

Енергозбереження і альтернативна енергетика Energy saving and alternative energy



УДК 662.638/818:674.08

Імітаційне моделювання переробки сировини та утилізації деревних відходів в тверде біопаливо гнучкими технологіями

О.В. Дьяконов¹, О.С. Полянський¹, В.І. Д'яконов²¹Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (Харків, Україна)²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Харків, Україна)

Обґрунтовано структуру моделювання процесів взаємодії ліній виробництва брикетів, дров, газу та деревного вугілля в залежності від розмірно-якісних характеристик зламаних гілок утворених під час рясних снігопадів с дощем. Така структура пропонується для головних технологічних потоків при переробці сировини та утилізації деревних відходів в тверде біопаливо гнучкими технологіями.

Методологічною основою роботи є системний підхід до вивчення і опису процесу функціонування гнучкого виробничого модуля в гнучкій виробничій системі переробки деревної сировини.

Встановлено що структура моделювання процесів взаємодії ліній виробництва твердого біопалива, як правило, є складною і розгалуженою. Крім того, реальні потоки біоматеріалів таких ліній не є найпростішими, що обумовлює необхідність враховувати стахостичність надходження сировини на лініях та стахостичність його обробки в цілому. Тому дослідження гнучких технологічних процесів біообробних цехів проводиться методом статистичного моделювання.

Обґрунтовано що моделювання роботи виробничої системи в режимі реального часу виконується на принципах адаптивного проектування організаційно-технологічної структури гнучких виробничих модулів утилізації деревних відходів в тверде біопаливо та дозволяє підвищити продуктивність проектування і надійність одержання достовірних параметрів.

Вперше проаналізовано передумови врахування еколого-економічних суперечностей в імітаційному моделюванні при переробці сировини та утилізації деревних відходів в тверде біопаливо гнучкими технологіями.

На основі узагальнень, теоретичних досліджень і розроблених математичних моделей був підготовлений комплекс методичного забезпечення біообробного процесу проектування структури гнучкого виробничого модуля. Вони реалізовані при плануванні обладнання переробки сировини та утилізації деревних відходів в тверде біопаливо.

Ключові слова: моделювання, системний підхід, сировина, утилізація, переробка, екологія, відходи, біопаливо, брикети.

Вступ. Щорічний обсяг заготівлення деревини в Україні становить 10 308,7 тис. м³, з них 7 300 тис. м³ (4 391,5 тис. т.) не використовують, і їх можна застосувати для виробництва теплової енергії [8, 9].

Виділення невирішеної раніше частини проблеми. Дослідження внутрішніх глибинних суперечностей між суто економічними та екологічними вимогами є важливим науковим питанням [14, 15]. Як відомо, середовище життєдіяльності людини і природні ресурси становлять матеріальну основу як економічної, так і екологічної систем. Але традиційна

економічна система враховує лише природні ресурси як сировинну базу різних секторів економіки, тоді як екологічна економіка природокористування розглядає триєдиний процес використання, охорони та відтворення об'єднаних компонентів еколого-економічної системи — навколишнього природного середовища і природних ресурсів. Природокористування, як і взагалі увесь процес виробництва матеріальних благ, супроводжується не лише економічними затратами, а й екологічними ефектами: змінами у просторі та часі якості навколишнього середовища, кількості та якості

природних ресурсів. Ці зміни можуть мати як позитивний, так і негативний характер: поліпшення або погіршення природних умов життєвільності, зростання чи зниження кількості та якості природних ресурсів [1 – 3].

Огляд останніх досліджень і публікацій.

Результати, одержані методом імітаційного моделювання, носять випадковий характер. Для забезпечення статистичної стійкості їх відповідні оцінки, як було зазначено вище, обчислюються як середні значення по великій кількості реалізацій. Методика визначення кількості реалізацій імітаційних моделей з метою досягнення необхідної точності наведена в роботах [14, 15].

Мета дослідження. Переробка деревних відходів та підвищення теплотворної здатності паливних брикетів з відходів деревини гнучкою технологією.

Для вирішення поставленої мети потрібно вирішити наступні прикладні наукові задачі:

- визначити розмірно-якісні характеристики деревних відходів;
- обґрунтувати вимоги для розробки обладнання.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження базується на матеріалах наукових праць вітчизняних і зарубіжних авторів [1-16], в світовому досвіді та практиці переробки деревних відходів у різних країнах світу. Методи досліджень, що використані при написанні статті, ґрунтуються на діалектиці та комплексному підході до вивчення економіко-екологічних проблем.

Результати досліджень. Проблема побудови імітаційної моделі - це проблема адекватного опису об'єктивних залежностей в досліджуваному процесі [14.15]. При цьому необхідна обізнаність реального виробничого процесу і вміння аналізувати його.

Імітаційна модель гнучкого лісообробного процесу забезпечить достатню точність одержаного результату, збереження складних взаємозв'язків між виконуваними операціями і призначеними для визначення експлуатаційних параметрів функціонування досліджуваного гнучкого лісообробляючого процесу: коефіцієнтів завантаження верстатів, їх продуктивності, обсягів виходу готової продукції та відходів.

Імітаційна модель включає моделювання поточного часу, потоку сировини, маршруту обробки заготовок, випадкового часу циклу, обсягу і складу оброблюваної сировини, обсягу і виду готової продукції та відходів, виходу з ладу та відновлення верстатів, числа реалізації.

У розробленій імітаційній моделі використовується метод моделювання поточного часу з особливих станів. Особливим станом називається момент часу, початку або закінчення якого-небудь процесу в імітаційній моделі (момент початку або закінчення циклу роботи верстата, момент часу відмови або відновлення одиниці технологічного обладнання тощо), або момент настання якої-небудь події (момент надходження заготовки в пристрій, на верстат).

Такий метод моделювання забезпечує більш високу точність результатів моделі і скорочує час її реалізації в порівнянні з моделюванням часу з детермінованим кроком Δt . Алгоритм моделювання часу з особливих станів наступний:

- у відповідності зі структурою моделі і вхідними параметрами формуються початкові особливі стани ланок моделі;
- здійснюється пошук найближчого за часом настання особливого стану T_{\min} ;
- здійснюється аналіз особливого стану, накопичення статистики, формування наступних особливих станів ланок моделі;
- контроль поточного часу до моменту $T_{\min} > T_m$ (де: T_{\min} — поточний час найближчого особливого стану; T_m — час моделювання);
- при настанні події, $T_{\min} > T_m$ здійснюється обробка накопиченого в результаті моделювання статистичного матеріалу.

Для моделювання значень випадкових величин тимчасових інтервалів і параметрів сировини прийняті їх розподіли ймовірностей. За статистичну модель розмірних параметрів сировини (діаметрів сортиментів) прийнято розподіл, щільність якого має наступний вигляд:

$$P(dx) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}u^2} \quad (1)$$

де — $u = (\ln dx - \mu)/\sigma_z$; $\pi = 3,141$; μ — математичне очікування величини $z = \ln dx$; σ_z — середнє квадратичне відхилення величини $z = \ln dx$; e — основа натурального логарифма, $e = 2,718$.

Інтенсивність надходження лісоматеріалів до станків на обробку задається функцією щільності розподілення Ерланга з параметром k , де k — порядок розподілення Ерланга; α — інтенсивність надходження заготовок до станків; t — інтервал часу.

Так у Харківській області з 1 по 2 грудня 2015 року випало більше половини місячної норми опадів, снігопад повалив дуже велику кількість дерев. В м. Харкові на землі залишилося 528 дерев, та 636 великих гілок

У зв'язку з погіршенням погодних умов на території міста Харкова та Харківської області 2 грудня підрозділи ДСНС 117 разів залучалися до розпилювання та прибирання повалених дерев.

У зв'язку з несприятливими погодними умовами по Харківській області задіяно 126 од. техніки,

148 шляхових робітників, які займалися ліквідацією наслідків стихії. Зараз у Харкові кронуються та обрізаються аварійні гілки дерев.

Це приблизно 5360 гілок та 2334 стовбурів. Таким чином ми маємо великий потік сировини. По породам: тополя — 39%, береза — 21%, липа — 19%, яблуня — 4%, груша — 3%, дуб — 7% та інші — 5%.

Графіки емпіричних і теоретичних розподілів товщини деревних гілок, мм (рис. 1).

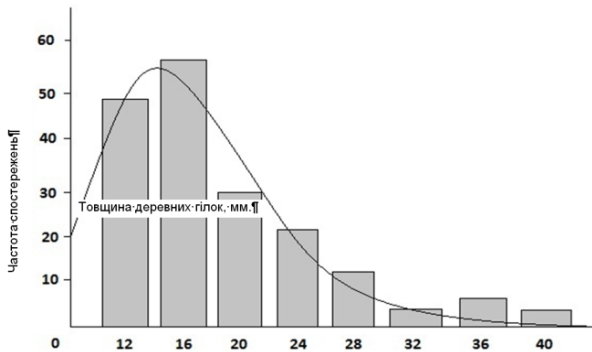


Рис. 1. Гістограма і теоретичний логнормальний розподіл товщини деревних гілок, мм

За допомогою розробленої нами гнучкої мобільної установки, доцільно переробляти відходи прямо на місці утворення в залежності від

розмірно-якісних характеристик біомаси (рис. 1). Бажано такі установки (патент № 65904) робити на базі трактора класу тяги 14 – 20 кН. з трьома лініями переробки біомаси (рис. 2).

Перша лінія-виробництво дров із стволів дерев. Друга лінія — виробництво евро дров (сумішевих брикетів) із гілок. Третя лінія-піролізна виробництво газу та деревного вугілля. Згідно поставленої задачі — виробництва дров установка оснащується модулем для поперечного різання неліквідної деревини (МПРД) та модулем для розколювання полін (МРД). Друга лінія установки повинна оснащатися модулем для подрібнення (МПД) та модулем для сушіння біомаси (МСБ). Для виготовлення брикетів потрібен модуль для пресування (МП). Для повноцінної роботи необхідно використовувати допоміжні модулі: МЗБ — модуль змішування біомаси; МЗ — модуль зневоднення біомаси; МТ — модуль збору тирси; МЩ — модуль пакування щепи; МБ-модуль пакування брикетів; МД — модуль пакування дров; МТр — модуль транспортування; МУ — модуль управління.

Основними стадіями виробництва паливних брикетів деревної сировини є її подрібнення (МПД), сушіння (МСБ), брикетування, охолодження та пакування продукції. Кожна із цих стадій є енергоємною. Варіанти технологічних маршрутів обробки деревних відходів (рис. 2)

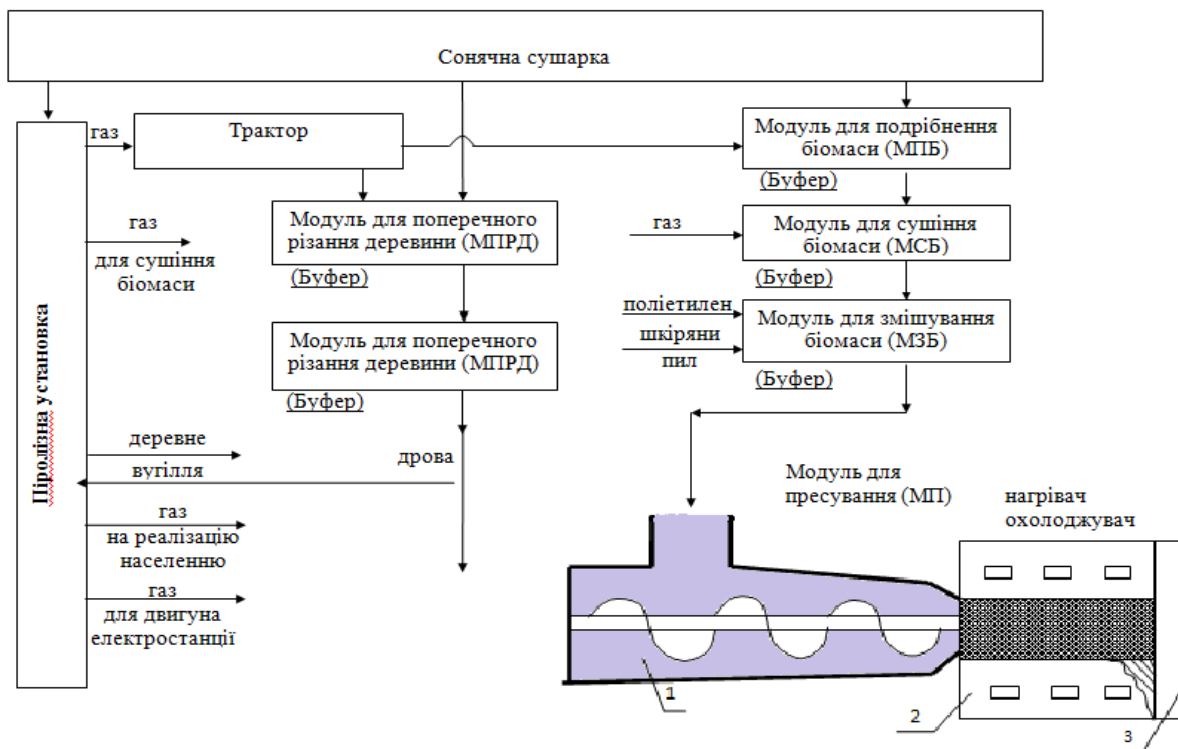


Рис. 2. Схема переробки та утилізації деревних і рослинних відходів в тверде біопаливо:
1 — шнековий робочий орган для брикетування біомаси; 2 — охолоджувач; 3 — затвор

Всі вищезазначені модулі (основні та допоміжні) установлені на рамі 1, яка навішується по трьох-точковій схемі на задній начіпній пристрій трактора з маніпулятором. Модуль поперечного різання деревини (рис. 3) складається із пильного диска 2 закритого кожухом з накопичувачем тирси рами надвигання, з лотка 3 для стовбура неліквідної деревини та напрямних 4. Модуль для розколювання деревини складається із гідроциліндра 5, повзуна 6 та ножа 7. На місце цього модуля легко монтується модуль для зневоднення біомаси та використовується гідроциліндр 5.

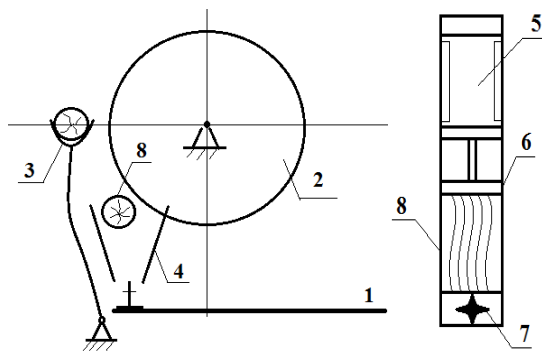


Рис. 3. Лінія виробництва дров:

МПРД — модуль для поперечного різання деревини; МРД — модуль для розколювання деревини; 1— рама; 2 — пильний диск; 3 — лоток для деревини; 4 — напрямні; 5 — гідроциліндр; 6 — повзун; 7 — ніж

Маршрут виробництва дров наступний: оператор кладе стовбур неліквідної деревини довжиною 1,5-2 м. на лоток 3 та подає його на пильний диск 2. Відрізається чурак 8, який під силою тяжіння падає по направляючим 4 між повзуном 6 та ножом 7. При подачі оливи до гідроциліндра 5 повзун 6 тисне на чурак 8 та насуває його на ніж 7 і розколює на дрова. Гідроциліндр можна використовувати не тільки для розколювання деревини але і для зневоднення біомаси — модуль зневоднення біомаси (МЗ).

Сушіння пиломатеріалів як ключовий технологічний процес характеризується значною енергомісткістю, що спонукає до пошуку шляхів її зниження. Наш досвід свідчить про високу ефективність сонячних сушарок з огляду на інтенсивність процесу сушіння, можливість отримання достатньо низької кінцевої вологості матеріалу і його високу якість, але в зимових умовах це досить проблематично.

Маршрут виготовлення дріб'язку деревної сировини наступний. Сировина (біомаса та поліетилен) поступає в модуль подрібнення (МП) і подається в модуль сушник МСБ і потім в модуль змішування.

Суміш підігрівають гарячим повітрям при 140-160 °С 2-5 хв. та завантажують в пресформу, зачинають по контуру та пресують під тиском 5,0-15,0 МПа протягом 0,3-0,5 хв. з охолодженням, звільнюють від тиску, відчиняють та виймають готовий брикет.

Можливий варіант подачі щепи прямо в модуль пресування (МП) при сухій біомасі. За допомогою регульованого шнекового транспортера біомаса подається на вхід піролізної установки (третя лінія) У процесі піролізу виділяються піролізні гази, які подаються в топку піролізної установки і згорають, здійснюючи подальший процес піролізу, подаються до трактора, подаються на реалізацію для населення та подаються для сушіння біомаси та подаються до двигуна електростанції. Цей процес відбувається безперервно і не вимагає додаткового палива. В результаті процесу піролізу ми маємо деревне вугілля.

Для зменшення простою будь-якої лінії між її модулями ставимо буферні пристрої.

Висновки. На вибір системи машин біообробних цехів суттєвий вплив дають розмірно-якісні характеристики обробної сировини.

Варіювання розміно-якісних параметрів сировини в широких межах потребує створення гнучких лісообробних процесів, які легко переобладнуються на обробку різних видів лісоматеріалів, з урахуванням ринку біопродукції.

Література

1. Дубровін В.О. Біопалива (технології, машини і обладнання) / [В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та ін.] — К.: Енергетика і електрифікація, 2004. — 256 с.
2. Блюм Я.Б. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк та ін.] — К.: Аграр Медіа Груп, 2010. — 360 с.
3. Орсік Л.С. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития / [Л.С.Орсік, Н.Т.Сорокин, В.Ф.Федоренко и др.]. — М.: Росинформ агротех, 2008. — 404 с.
4. Дубровін В.О. Біоенергія в Україні — розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації / [В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, Ю.Ф. Мельник та ін.] — К.: НУБіП України, 2009. — 122 с.
5. Мельничук М.Д. Альтернативна енергетика: Навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / [М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін.] — К.: Аграр Медіа Груп, 2011. — 612 с.
6. Гелетуха Г.Г. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная, Ю.Б. Матвеев, М.М. Жовнір // Промислова теплотехніка. — 2006. — Т. 28. — № 2. — С. 85 - 93.

7. Гомонай, М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография / М.В.Гомонай. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с.

8. Перспективи ведучих компаній з розробок технологій та обладнання для виробництва твердого біопалива [Електронний ресурс]. Режим доступу до журн.: www.fuelalternative.com.ua; www.presmash.if.ua; www.bioesurs.com.ua; www.briketmal.kiev.ua; www.ekko.com.ua; www.weima.com.ua; www.brikk.info; www.bri.ru; www.lesintech.ru; www.ecology-energy.ru; www.evrobriket.ru; www.eco-en.ru; www.jasko.ru; www.npk-atek.ru; www.brikettieren.de; www.gama-pardubice.cz; www.testmer.com.pl;

9. Сарана В.В. Багатокритеріальна оцінка сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини / В.В. Сарана, М.М. Гудзенко, С.М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів природокористування України. Серія: техніка та енергетика. – К.: НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 190 - 198.

10. Короткий словник-довідник найуживаніших термінів з екології, біотехнології та біо-

енергетики / [Д.О.Мельничук, М.Д.Мельничук, В.А.Гайченко та ін.] // За ред. акад. Д.О.Мельничука. – К.: НУБіП України, 2009. – 310 с.

11. Цывик М.М. Использование древесной коры Монография / М.М. Цывик. – М: Лесная промышленность, 1973. – 94 с

12. Williams A. Pollutants from the combustion of solid biomass fuels / A. Williams, J.M. Jones, L. Ma, M. Pourkashanian // Progress in Energy Combustion Science. – 2012. – № 38. – P. 113 - 137.

13. Garcia R. Spanish biofuels heating value estimation. Part I: Ultimate analysis data / R. Garcia, C.Pizarro, A.G.Lavin, L.Bueno// Fuel. – 2013. – №8. – P. 23 - 31.

14. Дудюк Д.Л. Імітаційне моделювання гнучких автоматизованих ліній у лісовиробничому комплексі: Монографія / Д.Л. Дудюк, В.М. Максимів, Л.Я. Сорока та ін.; За ред. Д.Л. Дудюка. – К.: ІСДО, 1996. – 140 с.

15. Максимів В.М. Моделювання процесів функціонування автоматизованих ліній деревообробки. – К.: ІСДО, 1997. – 185 с.

16. Дьяконов В.І., Дьяконов О.В., Богомолова В.П. Пристрій для переробки неліквідної деревини на дрова. Патент України на корисну модель № 65904.

Анотація

Имитационное моделирование переработки сырья и утилизации древесных отходов в твердое биотопливо гибкими технологиями

А.В. Дьяконов, А.С. Полянский, В.И. Дьяконов

Обосновано структуру моделирования процессов взаимодействия линий производства брикетов, дров, газа и древесного угля в зависимости от размерно-качественных характеристик сломанных веток образованных во время обильных снегопадов с дощем. Такая структура предлагается для главных технологических потоков при переработке сырья и утилизации древесных отходов в твердое биотопливо гибкими технологиями.

Методологической основой работы является системный подход к изучению и описанию процесса функционирования гибкого производственного модуля в гибкой производственной системе переработки древесного сырья.

Установлено, что структура моделирования процессов взаимодействия линий производства твердого биотоплива, как правило, является сложной и разветвленной. Кроме того, реальные потоки биоматериалов таких линий не является простейшими, что обуславливает необходимость учитывать стохастичность поступления сырья на линиях и стохастичность его обработки в целом. Поэтому исследования гибких технологических процессов биообработывающих цехов проводится методом статистического моделирования.

Обоснованно что моделирование работы производственной системы в режиме реального времени выполняется по принципам адаптивного проектирования организационно-технологической структуры гибких производственных модулей утилизации древесных отходов в твердое биотопливо и позволяет повысить производительность проектирования и надежность получения достоверных параметров.

Впервые проанализированы предпосылки учета эколого-экономических противоречий в имитационном моделировании при переработке сырья и утилизации древесных отходов в твердое биотопливо гибкими технологиями.

На основе обобщений, теоретических исследований и разработанных математических моделей подготовлен комплекс методического обеспечения биообрабатывающего процесса проектирования структуры гибкого производственного модуля. Они реализованы при планировании оборудования для переработки сырья и утилизации древесных отходов в твердое биотопливо.

Ключевые слова: *моделирование, системный подход, сырье, утилизация, переработка, экология, отходы, биотопливо, брикеты.*

Abstract

Simulation of raw materials processing and utilization wood waste in solid biofuel flexible technologies

O.V. Dyakonov , O.S. Polanskyj, V.I. Dyakonov

Grounded structure interaction modeling of briquettes production lines, wood, gas and charcoal, depending on the size-quality characteristics of broken branches, formed during heavy snowfall and rain. Such a structure is proposed for the main process stream in the processing of raw materials and recycling of wood waste into a solid biofuel flexible technologies.

The methodological basis of the work is a systematic approach to the study and description of the functioning of the process of production cell in a flexible production system, processing of raw wood.

It is found that the process of modeling the structure of a solid biofuel production line usually is a complex and extensive. In addition, the actual flow of biomaterials such lines are not simple, which makes it necessary to take into account the raw material entering the stochastics lines stochastics and its overall handling. Therefore, the study of flexible manufacturing processes biologically workshops conducted by statistical modeling.

It is proved that the real-time simulation of the production system is carried out according to the principles of the adaptive design of organizational and technological structure of flexible production modules wood waste into a solid biofuel and improves the performance and reliability of the design to obtain reliable parameters.

For the first time analyzed the prerequisites of accounting ecological and economic contradictions in the simulation for the processing of raw materials and recycling of wood waste into a solid biofuel flexible technologies.

On the basis of generalizations, theoretical studies, and developed mathematical models developed complex of methodical maintenance of biologically treating the process of designing a flexible manufacturing cell structure. They are implemented in the planning of equipment for processing of raw materials and recycling of wood waste into a solid biofuel.

Keywords: *modeling, systematic approach, raw materials, disposal, recycling, ecology, waste, biofuels, briquettes.*

Представлено: В.А.Войтов / Presented by: V.Voytov

Рецензент: М.Л.Шуляк / Reviewer: M. Shuliak

Подано до редакції / Received: 24.06.15