії), а також теплоенергію „створювану” завдяки тепловим насосам, торф, шахтний метан та вторинні джерела енергії, такі як: скидне тепло, муніципальні промислові відходи, тиск доменного газу та природного газу під час його транспортування.

В Україні також існує значний потенціал використання НВДЕ. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсу використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів шкідливих викидів. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

Таким чином, Україна має нагальну потребу в переході на енергетично ефективні та екологічно чисті технології, якими є, в тому числі, і НВДЕ. Але, незважаючи на декларацію щодо усвідомлення цієї потреби з боку різних гілок влади, та низку нормативно-законодавчих актів, які стосуються розвитку НВДЕ, реальних кроків щодо впровадження НВДЕ зроблено досить мало. Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить лише 7,2 % (6,4 % – позабалансові джерела енергії; 0,8 % – відновлювані джерела).

Змінити ситуацію можна шляхом проведення відповідної енергетичної політики, вдосконалення нормативно-правової бази та залучення інвестицій у розвиток НВДЕ. Звісно, що цей процес не є швидким, але задля забезпечення майбутнього економічного процвітання України, її гідного місця у Європейській спільноті потрібно вже сьогодні активізувати вирішення цієї актуальної проблеми.

Біомаса відіграє домінуючу роль серед інших видів НВДЕ, формуючи біля 46 % ринку відновлюваних джерел енергії. Вона може забезпечувати виробництво тепла, електроенергії та різних видів газоподібного (біогаз), рідкого (біостанол, біодизель) та твердого палива. Технології переробки біомаси дозволяють також вирішувати проблему утилізації шкідливих побутових та промислових відходів, одержувати як побічні продукти високоякісні добрива,

будівельні та інші корисні матеріали, так за рахунок біогазу вже сьогодні в країнах ЄС отримується щороку понад 10 млн. МВт-год електричної та близько 10 млн. Гкал теплової енергії. Лідерами з використання біогазових технологій є такі країни як: Німеччина, Велика Британія, США, Канада, Бразилія, Данія, Китай, Індія та інші.

Біопаливо або біологічне паливо – органічні матеріали, такі як деревина, відходи та спирти, що використовуються для виробництва енергії. Офіційне визначення біопалива – будь-яке паливо мінімум з 80 % вмістом (за об'ємом) матеріалів, отриманих від живих організмів, зібраних в межах десяти років перед виробництвом [4].

Біомаса, на відміну від інших відновлюваних джерел енергії, є універсальним джерелом енергії, яке може використовуватися як для виробництва електричної та теплової енергії, так і для отримання біопалива на транспортні потреби. На сьогодні, скорочення використання природного газу – одна з найактуальніших тем для економіки України, тому пошук альтернативних джерел енергії та впровадження енергозберігаючі технології є актуальною задачею. Використання відновлюваних джерел енергії, в першу чергу, біомаси, є актуальним для України, оскільки дозволяє зменшити її залежність від імпортованих енергоносіїв та підвищити енергетичну безпеку. Біомаса є недорогим та легкодоступним місцевим паливом, яке можна ефективно залучити до виробництва теплової та електричної енергії. Вартість біомаси як палива у порівнянні з одиницею енергії (ГДж) суттєво менше вартості природного газу.

Енергія біомаси складає 60% відновлювальних джерел енергії. Згідно статистичних даних загальні річні обсяги відходів біомаси в Україні на сьогодні оцінюються в 120 млн. т, що еквівалентно 22 млн. т у.п.. Технічно доступні для використання в енергетиці ресурси біомаси оцінюються в 14 млн. т у.п. на рік.

Оцінка потенціальних об'ємів біомаси України з погляду можливого її використання з енергетичною метою – проблема вирішення не тільки економічної стабільності держави сьогодні, а й пошуку альтернативних джерел енергії на далеку перспективу.

Екологічна стабілізація навколишнього природного середовища та енергетичне забезпечення життєдіяльності людини – дві різновекторні проблеми, що непокоять широку світову спільноту протягом останніх п'ятдесяти років. Аналіз ситуації в Україні показує наступні гострі проблеми: залежність від імпорту нафти та газу, вартість якого прогнозується у розмірі до 600 доларів за 1000м<sup>3</sup> у найближчому майбутньому та проблема наслідків використання традиційних видів палива для навколишнього середовища і людини. Саме тому головною проблемою теперішнього стану теплової енергетики є забезпечення розвитку енергетичних потужностей України на основі місцевих сировинних ресурсів.

В Україні частка відновлюваних джерел енергії у власному енергопостачанні є незначною, але Енергетична стратегія до 2030 р. прогнозує, що вона зростатиме. Найбільш поширене використання джерел відновлюваної енергії в гідроенергетиці та в опалювальних котельнях, що працюють на біомасі. В Україні розроблено технології відновлюваної енергії, але їхня якість та

надійність потребують удосконалення. Основними проблемами, що перешкоджають збільшенню використання відновлюваних джерел енергії є цінова конкурентоспроможність і фінансування технологій та проектів. Існуючі субсидії для традиційних джерел енергії та інші викривлення ринкових механізмів збільшують ці проблеми. В Україні запроваджено низку стимулів для розширення виробництва та використання відновлюваних джерел енергії, але більша їх частина ще має бути впроваджена. Необхідна ефективніша політика та дієвіші законодавчі акти, які б заохочували використання відновлюваних джерел енергії та забезпечували отримання в повному обсязі екологічних, економічних і соціальних вигод.

Біоенергія є, напевно, найбільш перспективним відновлюваним джерелом енергії в Україні. У 2001 р. використання деревини, відходів деревообробки та відходів сільського господарства (солома, стебла і початки кукурудзи, стебла та шкаралупа соняшника) для виробництва енергії становило еквівалент 8,1 ТВт·год/рік (Гелетуха та ін., 2005). Більша частина існуючих установок для біомаси призначені для виробництва теплоенергії. Розглядаються додаткові проекти для біогазової енергогенерації, а також для спалювання соломи та деревини для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (когенерації). Виробництво теплоенергії, скоріше за все, залишиться ключовим для використання біомаси. Україна має різні джерела біомаси, в тому числі відходи сільського господарства, цільове виробництво енергетичних сільськогосподарських культур (табл. 1.4).

Найбільшим потенціалом біоенергетичних ресурсів володіють Житомирська, Рівненська, Чернігівська, Львівська, Київська та Полтавська області. З них саме Полтавський регіон займає провідне місце серед інших регіонів України у можливостях використання біомас як альтернативного джерела палива та енергії.

#### **Технологічна схема теплової електростанції**

Сучасна ТЕС – це складне підприємство, яке включає в себе велику кількість різного устаткування (теплосилового, електричного, електронного тощо) і будівельних конструкцій. Основним устаткуванням ТЕС є котельня і теплосилова установка. За типом теплосилової установки (теплового двигуна) теплові електричні станції бувають: паротурбінні (основний вид електростанцій), газотурбінні і парогазові ТЕС, а також електростанції з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ)[3].

Найпоширеніші в енергетиці паротурбінні електростанції поділяють за рівнем теплової потужності агрегатів: малої потужності (з агрегатами до 25 МВт), середньої потужності (з агрегатами до 50...100 МВт), великої потужності (з агрегатами більше 100 МВт); а також за початковими параметрами водяної пари: низького (до 3 МПа), середнього (3...5 МПа), високого (9...17 МПа) і надкритичного тиску (більше 24 МПа).

Послідовність одержання і використання водяної пари і перетворення одних видів енергії на інші можна простежити на прикладі технологічної схеми ТЕС, яка працює на твердому паливі (рисунок 3).

Паливо (вугілля), яке надходить на ТЕС, вивантажують з вагонів 14 розвантажувальними пристроями 15 і подають крізь дробильне приміщення 12

конвеєрами 16 в бункер сирого палива або до складу 13 резервного палива. Вугілля розмелюють у млинах 22. Вугільний пил через сепаратор 7 і циклон 8 з пилових бункерів 6 разом з гарячим повітрям, що подають вентилятором 20, надходить у топку 21 котла 9. Високотемпературні продукти згорання, які утворюються в топці, рухаючись по газоходах, нагрівають воду в теплообмінниках 10 (поверхні нагріву) котла до стану перегрітої пари. Пара, розширюючись на ступенях турбіни 2, обертає ротор турбіни і з'єднаний з ним ротор електричного генератора 1, у якому збуджується електричний струм. Вироблена електроенергія за допомогою підвищувальних трансформаторів 30 перетворюється на струм високої напруги і передається споживачам. У турбіні пара розширюється і охолоджується. Після турбіни пар надходить до конденсатора 28, у якому підтримують вакуум. Воду в конденсатор подають з природного або штучного джерела 24 циркуляційними насосами 25, розміщеними в насосній станції 23. Отриманий конденсат насосами 32 перекачують через установку знесолювання і підігрівники низького тиску (ПНТ) 31 в деаератор 4. Тут при температурі, близькій до температури насичення, видаляються розчинені у воді гази, що спричинюють корозію обладнання, і вода підігрівається до температури насичення. Втрати конденсату (витікання через неякісні ущільнення в трубопроводах станції або в лініях споживачів) поновлюють за рахунок хімічно очищеної в спеціальних установках 29 води, що додають у деаератор.

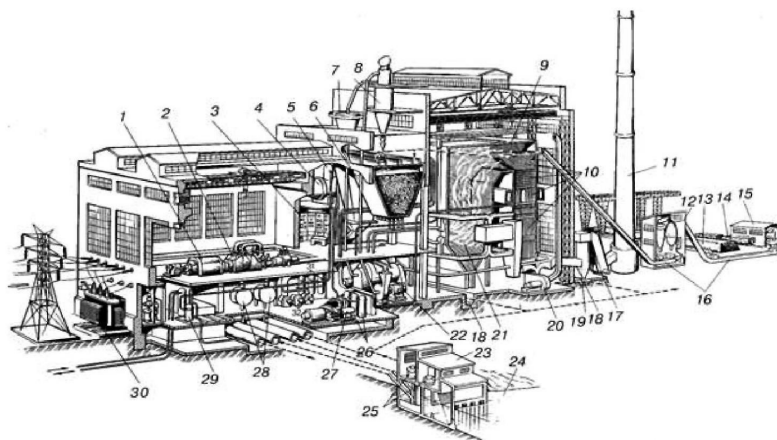


Рис. 3 – Теплова електрична станція:

- 1 – електричний генератор; 2 – парова турбіна; 3 – пульт керування; 4 і 5 – деаератори;
- 6 – пиловий бункер; 7 – сепаратор; 8 – циклон; 9 – котел; 10 – поверхні нагрівання (теплообмінники); 11 – димова труба; 12 – дробильне приміщення; 13 – склад резервного палива;
- 14 – вагон; 15 – розвантажувальний пристрій; 16 – конвеєр; 17 – димосос; 18 – канал;
- 19 – золоуловлювач; 20 – вентилятор; 21 – топка; 22 – млин; 23 – насосна станція;
- 24 – джерело води; 25 – циркуляційний насос; 26 – регенеративний підігрівник високого тиску;
- 27 – живильний насос; 28 – конденсатор; 29 – установка хімічної очистки води;
- 30 – підвищувальний трансформатор; 31 – регенеративний підігрівник низького тиску;
- 32 – конденсатний насос

Дегазовану і підігріту воду (живильну воду) подають живильними насосами 27 в регенеративні підігрівники високого тиску (ПВТ) 26, а потім у котел. Цикл перетворення робочого тіла повторюється. Під робочим тілом розуміють пару і воду, яку одержують спеціальною обробкою. Охолоджені в теплообмінниках 10 продукти згорання очищують від золи в золовловлювачах 19 і димососом 17 через димову трубу 11 викидають в атмосферу. Уловлену золу і шлак по каналах 18 гідрозоловиведення направляють на золовідвал. Роботу ТЕС контролюють з пульта керування 3. Підвищення потужності і параметрів (тиску, температури) робочого тіла можливе завдяки застосуванню проміжної перегрітої пари[4].

Зменшити енергетичну залежність країни може використання ТЕС на деревних відходах, це дозволить зменшити частину використання природного газу та вугілля. Дані ТЕС доцільно розташовувати в районах, де добре розвинені лісозаготівельні комплекси та деревообробні підприємства, оскільки дана ТЕС використовується не лише для вироблення електроенергії та певної кількості теплоти для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, а й для утилізації відходів вище згаданих комплексів.

Принцип роботи та компоновка обладнання такі ж самі як і на ТЕС з традиційними видами палива.

В якості палива для спалювання в ТЕС передбачається використання залишків деревини лісозаготівельного комплексу та господарств району, де вона збудована.

Електроенергія на ТЕС буде вироблятися за рахунок переходу теплової енергії пари від котлоагрегатів в механічну в турбіні, а далі в електричну в генераторі. В якості палива для котлоагрегатів передбачається використовувати залишків деревини лісозаготівельного комплексу та господарств цього регіону. На ТЕС передбачено складування деревини в штабелях (2 – 3 місячний запас) та накрита площадка для заготівлі і тимчасового зберігання тріски (запас, приблизно, 4 доби).

Передбачається устаткування для подрібнення деревини. В паровий котел сировина поступає через рухоме дно та похилений під кутом конвеєр (транспортер). Після котла отримуємо перегріту пару, яка йде на турбоагрегати для виробництва електроенергії. Димові гази, після очистки викидаються через димову трубу в атмосферу. Зола після очистки в мультициклонах у вологому стані поступає на спецтранспорт і вивозяться споживачам у якості добрива. Перегріта пара у турбоагрегатах віддає свою теплову та кінетичну енергію на виробництво електричної енергії. Відпрацьована пара поступає у конденсатори, далі у вигляді конденсату повертається через деаератор у котел[5].

Відведення стічних вод від водопідготовки передбачається на очисні споруди ТЕС.

Для компенсації втрат пари та конденсату у тепловій схемі станції, використовується вода з водопостачальної системи підприємства, яка подається на хімічну підготовку води, де готується до нормативної якості живильної води для котлів. Потім хімічно очищена вода подається на деаератор атмосферного типу де змішується з конденсатами турбіни, дегазується і живильними насосами подається у котел.



Отримані при спалюванні деревини відходи не є небезпечними для навколишнього середовища. Певну частину відходів можна використовувати для виготовлення будівельних матеріалів, іншу використовувати як мінеральне добриво в сільськогосподарській сфері, та для вирощування плантацій енергетичних лісів.

**Висновки.** Широкомасштабне впровадження НВДЕ в Україні дозволить зробити суттєвий крок у зменшенні енергетичної залежності країни, рівня забруднення навколишнього середовища та створенні умов для входження країни до європейської спільноти. Для зміни ситуації з впровадженням НВДЕ як перспективного напрямку енергозабезпечення України в масштабах, які зможуть забезпечити до 2020 року 20% виробництва енергії за рахунок НВДЕ, необхідно забезпечити достатнє фінансування та підтримку науково-технологічних розробок у сфері НВДЕ та створити умови для їх швидкого впровадження.

Біоенергетика, яка в даний час розвивається найбільш інтенсивно потребує оптимізації свого розвитку з врахуванням як потреб паливного, так і продовольчого сектору економіки, а також державного регулювання експорту біопаливної сировини.

Будівництво та експлуатація ТЕС на деревних відходах є досить ефективним рішенням у питанні що до зниження енергетичної залежності країни від традиційних джерел енергії. Це є одним з альтернативних та відновлюваних джерел енергії. Цикл вироблення електроенергії та тепла на даній ТЕС є замкненим та екологічним, оскільки в якості палива використовують відходи від лісозаготівельного комплексу, а самі відходи від ТЕС використовуються для виготовлення будівельних матеріалів та в якості добрива для землі.

#### **Література:**

1. *Рыжкин В.Я.* Тепловые электрические станции.–М.: Энергия, 1976.–448 с.
2. *Горциков А.С.* Техніко-економічні показники теплових електричних станцій. – М.: Энергія, 1974. – 240 с.
3. *Малярєнко В.А., Товажнянський Н.Л., Анишко О.Б.* Основы энерготехнологии промышленности: Учебник. –Харьков: НТУ «ХПИ», 2002.–436 с.
4. *Гирифельд В.Я., Морозов Г.Н.* Тепловые электрические станции. – М.: Энергия, 1973. – 239 с.
5. *Соловьёв Ю.П.* Проектирование теплоснабжающих установок для промпредприятий. – М.: Энергия, 1979. – 314 с.

#### **Тепловая электростанция на древесных отходах. Актуальность ее использования**

Ю.В.Цюцюра, И.Э.Фуртат

*В статье описано актуальное состояние топливно-энергетического комплекса Украины, изменение стоимости природных ресурсов в течение нескольких лет. Рассмотрены проблемы системы теплоснабжения (устарелость, неэкономичность) и приведены факторы для целесообразности использования нетрадиционных возобновляемых*

**Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип. 18, 2015**

*источников энергии. В данной статье альтернативным источником энергии для тепловой электростанции является биомасса, а именно древесные отходы. Описаны технологический цикл ТЭС на древесных отходах, приведены методы утилизации отходов после сжигания топлива.*

*Ключевые слова: нетрадиционные возобновляемые источники энергии, ТЭС, ТЭЦ, первичная энергия, уголь, газ, альтернативная энергетика, биомасса, биоэнергетика, древесина, ТЭС наддревесных отходах, технологический цикл, энергия, котлоагрегат, турбина, конденсат, пар, лесозаготовительный комплект, утилизация.*

**Thermal power plant on wood waste. The relevance of its use.**

J.Tsyutsyura, I.Furtat

*The article describes the current state of the fuel and energy complex of Ukraine, changes in the cost of natural resources over the years. The problems of the district heating system (obsolescence, inefficiency) and are factors for the feasibility of using non-conventional renewable energy sources. In this paper, an alternative source of energy for thermal power plants is biomass, such as wood waste. We describe the work cycle thermal power plants on wood waste, waste disposal methods are after combustion.*

*Keywords: unconventional renewable energy, primary energy, fuel, coal, gas, alternative energy, biomass, bioenergy, wood, wood waste, technological cycle, energy, turbine condensate, steam, forestry complex, recycling,*

Надійшла до редакції 11.04.2015 р.