

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Альтернативні джерела енергії»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

За темою № 3 – Біоенергетика

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, протокол від 28.08.2023 № 1

***Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., професор, спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.*

Рецензенти:

- 1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.*
- 2. Викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Волканін Є.Є.*

План лекції:

1. Біоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.
2. Застосування біомаси.
3. Одержання біогазу.
4. Газифікація біомаси.
5. Способи використання та перетворення ВЕР.
6. Екологічні наслідки розвитку біоенергетики.

Література:

Основна:

1. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії. Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2015. – 270с.
2. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Підручник. – К. : “Політехніка”, 2003. – 228 с.
3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П. та інш. – НАН України, державний комітет України з енергозбереження. – К. : 2001. – 41 с.

Допоміжна:

4. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). – Київ, 2011. – 42 с.
5. Агроекологічний атлас Полтавщини / В.М. Писаренко, Ю.С. Голік, П.В. Писаренко [та ін.]. – Полтава: Оріяна, 2009. – 70 с.

Інформаційні ресурси:

6. Нормативні акти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.nau.kiev.ua.

1. Біоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення

Біоенергетика – галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси.

До біомаси відносять усю рослинну і вироблену тваринами субстанцію. При використанні біомаси в енергетичних цілях для виробництва тепла, електроенергії і палива, розрізняють енергетичні рослини і органічні відходи.

Енергетичними рослинами вважаються:

- швидко зростаючі сорти дерев і спеціальні однорічні рослини з високим вмістом сухої маси, що використовується як тверде паливо;
- цукро- та крохмалевмісні польові культури для переробки в етанол, а також маслянисті культури для виробництва біопалива, яке застосовується як рідке паливо;
- польові культури, придатні для силірування і використовуються у виробництві біогазу.

До органічних відходів відносяться відходи, що виникають в сільському, лісовому, домашньому господарстві і промисловості: відходи деревообробки, солома, трава, листя, гній, органічні відходи домашнього господарства і т. д.

До біогенного твердого палива відносяться усі не викопні види палива органічного походження, які до моменту їх використання знаходяться в твердому стані, як наприклад: деревина усіх видів і у будь-якій формі, солома, макуха, зерно, кукурудза, злаки, цукровий буряк, рапс, рослинні олії, біологічні відходи, екскременти, водорості.

Виробництво електроенергії і тепла з твердої біомаси на сьогодні здійснюється, в основному, шляхом спалювання в твердопаливних котлах, з отриманням пари високого тиску (рис. 1). Цей процес здійснюється за допомогою біомасових енергетичних установок. Розрізняють відповідно:

- біомасові котельні – установки що виробляють тільки теплову енергію;
- біомасові теплоелектроцентралі (Біо-ТЕЦ) – виробляють разом з тепловою ще і електричну енергію.

Щорічно приріст біомаси у світі оцінюється в 200 млрд. т (в перерахунку на суху речовину), що енергетично еквівалентно 80 млрд. т нафти. Одним із джерел біомаси є ліси. При переробці робочої деревини 3...4 млрд. т складають відходи, енергетичний еквівалент яких становить 1,1...1,2 млрд. т нафти. Світова потреба в енергії (11 млрд. т у.п.) становить тільки 12% енергії щорічного світового приросту біомаси. Частка і кількість біомаси, використовуваної для одержання енергії, постійно знижується, що можна пояснити порівняно низькою теплотою згоряння біомаси, унаслідок високого вмісту в ній води .



Рисунок 1 – Застосування вторинних енергоресурсів

Під вторинними енергетичними ресурсами (ВЕР) слід розуміти енергію і паливо різних видів і параметрів, що отримуються як відхід або побічний продукт технологічного процесу.

ВЕР сільськогосподарського виробництва ділять на три основні групи:

1) горючі матеріали, що отримуються в результаті технологічних процесів. Це в основному залишки продуктів рослинництва і тваринництва, зношені дерев'яні конструкції, горючі побутові відходи;

2) теплові викиди, фізична теплота газів котельних, що виходять в атмосферу, теплота сільськогосподарської продукції, теплота продуктів харчування тварин і людей, тепло системи кондиціонування, вентиляції і т. п., теплота, що відходить через поверхні споруд і стінки судин;

3) високий наднормальний тиск, наприклад тиск пари в котлах, тиск води в системі магістраль водопостачання, тиск повітря створений вентиляторами в даному об'ємі простору і т. п.

ВЕР першої групи або переробляють в необхідний вигляд палива (рідкий, газоподібний, твердий), або просто спалюють для виробництва теплової енергії. Переробку ВЕР в різні види палива здійснюють на основі як біотехнології, так і хімічних перетворень. Основні відходи рослинництва – солома, відходи бавовни і інші рослинні залишки. З них можна отримувати синтетичні спирти і різні горючі гази, що є ефективними видами палива для

двигунів внутрішнього згорання. Основні відходи тваринництва – гній, що переробляється в органічне добриво. Супутній продукт – метан.

2. Застосування біомаси

Біомаса являє собою найдавніше джерело енергії, однак її використання донедавна зводилося до прямого спалювання або у відкритих вогнищах, або в печах і топках, але також з досить низьким ККД. Останнім часом увага до ефективного енергетичного використання біомаси істотно підвищилася, причому на користь цього з'явилися й нові аргументи:

- використання рослинної біомаси за умови її безперервного відновлення (наприклад, нові лісові посадки після вирубки лісу) не приводить до збільшення концентрації CO₂ в атмосфері;
- у промислово розвинених країнах в останні роки з'явилися надлишки оброблюваної землі, що доцільно використовувати під енергетичні плантації;
- енергетичне використання відходів (сільськогосподарських, промислових і побутових) вирішує також екологічні проблеми;
- новітні технології дозволяють використовувати біомасу значно більш ефективно.

Біомаса по своєму складу може бути вуглецемісткою (рослинний матеріал, деревна тріска, тирса, морські водорослі, зерно, папір, пакувальна тара) або цукромісткою (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго).

3. Одержання біогазу

Біогаз є продуктом розпаду речовин під дією бактерій, що утворюється внаслідок розкладання ними органічного субстрату.

Перший великомасштабний завод з виробництва біогазу був побудований в 1911 році в англійському місті Бірмінгем й використовувався для знезаражування осаду стічних вод цього міста. Вироблюваний біогаз використовувався для виробництва електроенергії. Таким чином, англійські вчені є піонерами практичного застосування нової технології. Уже до 1920 року вони розробили кілька типів установок для переробки стічних вод.

Біогазова установка, як правило, являє собою герметично закриту ємність, у якій при певній температурі відбувається зброджування органічної маси відходів, стічних вод і т.п. з утворенням біогазу.

Принцип роботи всіх біогазових установок однаковий: після збору й підготовки сировини, що полягає в доведенні його до потрібної вологості в спеціальній ємності, воно подається в реактор, де створюються умови для оптимізації процесу переробки сировини.

Сам процес одержання біогазу й біодобрив із сировини називають ферментацією, або зброджуванням. Зброджування сировини відбувається за рахунок життєдіяльності особливих бактерій. Під час зброджування на поверхні сировини з'являється плівка, яку потрібно руйнувати, перемішуючи сировину. Перемішування здійснюється вручну або за допомогою спеціальних пристроїв усередині реактора й сприяє вивільненню біогазу, що утворився, із сировини.

Отриманий біогаз після очищення збирається й зберігається до часу використання в газгольдері. Від газгольдера до місця використання в побутових або інших приладах біогаз проводять по газових трубах.

Перероблена в реакторі біогазової установки сировина, що перетворилася в біодобрива, вивантажується через вивантажувальний отвір і вноситься в ґрунт або використовується як кормова добавка для тварин.

Існує багато різних конструкцій біогазових установок. Їх розрізняють за методом завантаження сировини, зовнішнім виглядом, за складовими частинами конструкції й матеріалів, з яких вони споруджуються.

За методом завантаження сировини виділяють установки порціонного й безперервного завантаження, які відрізняються часом зброджування й регулярністю завантаження сировини. Найбільш ефективними з погляду вироблення біогазу й одержання біодобрив є установки безперервного завантаження.

Біогаз утворюється за допомогою бактерій у процесі розпадання органічного матеріалу при анаеробних (без доступу повітря) умовах і являє собою суміш метану й інших газів.

Використання в господарствах біоенергетичних установок дозволить одночасно вирішити п'ять найважливіших проблем:

- екологічну (повна утилізація гною),
- енергетичну (одержання й утилізація біогазу),
- агрохімічну (одержання добрив),
- соціальну (поліпшення умов праці і створення нових робочих місць),
- економічну (зниження платежів і одержання прибутку від реалізації добрив).

4. Газифікація біомаси

Газифікація біомаси є одним з найбільш дешевих і екологічно безпечних способів отримання електричної і теплової енергії. Існує два прямих способу отримання газу з біомаси – мікробіологічний і термічний (піролітичний). Деревина містить мало води, тому для неї і більшості

відходів, що містять целюлозу та лігнін, найбільш простим і ефективним способом газифікації є термічна (піролітична).

Газифікація – це термохімічний процес, при якому багата вуглецем сировина, така як біомаса і різні види вугілля перетворюються на горючий газ. Утворюване в результаті газоподібне з'єднання називається генераторний або синтез-газ.

Відомо, що при згоранні оригінального палива виділяються різні компоненти, при газифікації виділяються тільки горючий газ і інертні гази. Це означає, що вихлопні гази процесу газифікації біомаси складаються тільки з тих же елементів, які будуть одержані, якщо спалювати природне паливо. Проведена в належних умовах газифікація є ефективним процесом вироблення енергії, який може принести подвійну вигоду, при використанні теплової і електричної систем в режимі когенерації.

Залежно від характеру контакту частинок біомаси з газовою фазою методи газифікації можуть бути класифіковані на систему з нерухомим шаром (одна або декілька ступенів), систему з псевдозрідженим шаром і інші системи (наприклад, система з проштовхуванням сировини або з рідким теплоносієм).

Вибір найбільш відповідного методу газифікації часто визначається типом і умовами підведення сировини, вимогами до змісту вологи і зольних елементів (наприклад, високий або низький вміст кремнію, високий або низький вміст лужних металів).

5. Способи використання та перетворення ВЕР.

На рисунку 2 представлена схема комплексного використання горючих ВЕР на прикладі підприємств суднобудівної галузі.

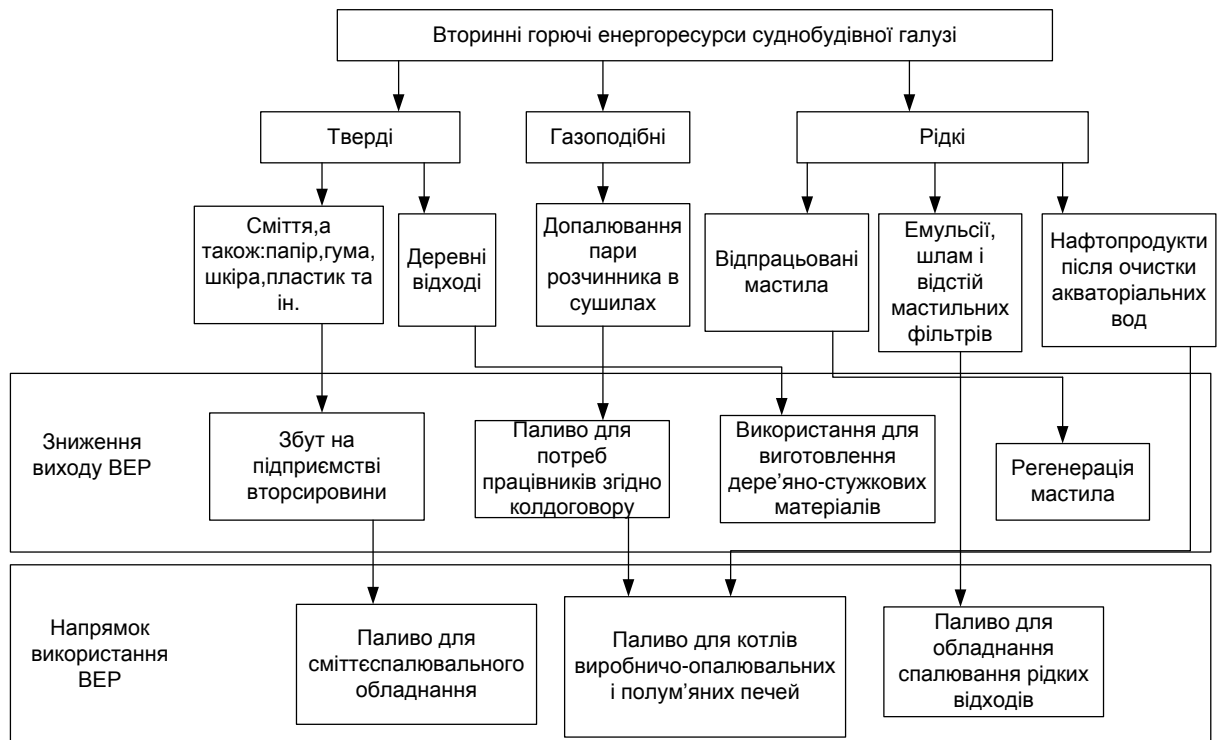


Рисунок 2 – Схема комплексного використання горючих ВЕР на підприємствах суднобудівної галузі

ВЕР першої групи можна спалювати в побутових печах і в спеціальних утилізаційних котельнях.

ВЕР другої групи досягають значної величини. В даний час КПД палива в більшості низькотемпературних процесів складає 15...25 %. Решта теплоти нагрівальних пристроїв, а також теплота, що виділяється тваринами, йде з вентиляцією в атмосферу. В цілому по сільському господарству це складає близько 20млрд. кВт·год на рік. Утилізувавши хоч би частину вказаних відходів, можна заощадити значну кількість палива. Для використання ВЕР цієї групи промисловістю створені утилізатори теплоти: рекуператори, регенератори і теплові насоси.

Рекуператор – це теплообмінник, в якому теплота речовини, що видаляється, передається такою, що поступає через роздільну теплопровідну стінку. Їх конструкції бувають прямої дії і з проміжним теплоносієм.

У сільському господарстві застосовують велику кількість невеликих котельних і нагрівальних печей, фізичну теплоту газів яких, що відходять, також можна утилізувати. Температура димових газів, що викидаються в атмосферу, досягає 100...300°C. Теплоту цих газів можна використовувати двома способами: нагрівати повітря, воду і паливо, що поступають в топку і котли; нагрівати теплоносії, використовувані зовні котельною, наприклад в

теплиці, парнику і т. п. Обидва способи вже застосовують в масовому масштабі.

Промисловість серійно випускає багато типів теплообмінників прямої дії, наприклад, секційні ТСК-3.

Принцип роботи рекуператорів з проміжним теплоносієм розглянутий на прикладі теплової труби. Теплова труба призначена для передачі теплоти з одного (з високою температурою) середовища в інше, яке потрібно підігрівати.

Теплова труба – це герметичний конвеєр, в якому міститься рідина, що легко випаровується. Якщо теплота подається до одного кінця труби, то рідина в цьому кінці випаровується, пара поступає до холодніших зон труби, де конденсується, а прихована теплота конденсації поглинається споживачем вторинних енергоресурсів.

Робота теплової труби залежить від її нахилу, розміру отворів внутрішніх перегородок, поверхневого натягу і теплоємності паротворення робочої рідини. Це не завжди вдається забезпечити відповідно заданим умовам. Тому замість теплової труби можна застосовувати проміжний теплоносій, що не випаровується.

Рекуператори з проміжним теплоносієм доцільно застосовувати у тому випадку, коли не можна використовувати пластинчасті теплообмінники, наприклад, в системах утилізації теплоти пропарювальних кормів (відбір теплоти після пропарювання).

Регенератори – це теплообмінники, що мають спеціальні пристосування (наприклад, тепломісткі насадки), які спочатку потрапляють в середовище, де потрібно відібрати теплоту, акумулюють її, а потім переміщаються в інше середовище, якому віддають цю теплоту. До теплообмінника підведено дві труби, по одній з яких рухається відпрацьований газ, а по іншій – газ, який необхідно нагрівати. У міру обертання регенератора теплота, що абсорбується з потоку гарячого газу, що проходить через нього, передається потоку холодного. Регенератори, що обертаються, можна застосовувати, наприклад, в умовах жаркого клімату для попереднього охолодження повітря, використовуваного в системах кондиціонування будівель. Вони також ефективно працюють в тих випадках, коли різниця температур між потоками гарячого і холодного повітря незначна. У багатьох випадках теплота, що скидається ($T = 25...30^{\circ}\text{C}$) з теплових насосів може ефективно утилізувати. Тепловий насос – це установка, в якій температура наявного теплоносія підвищується до необхідного рівня за рахунок витрат механічної, сонячної або якої-небудь

іншої енергії. Простим тепловим насосом є компресор. Працює насос наступним чином. У випарник поступає відпрацьований потік з низькою температурою, і при випаровуванні циркулюючого робочого тіла теплота поступає в систему теплового насоса. Пара, що потім утворилася, проходить через компресор, в якому тиск і температура його підвищуються, і далі поступає в конденсатор, де віддає теплоту, отриману у випарнику, і теплоту стиснення, отриману в компресорі. Пара конденсується, нагрітий конденсат проходить через дросель. І його температура знижується.

При використанні сонячної енергії (наприклад, для цілей кондиціонування повітря) вигідні теплові насоси адсорбції (адсорбція – поглинання речовин рідиною з суміші газів), які не вимагають підведення механічної енергії. Використовується тільки теплота, підведена до випарника, де кипить хладагент при низькому тиску.

Холодоагент, що випарувався, поглинається рідиною при низькому тиску, яку насосом перекачують в область високого тиску, де хладагент виділяється з рідини, віддаючи теплоту при вищій температурі. Застосування теплонасосних установок для отримання теплоти з низькопотенціальних теплових відходів дозволяє досягти 20...30%-вої економії палива в порівнянні з використанням котельних. Тому теплові насоси починають набувати поширення як індивідуальні прилади опалювання, особливо в південних районах країни, де в літній час їх використовують для кондиціонування повітря.

ВЕР третьої групи включають надмірний тиск. Ці енергоресурси можна переробляти, використовуючи механічні або електромеханічні установки. Надмірний тиск гідросистем (артезіанські свердловини, водопровідні і каналізаційні мережі) освоюють шляхом установки гідротурбін, що приводять в дію, наприклад, електричні генератори, верстати, транспортери, лінії транспортування виробів і інші машини. Надмірний тиск газів можна освоїти, застосовуючи, наприклад, газові турбіни. Потрібно мати на увазі, що надмірний тиск, що створюється неправильно вибраними установками, не розглядається як вторинні енергоресурси. Цей надмірний тиск слід усувати, замінюючи насосні, компресорні або вентиляційні установки на інші, параметри яких відповідають розрахунковим.

6. Екологічні наслідки розвитку біоенергетики

Біоенергетичні станції в порівнянні з традиційними електростанціями та іншими НВДЕ є найбільш екологічно безпечні. Вони сприяють позбавленню навколишнього середовища від забруднення можливими

відходами. Широкий розвиток біоенергетики є ефективний шлях в екологічному відношенні. Але несприятливі фактори впливу на оточуючі об'єкти природного середовища, при енергетичному використанні біомаси, мають місце. Пряме спалювання деревини дає велику кількість твердих частинок, органічних компонентів, окису вуглецю та інших газів. За концентрації деяких видів забруднювань вони можуть перевершувати викиди продуктів згоряння нафти та її похідних. Другим екологічним наслідком спалювання деревини є значні теплові втрати.

У порівнянні з деревиною, біогаз – більш чисте паливо, що не виробляє шкідливі гази і частинки. Разом з тим, необхідні заходи безпеки при виробництві та споживанні біогазу, оскільки метан вибухонебезпечний. Тому при його зберіганні, транспортуванні та використанні слід здійснювати регулярний контроль для виявлення, запобігання і ліквідації витоків біогазу.

При ферментаційних процесах з переробки біомаси з етанолу утворюється велика кількість побічних продуктів (промивні води і залишки перегонки), що є серйозним джерелом забруднення середовища, оскільки їх вага може в кілька разів (до 10) перевищувати вагу етилового спирту.

Несприятливий вплив біоенергетики на екологію:

- викиди твердих частинок, канцерогенних і токсичних речовин, окису вуглецю, біогазу, біоспирту;
- викид тепла, зміна теплового балансу;
- збіднення ґрунтової органіки, виснаження та ерозія ґрунтів;
- вибухонебезпечність;
- велика кількість відходів у вигляді побічних продуктів (промивні води, залишки перегонки).

$m_0=3\text{кг/добу}$, при виході біогазу $v=0,25\text{м}^3/\text{кг}$, із вмістом метану CH_4 75%, з калорійністю $Q_{\text{н}}^p$ метану за нормальних умов рівною $Q_{\text{н}}^p=28\text{МДж/м}^3=56\text{кДж/кг}$, якщо ККД пальника $\eta=0,92$.

Висновок

Україна має достатній потенціал для розвитку біоенергетики.

Територія України, при наявності деяких сприятливих умов для використання біоенергетики, та маючи свої особливості використання, є придатною для використання біоенергетики для одержання електричної та теплової енергії.