

INFLUENCE OF RAPE STRAW MOISTURE AND HYDRAULIC PRESSING PRESSURE ON LATERAL BRIQUETTING PRESSURE

Vinnitsia National Technical University

Анотація

У даній роботі наведено дані щодо бокового тиску брикетування соломи ріпаку в залежності від її вологості та тиску пресування гідравлічним пресом.

Ключові слова: боковий тиск, брикетування, вологість, солома ріпаку, тиску пресування, гідравлічний прес, фактори впливу.

Abstract

This paper presents data on the lateral pressure of rapeseed straw briquetting depending on its moisture content and the pressure of pressing with a hydraulic press.

Keywords: side pressure, briquetting, humidity, rapeseed straw, pressing pressure, hydraulic press, influencing factors.

Introduction

One of the alternative energy resources is biomass, the use of which can significantly help in solving the problem of the shortage of primary energy carriers in Ukraine [1]. Until recently, a significant part of the stem plant waste of agricultural production, sawmilling and woodworking industries for many reasons did not find further technological application [2]. However, in conditions of constant growth in energy prices and increased demand for environmentally friendly renewable energy sources, the utilization of plant waste by producing various types of solid fuel from them makes it possible to save on traditional energy resources, which is a general trend of the industry's transition to the use of alternative, renewable energy sources, increasing the energy efficiency of production in general [3]. In many countries, plant waste is used for energy production, since the thermal efficiency of the fuel obtained from such biomass is quite comparable to that of traditional fuels. One ton of coal can be replaced by 4.2 m³ of such waste.

Research results

The provisions of the Law of Ukraine "On Alternative Energy Sources" [4] define the legal, economic, environmental and organizational principles of using alternative energy sources and promoting their expansion in the fuel and energy complex, in particular, they note that biomass energy (including waste of plant origin) is one of the types of alternative energy sources.

The compressibility and shear strength of municipal solid waste (MSW) were studied in laboratory conditions [5]. Compaction and dry and non-dry triaxial compression tests were carried out on recovered waste samples of large sizes and with different specific gravities of saturated samples and samples tested at natural moisture content.

An analytical study of the mathematical model of the hydraulic drive for unloading municipal solid waste from a garbage truck was carried out in work [6].

A study of the influence of the relative humidity of MSW on the process of their pressing is described in a scientific article [7]. It was determined that the optimal moisture content during MSW pressing is 10...12%. A higher moisture content in the briquette led to an increase in the duration of the pressing process, a lower density of the briquette in the inner layer, a lower strength of the briquette, the possibility of delamination and swelling. The advantages of low moisture content are: the absence of adhesion of MSW particles to the walls of the matrix and a more uniform density distribution over the thickness of the briquette, for which hydraulically driven press equipment is used [8-20].

The authors of the work [21] determined the dependence of MSW density on moisture content, combined effort and seasonal effects during compaction in laboratory and field conditions, and also analyzed the mechanisms of waste compaction. The duration of MSW hydration of 16...24 h led to more uniform compaction curves than for waste compacted without hydration.

The materials of the article [22] consider the possibility of MSW utilization at existing municipal CHPs with a generating capacity of 12 MW, which can operate on energy fuel (a mixture of MSW dehydrated to 20% relative humidity and hard coal with a mass fraction of 16%) with an estimated lower calorific value of 10.99 MJ/kg.

In the scientific paper [23], it was determined that the moisture content and the compaction pressure of the combustible components of MSW were two key parameters for obtaining high-quality fuel briquettes that have a calorific value of at least 20 MJ/kg, equivalent to the calorific value of brown coal, and can be burned together with coal at power plants. The studies were conducted at room temperature without the use of a binder at a pressure of 69...138 MPa and a relative humidity of MSW of 6...20%, and allowed us to establish that the moisture content should not exceed 15% to obtain high-quality briquettes from a mixture of paper and other combustible materials in MSW.

A plant for briquetting woodworking industry waste, which allows to increase their specific heat capacity when used as solid fuel, is proposed in the article [24]. An increase in the degree of pressing is achieved due to the use of a vibration hydraulic drive in the plant. The relationship between the sawdust pressing pressure and its relative deformation during the briquetting process has been established, which was used to develop a mathematical model that allows us to adequately describe the process of vibration briquetting of sawdust and allows us to determine the required effective duration of this process.

The results of the study [25] showed that a promising method of recycling wood waste is to press it into fuel briquettes using a natural binder of sulfate soap, a waste product formed during the digestion of lysine from wood pulp in pulp and paper production. This allows minimizing the environmental hazard from environmental pollution by wood waste and pulp and paper production waste, as well as obtaining high-quality biofuel. The use of a binder allowed reducing engine power by 40%, as well as increasing the density of the resulting fuel briquettes by 10%. The pressure due to which the formation occurred without adding a binder was more than 1 GPa, with the addition of a binder – from 500 to 990 MPa.

Technological modes of production of fuel briquette from a number of technogenic wastes, which by their aggregate physical state are unsuitable for direct use in technological processes and devices, are considered in the article [1]. The application of the considered technology in practice is capable of returning industrial waste in the form of fuel briquettes. Such briquettes can be used for all types of furnaces, in boilers of any capacity – from heating private houses to large CHP. It is noted that the inclusion of alternative energy sources in the energy cycle can be a significant contribution to solving the problem of the shortage of primary energy carriers, while improving the environmental situation of the country.

In the materials of the work [26] it is substantiated that the use of used wood (WW) is an alternative additional resource of raw materials provided that it is recycled and processed into wood products: curved blanks, furniture panels, joinery and particleboard, as well as fuel pellets and briquettes. A methodology for calculating the potential of WW and its balance by categories has been developed. The potential of wood biomass – wood waste and WW in Ukraine – has been calculated, which in 2012 amounted to 6.438 million tons, in particular WW – 2.0 million tons. Based on cluster analysis, WW was monitored by regional centers of Ukraine. The main physical and mechanical properties of the resulting products were determined using the developed technologies. Based on the obtained mathematical models, the patterns of the influence of the use of WW on the physical and mechanical indicators of the resulting products were established. Regime parameters for the implementation of the obtained research results in production have been proposed.

The authors of the scientific article [27] presented the results of the study of the process of pressing biomass to obtain fuel pellets, briquettes, in particular, the influence of the pressure and temperature of pressing on the density of the resulting product was determined. The results of the conducted studies showed that increasing the pressing temperature above (90-100) °C and the pressure above (120-140) MPa is impractical, since it has little effect on increasing the density of biofuel and leads to an increase in energy consumption for its production. The results obtained can be used to determine the optimal structural and technological parameters of the process of pressing dispersed materials. The results of the development and systematization of the technological foundations of the production of solid biofuel from plant waste and composites based on them are summarized in the monograph [28]. A method for estimating the elastic coefficients of a two-component composite biofuel based on plant waste is presented. The influence of the design parameters of the die of the matrix on the quality indicators of the produced biofuel and the energy characteristics of the press equipment is determined. Technological solutions for the production of improved quality pellets from fallen leaves, composite fuel based on plant waste and brown coal, plant waste and municipal waste PETF have been proposed and experimentally investigated.

The authors of the article [29] obtained regression dependences of the compression pressure of wood waste on the compaction coefficient both in the form of sixth-order polynomials and using a power function. It was found that the power function provides better approximation reliability with a smaller number of regression coefficients. The conditions for the formation of briquettes of sufficient strength for transportation and combustion in power plants have been determined. The effect of the density of sawdust material on the compression pressure has been investigated.

As shown by the studies conducted in [30], the density of briquettes is mainly influenced by the pressing pressure created in the working chamber of the press or the molding head, which should create a force equal to or greater than the force of pushing the briquette out of the molding head. The latter mainly depends on the shape and length of the working channel, the friction forces determined by the lateral pressure of the briquettes on the walls of the working channels of the press. With a change in the axial pressure in the pressing chamber, the lateral pressure will also change, the magnitude and dynamics of which are significantly influenced by the physical and mechanical properties of the material.

The article [2] is devoted to the determination of the lateral pressure of stalk-like materials on the walls of the chamber for pressing with a hydraulic press. The methodology for conducting experimental studies is described and the results are presented, the dependences of the lateral pressure coefficient for various types of sticky materials, in particular rapeseed straw, are established. Table 1 shows the values of the lateral pressure of rapeseed straw briquetting for different values of its moisture content and pressing pressure with a hydraulic press, obtained for particle sizes up to 10 mm [2].

Table 1 – The value of the lateral pressure of rapeseed straw briquetting for different values of its moisture content and pressing pressure with a hydraulic press [2]

Hydraulic press pressing pressure, MPa	Lateral pressure, MPa, for different values of rapeseed straw moisture content, %			
	9	12	16	20
10	5.18	4.66	3.67	3.47
30	14.55	13.17	11.96	11.64

Using the data in Table 1, using the rotatable central composite design of the second-order experiment by the Box-Wilson method [31] and the developed computer program "PlanExp", which is protected by a certificate of copyright registration for the work [32] and described in detail in works [33, 34], it is possible to obtain a pairwise regression dependence of the lateral pressure of rapeseed straw briquetting on its humidity and the pressure of pressing with a hydraulic press.

Conclusion

Data are provided on the lateral pressure of rapeseed straw briquetting depending on its moisture content and the pressure of pressing with a hydraulic press.

References

1. Корчевський О. М. Визначення раціональних параметрів для отримання багатокомпонентних брикетів / О. М. Корчевський, А. М. Сурженко, М. І. Садовий // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2014. – № 2(35). – С. 9-15.
2. Кузенко Д. В. Методика та результати експериментальних досліджень коефіцієнта бокового тиску рослинних матеріалів / Д. В. Кузенко, С. І. Левко // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2014. – № 4, Т. 2. – С. 174-182.
3. Vlasov J. Study of briquetting of woodworking waste with industrial press equipment / J. Vlasov, E. Bogatova, D. Iliushenko, E. Khitro // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – 2019. – No. 19(3.2). – P. 829-834.
4. Верховна Рада України. Закон України № 555-IV "Про альтернативні джерела енергії" [Електронний ресурс] 20 лютого 2003. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
5. Vilar O. M. Mechanical properties of municipal solid waste / O. M. Vilar, M. F. Carvalhod // Journal of Testing and Evaluation. – 2004. – Vol. 32, No. 6. – P. 438-449. – <https://doi.org/10.1520/JTE11945>
6. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк // Промислова гідраліка і пневматика. – 2011. – № 34(4). – С. 80-83.
7. Gonopolsky A. M. The influence of humidity on the process of pressing solid waste with a binder / A. M. Gonopolsky, L. S. Ermakova, I. A. Patrikeev // Natural and mathematical sciences in the modern world. – 2014. – No. 19. – P. 82-84.
8. Лозінський Д. О. Оптимізація електрогідралічного розподільника з незалежним керуванням потоків / Д. О. Лозінський, Л. Г. Козлов, О. В. Піонткевич, О. І. Кавецький // Вісник машинобудування та транспорту. – 2023. – № 1. – С. 87-91.

9. Козлов Л. Г. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора [Електронний ресурс] / Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Паславська, О. В. Піонткевич // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 2. – Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/507/502>.
10. Іскович-Лотоцький Р. Д. Динамічна та математична моделі вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням / Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. П. Міськов, А. В. Слабкий // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2014. – № 48. – С. 3-10.
11. Піонткевич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача. дис. канд. техн. наук : 05.02.02 / О. В. Піонткевич. – Київ, НТТУ «КПІ», 2019. – 249 с.
12. Березюк О. В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.02.02 / О. В. Березюк. – Хмельницький, 2021. – 46 с.
13. Піонткевич О. В. Вплив параметрів системи керування гідроприводом мобільної робочої машини на динамічні характеристики / О. В. Піонткевич // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2. – С. 68-76.
14. Березюк О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 1. – С. 3-8.
15. Поліщук Л. К. Аналіз впливу параметрів системи керування на динамічні процеси гідропривода стрічкового конвеєра / Л. К. Поліщук, О. В. Піонткевич, О. О. Коваль // Промислова гідраліка і пневматика. – 2016. – № 2(52). – С. 37-47.
16. Коц І. В. Вібраційний гідропривод для пресування промислових відходів / І. В. Коц, О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 5. – С. 146-149.
17. Polishchuk L. Justification for choosing the type of belt conveyor drive / L. Polishchuk, O. Piontkevych, M. Burdeinyi, V. Trehubov // Вісник машинобудування та транспорту. – 2024. – № 1 (19). – С. 115-122.
18. Піонткевич О. В. Розрахунок гідродинамічної сили на золотнику врівноважувального клапана на основі імітаційного моделювання течії робочої рідини в його каналах / О. В. Піонткевич, Л. Г. Козлов, О. В. Березюк, О. В. Сердюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2024. – № 5. – С. 77-83.
19. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 81-86.
20. Kozlov L. The experimental stand for determining the characteristics of the hydraulic drive control system with the multifunctional counterbalance valve / L. Kozlov, O. Piontkevych, N. Semichasnova, D. D. Ubidia Rodrigues // Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Гідро- та пневмоприводи машин». – ВНТУ, 2016. – С. 119-120.
21. Hanson J. L. Compaction characteristics of municipal solid waste / J. L. Hanson, N. Yesiller, S. A. Von Stockhausen, W. W. Wong // Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. – 2010. – Vol. 136, No. 8. – P. 1095-1102.
22. Рижий В. К. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ / В. К. Рижий, Т. І. Римар, І. Л. Тимофєєв // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 712. – С. 17-22.
23. Li Y. High-pressure compaction of municipal solid waste to form densified fuel / Y. Li, H. Liu, O. Zhang // Fuel Processing Technology. – 2001. – Vol. 74, No. 2. – P. 81-91. – [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(01\)00218-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(01)00218-1)
24. Березюк О. В. Установка із вібраційним гідроприводом для брикетування відходів деревообробної промисловості / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 4. – С. 149-152.
25. Використання зв'язуючого натурального походження для удосконалення технології створення паливних брикетів із деревних відходів / М. С. Мальований, Н. Ю. Вронська, І. С. Тимчук, В. М. Жук, О. І. Мороз // Водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : колективна монографія. – Київ : Ярченко Я. В., 2023. – С. 91-105.
26. Гайда С. В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / С. В. Гайда // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: міжвід. наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 39.1. – С. 48-67.
27. Костюнін М. Дослідження процесу пресування дисперсних матеріалів з метою отримання паливних гранул, брикетів / М. Костюнін, В. Карманов, В. Михайлик // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – 2013. – № 17 (2). – С. 341-345.
28. Клименко В. В. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія / В. В. Клименко, В. І. Кравченко, В. М. Боков, В. І. Гуцул. – Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.
29. Савуляк В. І. Експериментальне визначення необхідних умов і параметрів процесу та приводу пресування паливних брикетів з відходів деревини / В. І. Савуляк, О. В. Березюк, В. П. Пурдик, С. П. Білошицький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 96-99.
30. Левко С. І. Огляд теорій процесу пресування / С. І. Левко // Вісник Львів. НАУ «Агроінженерні дослідження». – Львів, 2010. – №15. – С. 458-467.
31. Andersson O. Experiment! : planning, implementing and interpreting / O. Andersson. – John Wiley & Sons, 2012. – 288 p.
32. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Планування експерименту" ("PlanExp") / Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір № 46876 // власник свідectва О. В. Березюк. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 21.12.2012.
33. Березюк О. В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 6. – С. 23-28.
34. Березюк О. В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 3 (55). – С. 92-97.

Березюк Олег Володимирович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua

Bereziuk Oleg V. – Doct. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua