

УДК 662.71/.74

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ІЗ ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБКИ І МЕБЛЕВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ПП "МАЛИНСЬКА МЕБЛЕВА ФАБРИКА"

В. М. Поліщук¹, В. О. Науменко², О. В. Науменко²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Приватне підприємство «Малинська меблева фабрика», Україна.

Кореспонденція авторів: polischuk.v.m@gmail.com.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 13, рис. 8, табл. 0.

Анотація. Щомісяця на ПП "Малинська меблева фабрика" переробляється 750 т деревної сировини, після переробки якої отримується 592 т відходів. Донедавна лише 274 т можна було використати для переробки в паливні гранули, а 318 т внаслідок високої вологості, наявності золоутворюючих домішок, домішок клею, були для цього непридатні. За рахунок впровадження нової технологічної лінії виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва, яка складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжних бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини, вдалось звільнити деревну сировину від кори та використовувати сирі деревні відходи. Внаслідок цього кількість відходів, придатних для виробництва паливних гранул, збільшилась до 525 т/міс. В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції продуктивністю по 500 кг/год. з кільцевою матрицею розрахунковим діаметром 152 мм і одним роликком діаметром 88 мм. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить 315 об/хв. Для привода гранулятора застосований мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

Ключові слова: меблева фабрика, паливні гранули, матриця, деревні відходи, відходи меблевого виробництва.

Постановка проблеми

Приватне підприємство «Малинська меблева фабрика» – це підприємство, яке оснащено сучасним обладнанням та виготовляє широкий асортимент продукції. Особливим попитом користуються пиляні лісоматеріали, клеєний брус та меблевий щит, корпусні, м'які меблі та меблі на замовлення, стільці та столи, погонажні вироби та шпоновані міжкімнатні двері. Технологічний процес заготівлі і переробки деревини пов'язаний з отриманням великої кількості відходів. Заготівля, вивезення та переробка деревини – технологічні процеси, що супроводжуються втратою частини деревини, яка не використовується в подальшо-

му виробництві. Загальний обсяг відходів часто перевищує кількість отриманої готової продукції. Так, при заготівлі і вивезенні деревини з лісу близько 20% деревної сировини становлять відходи у вигляді гілок, пнів, коренів, а із вивезеної – близько 20% становить неділова деревина. У лісопилному виробництві кількість відходів складає 35-42%, у меблевих виробництвах – доходить до 70% від отриманих пиломатеріалів.

Аналіз останніх досліджень

В роботі [1] наведені розрахунки сировинної бази для виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва ПП "Малинська меблева фабрика". Встановлено, що щомісяця на фабриці переробляється 750 т деревної сировини, після переробки якої отримується 592 т відходів, із яких 274 т можуть бути використані для переробки в паливні гранули, а 318 т внаслідок високої вологості, наявності золоутворюючих домішок, домішок клею, непридатні для цього. Розрахункова продуктивність гранулятора становить 964 кг/год. Для виготовлення деревинних паливних гранул використовується італійська лінія продуктивністю 1000 кг/год. Однак, наявної сировини, придатної для виробництва паливних гранул, підприємство отримує більше, ніж можна переробити при роботі існуючої лінії гранулювання. Тому керівництвом фабрики було прийняте рішення організувати додаткову дільницю із виробництва деревних паливних гранул, підібрати потрібне обладнання і змонтувати виробничу лінію із необхідною продуктивністю і можливістю її вдосконалення у майбутньому, підібрати і встановити сушильне обладнання для тирси та тріски, верстат для корування круглих лісоматеріалів, що дасть можливість використовувати горбиль без вмісту кори для виготовлення паливних гранул.

Мета досліджень

Тому метою наших досліджень є встановлення сировинної бази для виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва на

удосконаленій лінії виробництва паливних гранул ПП "Малинська меблева фабрика", визначення продуктивності гранулятора та встановлення конструктивно-технологічних параметрів матриці гранулятора.

Результати досліджень

В цьому випадку масовий розрахунок виходу відходів дещо зміниться. Кількість кори становить 10% від об'єму деревини [2, с. 29], яка становить 2310 складометрів. Отже, вихід кори після корування круглих лісоматеріалів становить:

$$2310 \cdot 0,1 = 231 \text{ м}^3/\text{міс.}$$

При середній насипній вазі деревної кори 320 кг/м³ [3, с. 19] її маса становить $231 \cdot 320 = 73920$ кг/міс., або приблизно 74 т/міс.

Кору не бажано використовувати для виробництва паливних гранул через високу зольність. Вона буде використана для отримання теплової енергії шляхом спалювання в котлі.

Вихід окорених круглих лісоматеріалів становить:

$$2310 - 231 = 2079 \text{ м}^3/\text{міс.}$$

В результаті первинної переробки окорених стовбурів деревини отримується 66% основної продукції (дошок), а також відходи: 25% горбиля і 9 % тирси:

- дошки: $2079 \cdot 0,66 = 1372 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- горбиля: $2079 \cdot 0,25 = 520 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- тирса: $2079 \cdot 0,09 = 187 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Насипна вага горбиля становить 650 кг/м³ [3, с. 12], тирси вологістю 33-38% – 170 кг/м³ [4, с. 61].

Отже, в процесі розпилювання окорених стовбурів деревини на дошки утворюється:

- горбиля – $520 \cdot 650 = 338000$ кг/міс., або 338,0 т/міс.;
- тирса – $187 \cdot 170 = 31790$ кг/міс., або 31,79 т/міс.

Після висушування тирсу і горбиля можна використовувати як сировину для виробництва паливних гранул.

При виробництві чорнових мебельних заготовок (ЧМЗ) із дошок вологістю 8-10% вихід відходів становить: шматкові відходи – 30%, стружка – 17%, тирса – 6,5% [5, с. 24]: $30 + 17 + 6,5 = 53,5\%$, із яких:

- шматкових відходів: $1372 \cdot 0,3 = 412 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- стружки: $1372 \cdot 0,17 = 233 \text{ м}^3/\text{міс.};$

- тирси: $1372 \cdot 0,065 = 89 \text{ м}^3/\text{міс.}$

При цьому через забруднення клеєм не можуть бути використані для виробництва паливних гранул і використовуються для отримання теплової енергії шляхом спалювання у котлі $1372 \cdot 0,2 = 274 \text{ м}^3/\text{міс.},$ із яких:

- шматкові відходи: $274 \cdot 0,8 = 219 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- стружка: $274 \cdot 0,2 = 55 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Решта відходів ЧМЗ, причому без додаткового висушування, придатна для виробництва паливних гранул: шматкові відходи – $412 - 219 = 193 \text{ м}^3/\text{міс.},$ стружка – $233 - 55 = 178 \text{ м}^3/\text{міс.},$ тирса – $89 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Насипна маса шматкових деревних відходів (брусків) становить 600 кг/м³, [3, с. 10], стружки вологістю 7% – 105 кг/м³, тирси вологістю 7% – 100 кг/м³ [4, с. 61].

Отже, кількість відходів ЧМЗ, придатних для виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" після удосконалення лінії гранулювання буде становити:

- шматкові відходи: $193 \cdot 660 = 127380$ кг/міс., або 127,38 т/міс.;
- стружка: $178 \cdot 105 = 18690$ кг/міс., або 18,69 т/міс.;
- тирса: $89 \cdot 100 = 8900 \text{ м}^3/\text{міс.},$ або 8,9 т/міс.

Тобто після встановлення обладнання для окорювання та додаткової сушарки придатними для отримання паливних гранул будуть $338,0 + 31,79 + 127,38 + 18,69 + 8,9 \approx 525$ т/міс. деревних відходів. Решта відходів (кора, а також шматкові відходи і стружка) в кількості $74 + 219 + 55 = 348$ т/міс. буде використовуватись як паливо для котельні.

При двозмінному графіку роботи дільниці, враховуючи, що робочий час однієї зміни становить 8 год. (із них близько 0,5 год. може витратиться на підготовчо-заклучні роботи та щоденне технічне обслуговування лінії гранулювання, тобто чистий час роботи гранулятора становитиме $8 - 0,5 = 7,5$ год.), при 22 робочих днях протягом місяця (в середньому), розрахункова продуктивність гранулятора для переробки щомісяця 525 т деревних відходів буде становити:

$$\frac{525}{22 \cdot 2 \cdot 7,5} = 1,59 \text{ т/год.}$$

Технологічна схема нової лінії виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" наведена на рис. 1.

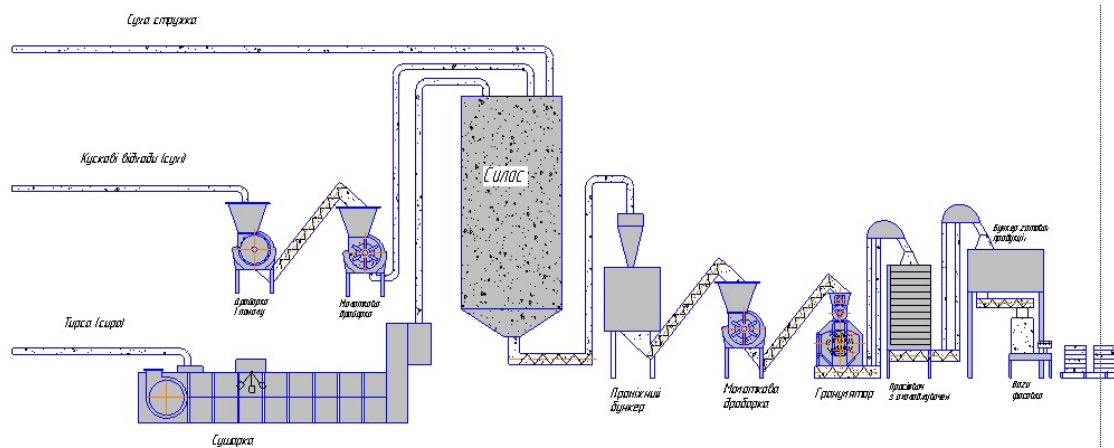


Рис. 1. Технологічна схема нової лінії виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика".**Рис. 2.** Лінія подрібнення сухих шматкових відходів RK 847 [6].

Вона складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжного бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини.

Цех подрібнення в даний час знаходиться в стадії комплектування. До його складу будуть входити лінія подрібнення сухих шматкових відходів і лінія подрібнення сухих довгомірних відходів.

Лінія подрібнення сухих шматкових відходів RK 847 (рис. 2) складається з первинного RM 41.355 і вторинного RM 71.55 подрібнювачів, стрічкового транспортера для подачі сухих шматкових відходів до первинного подрібнювача, бункера-дозатора на 7 м³, сита SB 1025 (на рис. 2 не показано) і стрічкового транспортера довжиною 12,5 м для вивантаження подрібненої сировини.

Сухі шматкові відходи деревини спершу подаються в первинний подрібнювач RM 41.355, де подрібнюються до розміру: довжина і ширина – 10-25 мм, товщина – 3-5 мм.

Після цього тріска потрапляє в бункер-дозатор, з якого шнековою подачею завантажується необхідними дозами у вторинний подрібнювач RM 71, де і подрібнюється до остаточної мінімальної фракції розміром 0-10 мм.

Розмір подрібненої сировини регулюється за допомогою сит, які встановлені на RM 71 [6]. Первинний подрібнювач RM 41.355 дискового типу з триножовим рубальним диском діаметром 795 мм, який обертається з частотою 1000 об./хв. від електродвигуна потужністю 55 кВт. Продуктивність дробарки становить 25 м³/год. Розмір подрібнюваної деревини – до 220 мм [7].

З первинного подрібнювача RM 41.355 тріска по-

дається на калібровочне барабанне сито SB 1025 (рис. 3), із якого матеріал з довжиною і шириною до 10-25 мм, товщиною до 3-5 мм поступає на подальше дроблення, якщо ж величина отриманої тріски перевищує вказані розміри, то вона повертається на повторне подрібнення.

Для рівномірної подачі тріски на вторинний подрібнювач лінія обладнана бункером-дозатором, звідки через завантажувальний шнек з приводом від електродвигуна потужністю 2,2 кВт матеріал подається безпосередньо до вторинного подрібнювача.

**Рис. 3.** Калібровочне барабанне сито SB 1025 [8].

Вторинний подрібнювач RM 71.55 молоткового типу з частотою обертання ротора, укомплектованого 20 молотками, – 1500 об./хв. Ротор приводиться в дію від електродвигуна потужністю 45 кВт [9].

Подрібнена сировина розміром до 1 мм подається в два накопичувальних бункери (рис. 4).



Рис. 4. Накопичувальні бункери сировини після попереднього дроблення.



Рис. 5. Проміжний накопичувальний бункер для сировини.

Суша стружка направляється в накопичувальні бункери напряму. Також минаючи лінії дроблення в накопичувальні бункери поступає тирса з цеху первинної обробки деревини. Однак перед цим вона висушується в сушарці стрічкового типу.

З накопичувальних бункерів сировина в автоматичному режимі шнековими транспортерами подається до проміжного бункера для сировини (рис. 5), звідки пневмотранспортером направляється в накопичувальний бункер грануляторів (рис. 6).



Рис. 6. Гранулятори з накопичувальним бункером.

В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції з кільцевою матрицею продуктивністю по 500 кг/год.

Розрахунок кільцевої матриці проводився на задану продуктивність по методиці, наведеній в [10, с. 68-77], [11], [12, с. 101-114], [13].

Розрахунковий радіус матриці становить 152 мм, ролика – 88 мм, ширина матриці і ролика – 88 мм, кількість фільєр в матриці – 887 шт.

Приймається система із одним роликом. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить $5,24 \text{ c}^{-1}$ (315 об/хв.). Розрахункова потужність привода гранулятора – 28,4 кВт. Для привода гранулятора приймаємо мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

З грануляторів вироблені паливні гранули (рис. 7) стрічковим та шнековим транспортерами направляються на просіювач і охолоджувач, а звідти – на лінію затарювання (рис. 8).



Рис. 7. Паливні гранули з гранулятора з гранулятора на стрічці транспортера



Рис. 8. Затарювальна машина.

Висновки

1. Сушильне обладнання для тирси та тріски, верстат для корування круглих лісоматеріалів майже в 2 рази розширюють сировинну базу виробництва паливних гранул.

2. Технологічна лінія виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжного бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини.

3. В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції з кільцевою матрицею продуктивністю по 500 кг/год. Розрахунковий радіус матриці становить 152 мм, ролика – 88 мм, ширина матриці і ролика – 88 мм, кількість філь'єр в матриці – 887 шт. Приймається система із одним роликом. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить 315 об/хв., потужність привода гранулятора – 28,4 кВт. Для привода гранулятора прийнятий мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

Список літератури

1. Polishchuk V., Naumenko V., Naumenko O. Justification of capacity of the pellets granulation line at private enterprise "Malyn furniture factory". *Teka commission of motorization and power industry in agriculture*. 2018.

Vol. 18, № 1. Р. 7–16.

2. Головкин С. И., Коперин И. Ф., Найденов Б. Ф. Энергетическое использование древесных отходов. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 224 с.

3. Найденов Б. Ф. Объемные веса и удельные объемы грузов: справочник. Москва. Транспорт, 1971. 160 с.

4. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. За ред. Г. Гелетуки. Київ. Поліграф плюс, 2015. 72 с.

5. Сборник методик по расчету объемов образования отходов. Санкт-Петербург. ЦОЭК, 2004. 77 с.

6. Комплекс RK 847. Матеріали із сайту АРІЕС УКРАЇНА. URL: <http://arjes.com.ua/production/kompleks-rk-847.html> (дата доступу: 18.06.2018).

7. Рубальна машина RM 41. Матеріали із сайту АРІЕС УКРАЇНА [Електронний ресурс]. URL: <http://arjes.com.ua/production/rubalna-mashyna-rm-41.html> (дата доступу: 18.06.2018).

8. Сито барабанне для просіювання щепи, калібрування різних фракцій. Матеріали із сайту all.biz [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.all.biz/sito-barabanne-dlya-prosyuvannya-shchepi-g15731079> (дата доступу: 18.06.2018).

9. Молотковий подрібнювач RM 71. Матеріали із сайту АРІЕС УКРАЇНА [Електронний ресурс]. URL: <http://arjes.com.ua/production/molotkovyj-podribnyuvach-rm-71.html> (дата доступу: 18.06.2018).

10. Дубровін В. О., Поліщук В. М., Тарасенко С. Є., Драгнев С. В. Практикум з машин та обладнання для

біоенергетики. Київ. АграрМедіаГруп, 2013. 208 с.

11. Поліщук В. М., Дубровін В. О., Драгнєв С. В. Інженерія систем природокористування. Ч. 2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з круглою матрицею для виробництва гранульованого біопалива. Київ. АграрМедіаГруп, 2013. 48 с.

12. Поліщук В. М., Тарасенко С. Є. Біопалива. Виробництво і використання. Київ. ЦП "КОМПРИНТ". 2017. 376 с.

13. Поліщук В. М., Тарасенко С. Є. Машина та обладнання біоенергетики. Ч. 2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з круглою матрицею в лінії виробництва паливних гранул. Київ. НУБіП України, 2016. 34 с.

References

1. Polishchuk, V., Naumenko, V., Naumenko, O. (2018). Justification of capacity of the pellets granulation line at private enterprise "Malyn furniture factory". *Teka commission of motorization and power industry in agriculture*. 18(1), 7-16.

2. Golovkov, S. I., Koperin, I. F., Naydenov, B. F. (1987). *Energeticheskoe ispolzovanie drevesnyh othodov* [Energy use of wood waste]. Moscow: Forest Industry, 224.

3. Naydenov, B.F. (1971). Volumetric weights and specific volumes of goods: reference book. Moscow: Transport. 160.

4. Geletukha, G. (2015). Preparation and implementation of natural gas biomass substitution projects for the production of heat energy in Ukraine. Kyiv: Polygraph Plus. 72.

5. Collection of methods for calculating waste generation volumes. St. Petersburg: CECEC. 77.

6. Complex RK 847. *ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/kompleks-rk-847.html>.

7. RM 41 chipper.. *ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/rubalna-mashyna-rm-41.html>.

8. Sieve drum for sieving, calibration of different factions. all.biz. Available at: <https://ua.all.biz/sitobarabanne-dlya-prosyuvannya-shchepi-g15731079>.

9. Hammer crushers RM 71. *ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/molotkovyj-podribnjuvach-rm-71.html>.

10. Dubrovin, V. O., Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E., Dragnev, S. V. (2013). Workshop on machinery and equipment for bioenergy. Kyiv. Agrar Media Group. 208.

11. Polishchuk, V. M., Dubrovin, V. O., Dragnev, S. V. (2013). Engineering systems of nature management. Part 2. Structural and technological calculation of granulator with a round matrix for the production of granulated biofuels: methodical instructions for the implementation of laboratory works. 48.

12. Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E. (2017). Biofuels. Production and use. 376.

13. Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E. (2016). Machines and equipment of bioenergy. Part 2. Structural and technological calculation of granulator with a round matrix in the line of production of fuel pellets: methodical instructions for the implementation of laboratory works.

34.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ И МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЧП "МАЛИНСКАЯ МЕБЕЛЬНАЯ ФАБРИКА"

В. Н. Поліщук, В. А. Науменко, А. В. Науменко

Аннотация. Ежемесячно на ЧП "Малинская мебельная фабрика" перерабатывается 750 т древесного сырья, после переработки которого остается 592 т отходов. До недавнего времени лишь 274 т можно было использовать для переработки в топливные гранулы, а 318 т вследствие высокой влажности, наличия золообразующих примесей, добавок клея, были для этого непригодны. За счет внедрения новой технологической линии производства топливных гранул из отходов деревообработки и мебельного производства, которая состоит из цеха измельчения, сушильной установки, накопительных и промежуточного бункеров, дробилки конечного дробления, грануляторов, просеивателя, охладителя и затаривательной машины, удалось освободить древесное сырье от коры и использовать сырые древесные отходы. В результате количество отходов, пригодных для производства топливных гранул, увеличилось до 525 т/мес. В линии производства топливных гранул используются четыре сдвоенные гранулятора собственной конструкции производительностью по 500 кг/час. с кольцевой матрицей расчетным диаметром 152 мм и одним роликом диаметром 88 мм. Расчетная рабочая частота вращения матрицы составляет 315 об./мин. Для привода гранулятора применен мотор-редуктор МР1-315 с электродвигателем мощностью 30 кВт.

Ключевые слова: мебельная фабрика, топливные гранулы, матрица, древесные отходы, отходы мебельного производства.

IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION LINES FUEL GRANULES FROM WASTEWATER WOODWORKING AND FURNITURE MANUFACTURE ON PRIVATE ENTERPRISE "MALINSKA FURNITURE FACTORY"

Polishchuk V. M., Naumenko V. O., Naumenko O. V.

Abstract. Monthly on the state of emergency "Malinska furniture factory" 750 tons of wood raw materials are processed, after processing of which remains 592 tons of waste. Until recently, only 274 tons could be used for processing into fuel pellets, and 318 tons due to high humidity, the presence of ash-forming impurities, additives of glue, were unsuitable for this. Due to the introduction of a new production line for the production of fuel pellets from wood processing waste and furniture production, which consists of a grinding shop, a drying plant, storage and intermediate bunkers, a final crusher, granulators, sifter, cooler and casing machine, raw materials from the bark and use raw wood waste. As a result, the amount of waste suitable for the production of fuel pellets increased to 525 tons/month. In the production line of fuel pellets, four self-made twin granulators with a capacity of 500 kg/hr are used with an annular matrix with a design diameter of 152 mm and one roller with a diameter of 88 mm. The rated working frequency of rotation of the matrix is 315 rpm. For the drive of the granulator, a motor-reducer MP1-315 with an electric motor of 30 kW is used.

Key words: furniture factory, fuel granules, matrix, wood waste, furniture manufacturing waste.