



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-2

УДК 662.8.055:665.3

К. О. Самойчук¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-3423-3510

В. А. Самохвал¹, аспірант

ORCID: 0000-0001-5539-3647

О. О. Червоткіна¹, інженер

ORCID: 0000-0002-6214-0566

¹ *Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: +380978805485

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БАГАТОСЕКЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ФОРМУВАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ НА ГВИНТОВИХ ПРЕС-ЕКСТРУДЕРАХ

Анотація. Актуальність даних досліджень зумовлена проблемою, з якою стикаються виробники паливних брикетів, при використанні більшості відомих прес екструдерів, які при роботі, особливо в теплий період року, мають сильне перегрівання обладнання та готової продукції що в свою чергу зменшує ресурс обладнання та погіршує якість продукції. З даною проблемою найчастіше стикаються виробники що використовують в якості сировини відходи провіювання таких культур як соняшник, соя, рапс, коріандр, льон. Дані культури в великих обсягах вирощуються в нашій державі тому сировинна база дуже велика, а отже і є велика доцільність досліджень в даному напрямку. Наші дослідження направлені на вирішення проблеми перегріву пристрою остаточного формування паливного брикету. Однією з головних цілей роботи є покращення якості продукції та стабілізувати роботу пресового обладнання в теплий період року. Проаналізувавши існуючі пристрої для формування паливних брикетів та їх недоліки було прийнято рішення розробити новий пристрій остаточного формування з обладнаною системою охолодження найбільш нагріваємих секцій пристрою.

Ключові слова: екструдкування, охолодження, брикет паливний, прес, формування, стискання.

Постановка проблеми. Велика кількість паливних брикетів виготовляється на підприємствах які безпосереднім чином пов'язані з сільським господарством та використовують в якості сировини: відходи провіювання таких культур як соняшник, льон, соя, рапс, коріандр [1, 2]. Всі ці культури в своїй структурі містять рослинні олії а отже мають високу калорійність при згоранні [3]. При роботі з даним видом сировини найбільш оптимально показало себе пресове обладнання шнекового типу [4]. При роботі в теплий період часу даний для даного типу обладнання характерний надмірний нагрів – температурні показники перевищують 100 °С, що в свою чергу сильно



погіршує якість готової продукції. При цьому рідкі компоненти (олія та вода), які містяться в сировині, переходять до пароподібного стану, та починають інтенсивно виділятися, роблячи брикет крихким [5]. Для подолання даної проблеми більшість виробників роблять паливний брикет з центральним отвором через який в процесі виробництва виходить пар. Але даний вид брикету легше піддається розкрошуванню завдяки особливостям своєї форми. Також паливні брикети з центральним отвором на 25% згорають швидше ніж паливні брикети без центрального отвору [7]. При цьому пресове обладнання при роботі з високими температурами скорочує свій ресурс безвідмовної роботи [8].

Головною метою наших досліджень є розробка вдосконаленого обладнання, яке в свою чергу могло б забезпечити стабільну роботу з рослинним видом сировинної бази в теплий період року та забезпечити виготовлення паливних брикети без центрального отвору високої якості. В свою чергу обладнання повинно бути широкоуніверсальним та поєднувати в собі формуючий пристрій та охолоджувач і при цьому всьому забезпечувати максимальний період перебування стиснутої сировини в пристрої [9].

Аналіз останніх досліджень. Частина всіх досліджень напрямку виробництва паливних брикетів спрямована на вивчення процесів, що відбуваються при переробці різних видів сировини та на конструктивну будову безпосередньо обладнання під кожний конкретний вид сировини. Більшість науковців та виробників пресового обладнання працюють в парі та зосереджуються на розробці все нових більш досконалих зразків обладнання [10]. Дана галузь є дуже перспективною, адже економіці країн необхідно постійне зниження вартості джерел енергії та пошук альтернативних їх видів. З кожним роком вчені вносять великий вклад в розвиток даного напрямку. Для кожної країни та кожного регіону окремо виділяються свої сировинні бази та конкретні види обладнання що працюють з ними [11]. В нашій країні одна з найкращих сировинних баз в Європі, так як Україна є аграрною країною з великою територією де вирощуються культури, відходи переробки яких гарно підходять для виготовлення паливних брикетів, високої якості.

Для нашого регіону найбільш ефективним є шнекове обладнання так, як воно задовольняє більшість критеріїв по виготовленню брикетів гарної якості з сировини переробки сільського господарства [12]. Даний вид обладнання гарно зарекомендував себе при роботі в різних сферах вже багато років [13]. Проводячи аналіз літератури та новітніх розробок ми бачимо, що з кожним роком шнекове обладнання стає більш універсальним та інноваційним [14]. Існує велика кількість розробок та патентів на обладнання цього типу, під



кожний конкретний вид сировини, але ще дуже мало обладнання яке б могло забезпечувати стабільну роботу з більшістю видів сировини, та забезпечувати стабільну роботу в теплий період року при виготовленні паливного брикету без отвору [15].

Проводячи аналіз різних видів обладнання та всіх процесів що відбуваються при виготовленні паливних брикетів з таких культур як соняшник, льон, соя, рапс, коріандр потрібно розглянути фактори температури на кожному етапі формування брикету та час перебування сировини в формуючому пристрої а також ступінь її стиснення [16]. Більшість науковців та виробників для вирішення даного питання часто включають в лінію брикетування багато додаткового обладнання, що в свою чергу збільшує енергоємність та витрати на обслуговування, що призводить до збільшення собівартості готової продукції [17, 18].

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою статі є розробка більш універсального обладнання зі зниженою собівартістю з високими ресурсними показниками, здатного працювати в теплий період року з більшістю видів сировини регіону півдня України та забезпечувати високу якість готової продукції. При цьому пристрій повинен бути сумісним з більшістю видів шнекового обладнання та мати на кожному етапі формування сировини замкнутий контур для зменшення кількості охолоджуючої рідини.

Основна частина. Для досягнення мети дослідження, необхідно, щоб робочі органи установки, що розробляється, були взаємозамінні та доволі прості в обслуговуванні, а система охолодження – мала регулювання ступеня остаточного формування паливних брикетів та виконувалися в парі з двокамерним прес-екструдером [6]. Досліди проводилися в теплий період року та при максимально наближених до промислових умовах. Пресове обладнання перед виконанням дослідів прогрівалося та виводилося на стабільну роботу. Під час проведення експериментальних досліджень всі заміри проводилися за однаковий період часу та з використанням однорідної сировини [19].

Для проведення експериментальних досліджень розробили багатосекційний пристрій остаточного формування та обладнали його додатково системою охолодження певної кількості секцій, які з'єднали послідовно між собою для досягнення однорідної температурив всіх секціях та встановили радіатор охолодження та помпу [20].

Конструкція робочих органів зображено на (рис. 1) [6].

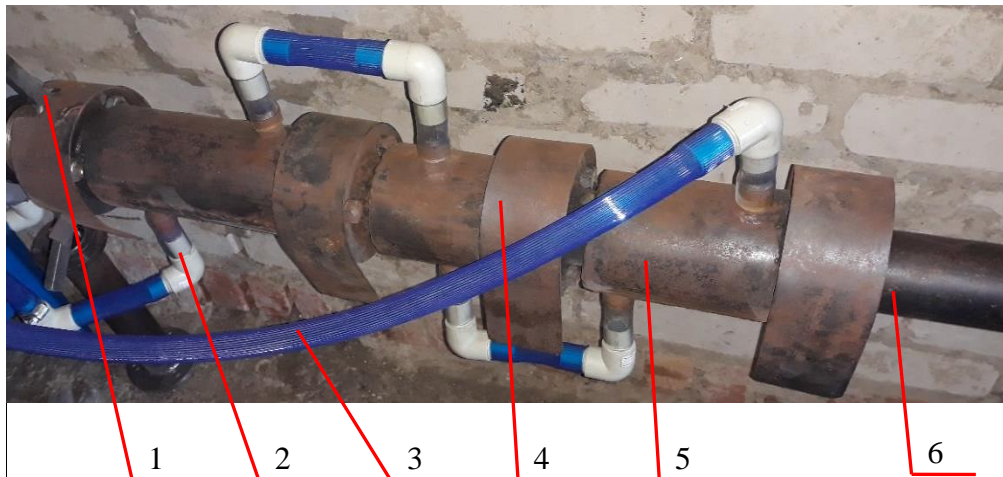


Рис. 1. фрагмент пристрою остаточного формування, з системою охолодження: 1 – регулятор тиску другої камери; 2 – патрубок подачі рідини після охолодження; 3 – патрубок відводу гарячої рідини ; 4 – кожух фланцевого з'єднання секцій; 5 – секція обладнані охолодженням; 6 – секція без додаткової системи охолодження

Для забезпечення необхідної точності кількість повторностей дослідів становила 5 разів, після чого визначали середнє значення. Грубі похибки вимірювань відсіювали за допомогою критерію максимальних розбіжностей [21]. Тривалість кожного дослідів становила не менше двох годин, щоб досягти стабільних та відтворюваних результатів. Всі заміри заносились в таблицю. Пристрій використовувався в парі з двоступеневим прес-екструдером, технічні характеристики якого приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічна характеристика шнекового прес-екструдера

Технічні характеристики	Величина
Середня продуктивність, кг/год	110-150
Встановлена корисна потужність, кВт	до 7,5
Максимальна дозволена потужність, кВт	10
Частота обертання шнеків, об/хв	70-85

Головною метою експериментальної частини було дослідити розроблений пристрій та вплив системи охолодження на якість готової продукції [22]. Під час дослідів змінювали кількість секцій з охолодженням та заміряли температуру брикету на виході за допомогою безконтактного інфрачервоного пірометра Venetech GM333. З проведених дослідів ми отримали результати які занесли в таблицю 2.

Таблиця 2

Показники температури брикету з застосуванням секцій обладнаних додатковим охолодженням

Кількість секцій, обладнаних додатковим охолодженням	1	2	3
Довжина секцій з охолодженням, мм	245	445	690
Температура брикету на виході з використанням кожної з секцій, °С	114	97	84

При проведенні дослідів з використанням лише однієї секції з охолодженням сировина піддавалася значному перегріву, так як температура брикету на виході становила більше 114°С. При цьому відбувалося виділення пари, яка деформувала брикет [23]. При збільшенні секцій з охолодженням температура готової продукції пропорційно знижувалась, а якість брикету, внаслідок відсутності пароутворення, поліпшувалась. З результатів поведеного дослідження видно, що достатньо встановити лише три секції з охолодженням щоб забезпечити стабільну роботу обладнання в теплий період року [24]. На рисунку 2 зображено продукцію з перегрівом та без перегріву сировини.



а) брикет при температурі 114°С б) брикет при температурі 84°С

Рис. 2. Вироблені паливні брикети з перегрівом та без перегріву сировини

Наявність системи охолодження дало змогу виготовляти паливні брикети, в яких відсутній внутрішній отвір, високої щільності, при цьому збільшилася об'ємна вага брикету [25]. Тобто якість продукції, що характеризується тривалістю горіння, підвищилась.

Висновки. При проведенні аналізу і систематизації процесів виготовлення паливних брикетів, конструкцій закордонного та



вітчизняного пресового обладнання та оцінки їх взаємодії з різними видами сировини, отримані результати, завдяки яким було розроблено нове обладнання, яке покращує якісні показники паливних брикетів.

З проведених досліджень встановлено, що температурні показники пристрою та сировини, та час перебування сировини в стиснутому стані сильно впливають на якість готової продукції. Експериментальним шляхом підтвердили проведені раніше теоретичне твердження, що багатосекційний пристрій остаточного формування з системою охолодження окремих секцій забезпечує стабільну роботу обладнання навіть в теплий період року при виготовленні паливних брикетів які не містять центрального отвору. Для підтримання стабільної температури нижче за пароутворення достатньо використовувати 3 секції з охолодженням.

Розроблений нами пристрій забезпечив істотне підвищення показників щільності, об'ємної маси та тривалості горіння - тобто підвищення якості продукції. А також виключення застосування додаткового більш дорогого проміжного обладнання що знижує собівартість продукції.

Список використаних джерел

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник для енергет. і еколог. спец. вищих навчальних закладів / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлов; під ред. д.т.н., проф. В. Лютко. Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. 225 с.

2. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом. *Інженерія природокористування*. 2020. Вип. 3(17). С. 15-22.

3. Choton S., Gupta N., Vandral J.D., Anjum N. & Choudary A. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*. 2020. Vol. 9(2). P. 162-168. <https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367>.

4. Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Серія Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2018. Вип. 190. С. 192–202.

5. Bogaert L., Mhemdi H., & Vorobiev E. Residence time distribution and flow pattern modeling of oilseeds in a pilot screw press. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27, № 65. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020060>.



6. Шнековий прес-екструдер для отримання брикетів: пат. 127064, Україна, МПК A01D 41/02. a202007249: заявл. 13.11.2020: опубл. 30.03.2023, Бюл. № 13.
7. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко [та ін.]. Київ: ПрофКнига, 2021. 468 с.
8. Indartono Y. S., Heriawan H. & Kartika I. A. Innovative and flexible single screw press for the oil extraction of Calophyllum seeds. *Research in Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 65. P. 91-97.
9. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasyliv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O. & Bober A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. Vol.14. P. 937–944. <https://doi.org/10.5219/1436>.
10. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Госовський Р. Р., Мотіль І. М. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 39. С. 138–146.
- 11 Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. С.152-159
12. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Характеристики використання брикетування в переробній промисловості. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 182–184.
13. Pedretti F., Gatto D., Pieri S., Mangoni L., Iari A., Mancini M., Feliciangeli G., Leoni E., Toscano G. & Duca D. Experimental study to support local sunflower oil chains: Production of cold pressed oil in central Italy. *Agriculture*. 2019. Vol. 9(11), is. 231. <https://doi.org/10.3390/agriculture9110231>.
14. Alabi K., Busari R. & Joel O. Development and performance evaluation of a variable-pitch tapered-shaft screw press for palm oil extraction. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*. 2022. 9(2). P. 49-61. <https://doi.org/10.54287/gujasa.1069996>.
15. Antoniassi R., Wilhelm A. E., Reis S. L. R., Regis S. A., Faria-Machado A. F., Bizzo H. R. & Cenci S. A. Expeller pressing of passion fruit seed oil: Pressing efficiency and quality of oil. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2022. Vol. 25. no 2021168. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16821>.
16. Самохвал В. А., Самойчук К. О. Виготовлення паливних брикетів на пресі екструдерного типу. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матер. III



Міжнар. наук.-практ. конференція молодих учених (24 лютого 2023). Запоріжжя, 2023. С. 11.

17. Carré P. New approach for the elucidation of the phenomena involved in the operation of vegetable oil extraction presses. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2022. Vol. 29(6). <https://doi.org/10.1051/ocf/2021048>.

18. Дідур В., Кюрчев В., Чебанов А., Асєєв А. Підвищення ефективності технологічного процесу переробки насіння рицини на рицинову олію. *Сучасні шляхи розвитку агропромислового виробництва*. 2019. С. 17-27. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_3.

19. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Підвищення ефективності виробництва паливних брикетів з оліємістких сировин в шнекових прес-екструдерах. *Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023: зб. тез доп XIX Міжнар. наук. конференції (18-19 травня 2023 року, НУБіП)*. Київ, 2023. С. 56-59.

20. Самохвал В. А., Самойчук К. О. Дослідження ефективності роботи обладнання для інтенсифікації відтискання технічних олій в гвинтових прес-екструдерах для виготовлення паливних брикетів. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 1. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-16>.

21. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Перспективи використання біопалива з рослинної сировини. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії: матер. VI між нар. наук.-практ.конференції (3-4 листопада 2022 р.)* Черкаси, 2022. С. 158–161.

22. Alonge A. F., Jackson N. Extraction of vegetable oils from agricultural materials: A review. *Proceedings of the 12th CIGR Section VI International Symposium*. Ibadan: CIGR – International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. 2019. P. 1184-1206.

23. Bălțatu C., Mateescu M., Anghelache D., Tăbărașu A. The importance of moisture in extracting oils from oilseeds. A review. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*. 2022. Vol. 2. С. 167-170.

24. Fakayode O. & Ajav E. Development, testing and optimization of a screw press oil expeller for moringa (*Moringa oleifera*) seeds. *Agricultural Research*. 2019. Vol. 8. P. 102–115. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0342-6>.

25. Gudzenko M. M., Vasylyv V. P., Mushtruk M. M., Zheplinska M. M., Palamarchuk I. P., Burova Z. A., Sarana V. V. Parameters of screw nozzles of twin-screw extruder-press on oil yield. *Animal Science and Food Technology*. 2021. Vol. 12(3). P. 5-17. <https://doi.org/10.31548/animal2021.03.001>.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2024 р.



K. Samoichuk¹, V. Samokhval¹, O. Chervotkina¹
¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrrotechnological University

**STUDY OF THE OPERATION OF A MULTI-SECTION DEVICE
FOR FORMING FUEL BRIQUETTES ON SCREW PRESS EXTRUDERS**

Summary

The relevance of this research is due to the problem faced by manufacturers of fuel briquettes when using most of the known press extruders, which, especially in the warm season, have a strong overheating of equipment and finished products, which in turn reduces the life of the equipment and degrades the quality of products. This problem is most often encountered by producers who use waste from the processing of such crops as sunflower, soybeans, rapeseed, coriander, flax as these crops contain high levels of oil in their structure. These crops are grown in large volumes in our country, so the raw material base is very large, and therefore there is a great expediency of research in this direction. Our research is aimed at solving the problem of overheating of both the final molding device and the fuel briquette itself. One of the main goals of the work is to improve the quality of finished products and stabilize the operation of press equipment during the warm season and beyond. After analyzing patents and existing well-known devices for forming fuel briquettes and their components, operating principle and their shortcomings, it was decided to develop a new universal device for final forming of fuel briquettes with an equipped cooling system for the most heated sections of this device. The task was to produce a device that should have a low cost and be compatible with most of the known press extruders. All parts of the device should be interchangeable and fairly easy to maintain, and the cooling system should be controlled at each stage of the raw material molding and have a closed circuit to reduce the amount of coolant. This system should ensure the production of good quality fuel briquettes that do not contain internal holes from crops such as sunflower, flax, soybeans, rapeseed, coriander. The device we developed provided very good indicators of the stability of the equipment and ensured an increase in the quality of products. The device developed by us ensured the exclusion of the use of additional, more expensive intermediate equipment, which reduces the cost of production.

Keywords: extrusion, cooling, fuel briquette, press, forming, compression.