

## УТИЛІЗАЦІЯ ЗНОШЕНИХ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН ШЛЯХОМ ПЕРЕРОБКИ В ПАЛИВНІ БРИКЕТИ

**Семірненко Юрій Іванович.**

кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-4230-4614  
email: usemirnenko@gmail.com

**Семірненко Світлана Леонідівна**

кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-9304-3637  
email: semirnenkosv@gmail.com

*Наведені проблеми, які виникають при накопиченні зношених автотракторних шин. Приведений аналіз результатів досліджень по утилізації автотракторних шин. Наведені результати власних досліджень по утилізації шин шляхом їх переробки та використання у якості комбінованого палива.*

**Ключові слова:** шини, утилізація, переробка, гумова крихта, брикети, щільність, тепловодна здатність.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2020.3.4>

**Постановка проблеми.** Однією із нагальних проблем, що стоїть перед автотранспортними підприємствами нашої країни, є проблема утилізації відпрацьованих шин. Утилізація та переробка – це не тільки скорочення забруднення, а й скорочення споживання природних ресурсів та енергії. Безперервне зростання автотракторного парку призводить до постійного збільшення кількості відпрацьованих шин. Тому, у всьому світі значна увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання, в тому числі зношених шин [1-3]. Ця проблема має важливе екологічне значення, оскільки зношені шини, накопичуються в місцях їх експлуатації (на автобазах, промислових, сільськогосподарських підприємствах і т. д.), вивозяться на сміттєзвалища або розсіяні на навколишній території, забруднюють навколишнє середовище оскільки не розкладаються, внаслідок своєї високої стійкості до дії зовнішніх чинників (сонячного світла, вологи, кисню, озону, мікробіологічних впливів). Шини мають високу пожежну небезпеку, а продукти їх неконтрольованого спалювання здійснюють вкрай шкідливий вплив як на навколишнє середовище (грунти, води, повітряний басейн), так і на його мешканців. При цьому постійне посилення прийнятих міжнародних норм, що обмежують забруднення навколишнього середовища відходами, змушує витратити значні кошти на ліквідацію наслідків забруднення. Таким чином, на зріла гостра необхідність утилізації зношених шин [3, 4]. Проблема зношених шин має також суттєве економічне значення, оскільки потреби господарства в природних ресурсах безперервно ростуть. Останні стають все більш обмеженими, а їх видобуток – все більш дорого вартісним.

Використання відпрацьованих шин у якості палива дозволить значно заощадити ресурси. Так шини є джерелом цінної вторинної сировини: гуми (каучуку), сажі (практично чистого вуглецю) і представляють величезний резерв сировини, а ліквідація сміттєзвалищ зношених шин звільнить значні площі займаних ними земель [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Незважаючи на накопичені наукові здобутки та значний практичний досвід у сфері технології утилізації автотракторних шин, які знайшли відображення в працях ряду дослідників, серед яких

М.І. Сергієнко, А.І. Васильченко, М.П. Веремєнко, Л.Д. Пляцук, Л.Л. Гурець, О.П. Будьонний та ін. [3, 4], перспективним напрямком досліджень є утилізація відпрацьованих шин сільськогосподарських підприємств у якості місцевого палива, що забезпечить вирішення як екологічних, так і енергетичних та економічних проблем.

**Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми.** На основі аналізу літературних джерел було проведено перевірку можливості утворення брикетів із соломи з обґрунтованими параметрами [5, 6] та визначені найбільш значущі параметри гумової крихти, що впливають на щільність брикетів: розмір крихти, вміст гумової крихти в брикеті, тиск пресування.

**Формування цілей статті.** Метою досліджень є утилізація гумової крихти шляхом виготовлення композитних паливних брикетів із гумової крихти та соломи. Для вирішення даної проблеми нами були проведені лабораторні дослідження по визначенню раціональних параметрів: відсотку гумової крихти, її розміру та тиску пресування для виготовлення паливних брикетів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для забезпечення практичного використання результатів, отриманих при проведенні досліджень, за допомогою комп'ютерного забезпечення були побудовані та проаналізовані залежності щільності брикетів від розміру гумової крихти, вмісту гумової крихти, тиску пресування (рис. 1-3). Брикети виготовлялися діаметром 70 мм. Кожен дослід проводився трикратно, відбиралися результати з найменшими явними похибками.

Для брикетування використовувалася солома озимої пшениці з оптимальними параметрами.

Розмір фракції соломи становив 10 мм, вологість соломи – 14%.

Основною задачею досліджень є – установлення можливості отримання брикетів задовільної щільності з мінімізацією витрат на їх виготовлення.

Першими були установлені залежності щільності композитних брикетів від розміру гумової крихти (тиск пресування 130 МПа, гумова крихта – 5%, солома – 95%). Досліди проводились для фракцій крихти 0,5, 1, 2, 3, 4 та 5 мм. Вибір

вказаних розмірів крихти пов'язаний з роботою обладнання. При подрібненні автомобільних шин до рівня крихти, йде її

розділення на фракції на ситах.

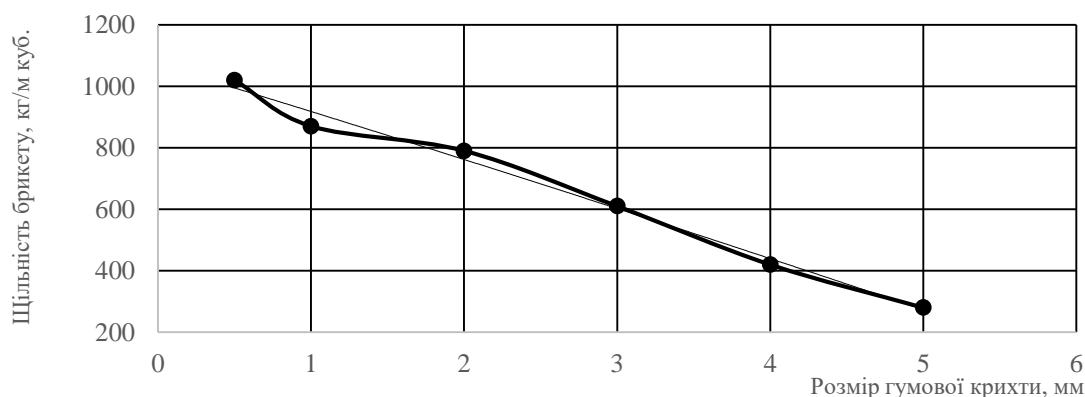


Рис. 1. Залежність щільності композитних брикетів від розміру гумової крихти (тиск пресування 130 МПа, гума крихта – 5%, солома – 95%)

В результаті проведення досліджень (рис. 1), було виявлено, що на щільність брикетів значно впливає розмір фракція гумової крихти. Найбільша щільність при тиску пресування 130 МПа та частці гумової крихти в брикеті 5% буде при розмірі крихти 0,5 мм, найменша – при 5 мм. Це пов'язано з тим, що зі збільшенням розміру часток, гума крихта виконує функцію демпфера, це впливає на щільність брикетів, їх цілісність та крихкість. Проаналізувавши дану залежність, було виявлено, що раціональним при тиску пресування 130 МПа та частці гумової крихти в брикеті 5% є розмір крихти 2 мм. При такому розмірі фракції щільність брикетів буде задовільною – 790 кг/м<sup>3</sup>, задовільними будуть і характеристики міцності.

В результаті проведених досліджень, було встановлено, що залежність щільності композитних брикетів від розміру гумової крихти описується наступним рівнянням:

$$y = -1,6882x^2 - 151,13x + 1071 \quad (1)$$

Були проведені дослідження по визначенню впливу на щільність композитних брикетів вмісту гумової крихти при тиску пресування 130 МПа та визначеного розміру крихти – 2 мм.

Досліди проводилися при вмісті крихти в суміші 1%, 5%, 10% та 15%. Для кожного значення вмісту крихти дослідження проводилось трикратно.

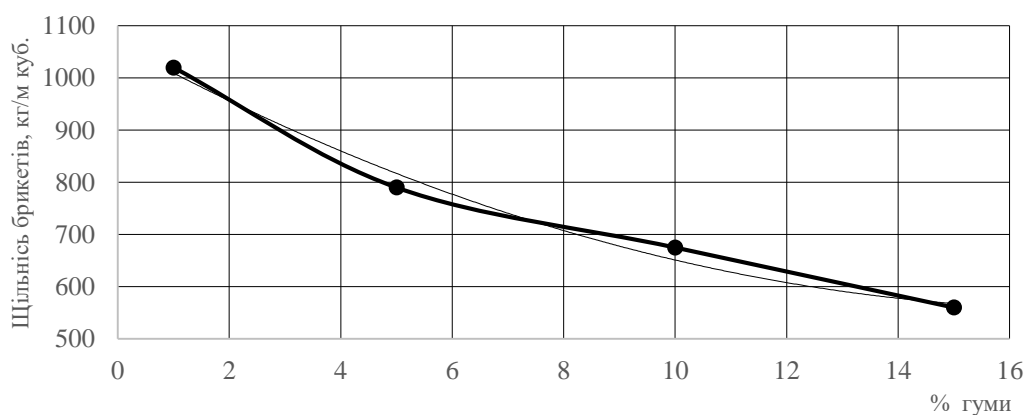


Рис. 2. Залежність щільності композитних брикетів від вмісту гумової крихти (тиск пресування 130 МПа, розмір крихти – 2 мм, і розмірі часток соломи 1,0×10<sup>-2</sup>м)

В результаті проведених досліджень було встановлено, що на щільність брикетів значно впливає відсоток гумової крихти у сировині (рис. 2). Так, при тиску пресування 130 МПа, отримані брикети мали цілісність, якщо відсоток гумової крихти становив 10%. Але дані брикети мали низьку міцність (розсипалися при перекладанні), мали високу крихкість. При більшому відсотку крихти – брикети не формувалися. Найвища щільність брикетів спостерігалася при вмісту крихти – 1%. При відсотку крихти 5% брикети мали задовільну щільність – 790 кг/м<sup>3</sup>. Дані брикети мали достатню міцність, задовільну крихкість. Недоліком їх є наявність тріщин на поверхні (зовнішній вигляд). У більшості своїй тріщини та зменшення

характеристик міцності брикетів пов'язані із релаксацією напруги в них. На релаксацію напруги в брикеті значно впливає наявність гумової крихти. Брикети із такою щільністю можуть бути використані у якості місцевого палива.

Залежність щільності композитних брикетів від вмісту гумової крихти описується рівнянням:

$$y = 1,6535x^2 - 57,997x + 1065,6 \quad (2)$$

Також, нами були проведені дослідження по визначенню впливу щільності композитних брикетів від тиску пресування при вологості соломи 14 %, вмісту крихти 5%, її розміру 2 мм і розмірі часток соломи 10 мм.

Досліди проводилися трикратно для кожного тиску пресування – 110, 120, 130, 140, 150, 160 МПа.

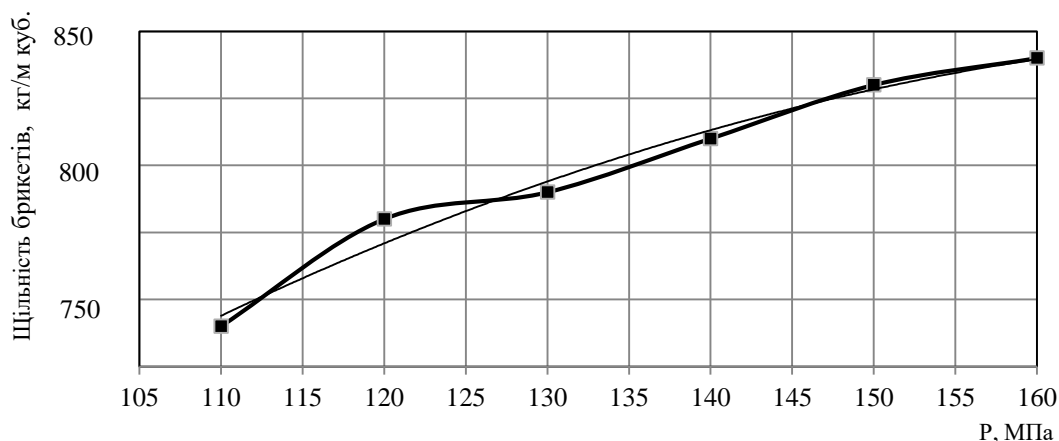


Рис. 3. Залежність щільності композитних брикетів від тиску пресування при вологості соломи 14 %, вмісті крихти 5%, її розміру 2 мм і розмірі часток соломи  $1,0 \times 10^{-2}$  м

Як видно із рис. 3, щільність брикетів безпосередньо залежить від тиску пресування, із його збільшенням, збільшується й щільність брикетів. При тиску 160 МПа щільність брикетів буде становити  $840 \text{ кг/м}^3$ , а при найменшому тиску випробування – 110 МПа, щільність становила  $740 \text{ кг/м}^3$ . Нами було вибрано більш раціональний тиск, при якому забезпечуються задовільні показники міцності брикетів, їх цілісності та крихкості. Таким тиском було вибрано значення 130 МПа. Даний тиск був прийнятий для подальших досліджень також із міркувань робочого тиску, який створює більшість обладнання для брикетування.

Значення залежності щільності композитних брикетів від тиску пресування описується рівнянням:

$$y = -2E-05x^2 + 0,0072x + 0,1876 \quad (3)$$

При зміні тиску з 110 МПа до 160 МПа щільність паливних брикетів збільшилась на  $100 \text{ кг/м}^3$ . При тиску 110 МПа відбувається зовнішнє ущільнення матеріалу за рахунок порожнеч між частками. По мірі зростання тиску, ущільнюються і деформуються самі частки; між ними виникає молекулярне зчеплення. Високий тиск у кінці пресування призводить до переходу пружних деформацій часток в пластичні, внаслідок чого структура брикету зміцнюється і зберігається задана форма. Завдяки хімічній реакції лігніну на тиск більше 120 МПа і високу температуру, речовина набуває в'язко пластичних властивостей і брикет набуває задовільних показників якості.

На рис. 4 наведені зразки брикетів із суміші соломи та гумової крихти, які були виготовлених на лабораторній установці.

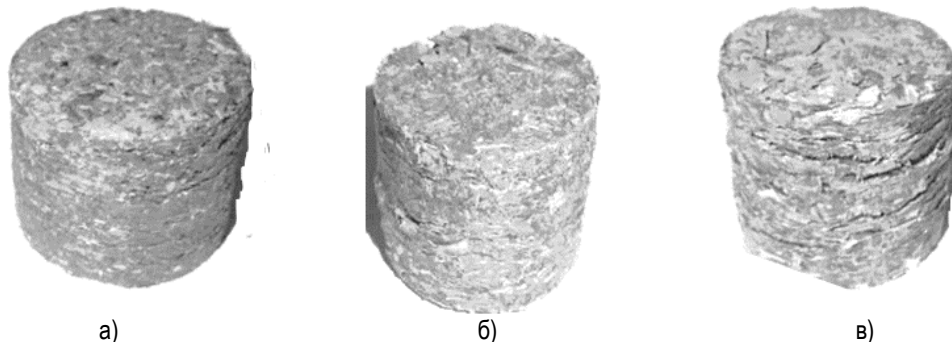


Рис. 4. Зразки брикетів, що були отримані на лабораторній установці із суміші соломи та гумової крихти при різних значеннях відсотку гумової крихти (тиск пресування 130 МПа, розмір крихти – 2 мм, і розмірі часток соломи 10 мм): а) 1%, б) 5%; в) 10%

Як видно із рис. 4, дані брикети навіть візуально відрізняються своєю цілісністю, а відповідно й щільністю та крихкістю.

Таким чином, нами були установлені наступні параметри для виготовлення паливних брикетів із суміші соломи та гумової крихти.

Для соломи:

- розмір фракції – 10 мм,
- вологість соломи – 14 %.

Для гумової крихти:

- розмір фракції – 2 мм,
- вміст крихти в сировині – 5 %

Згідно власних досліджень, раціональним був вибраний тиск пресування для виготовлення паливних брикетів – 130 МПа.

Використання даних композитних брикетів у порівнянні із брикетами, що виготовлялися тільки із соломи озимої пшениці дає підвищення їх теплотворної здатності.

Так, згідно довідникових даних, теплотворна здат-

ність брикетів із озимої пшениці становить 3400 ккал/кг, теплотворна здатність гумової крихти – 7500 ккал/кг. При співвідношенні соломи до гумової крихти 95:5 – теплотворна здатність таких брикетів буде становити 3605 ккал/кг, що забезпечує збільшення теплотворної здатності на 6%.

Так, наприклад, при використанні для виготовлення паливних брикетів преса ударно-механічного Scorpion SP 50-350т з його експлуатаційною продуктивністю 300 кг за годину при двозмінній роботі обладнання можна забезпечити утилізацію гумової крихти за даний час у кількості 240 кг. Тобто,

фактична утилізація гумової крихти за місяць буде становити близько 6 тисяч кг.

**Висновки.** Проведені дослідження показали можливість утилізації відпрацьованих шин шляхом переробки в гумову крихту та виготовлення композитних паливних брикетів. У результаті проведених лабораторних досліджень були визначені раціональні параметри гумової крихти, її відсоток у складі сировини та тиск пресування для виготовлення композитних паливних брикетів.

#### **Список літератури:**

1. Колотило Д. М. Системи технологій і екологія промисловості. -К.: НМКВО, 1992. –400 с.
2. Виллу Варес, Юло Каськ, Пеэтер Муйсте и др. Справочник потребителя биотоплива. - Таллин.: Таллинский технический университет, 2005. - 183 с.
3. Сергієнко М.І. Проблема утилізації автомобільних шин та шляхи її вирішення / М.І. Сергієнко, А.І. Васильченко, М.П. Веремєнко // Збірник наукових праць НТК «Енергетика. Екологія. Людина», розділ «Інженерна екологія» –К., 2009. –С. 338-341.
4. Пляцук Л.Д. Утилізація гумових відходів / Л.Д. Пляцук, Л.Л. Гурець, О.П. Будьонний // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. Випуск 5/2007 (46).Ч.1 –С. 152 –154.
5. Семірненко С.Л. Брикетування соломи як альтернатива сільськогосподарським спалюванням / С.Л. Семірненко, Ю.І. Семірненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства: (технічний сервіс машин для рослинництва). 2013. – Вип. 134. – С. 271–275.
6. Kaletnik, H. (2010). Biopalyvo. Prodovolcha, enerhetychna ta ekonomichna bezpeka Ukrainy [Biofuels. Food, energy and economic security of Ukraine]. Kyiv: Khai-Tek Pres (in Ukrainian) (2010).

**Semirnenko Y.I.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

**Semirnenko S.L.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

#### **Utilization of used automotive tires by processing into fuel briquettes**

*One of the urgent problems facing the trucking companies of our country is the problem of recycling used tires. Utilization and recycling is not only the reduction of pollution, but also the reduction of consumption of natural resources and energy. The continuous growth of the tractor fleet leads to a constant increase in the number of used tires. This problem is of great environmental importance, as worn tires accumulate in the places of their operation (at the motor depot, industrial, agricultural enterprises, etc.), are taken to landfills or scattered in the surrounding area, pollute the environment because they do not decompose due to their high resistance to action of external factors (sunlight, moisture, oxygen, ozone, microbiological influences). Tires have a high fire hazard, and the products of their uncontrolled combustion have an extremely harmful effect on the environment (soil, water, air pool) and its inhabitants. At the same time, the constant strengthening of accepted international norms limiting environmental pollution by waste forces us to spend significant funds on the elimination of the consequences of pollution. Thus, there is an urgent need to dispose of used tire waste.*

*Tires are a source of valuable secondary raw materials: rubber (rubber), soot (almost pure carbon) and represent a huge reserve of raw materials, and the elimination of landfills of worn tires will free up significant areas of land occupied by them. Based on the analysis of literature sources, the possibility of formation of straw briquettes with reasonable parameters was checked and the most significant parameters of rubber crumb influencing the density of briquettes were determined: crumb size, rubber crumb content in briquette, pressing pressure.*

*To ensure the practical use of the results obtained during the research, the dependences of the density of briquettes on the size of the rubber crumb, the content of the rubber crumb, the pressing pressure were constructed and analyzed with the help of computer software. Winter wheat straw with the addition of rubber crumb was used for briquetting. The briquettes were made with a diameter of 70 mm. Each experiment was conducted three times, the results with the smallest obvious errors were selected.*

*As a result of laboratory tests, the optimal parameters for the manufacture of fuel briquettes from a mixture of straw and rubber crumb were determined. For straw, the fraction size is 10 mm, the moisture content of the straw is 14%. For rubber crumb, the fraction size is 2 mm, the content of rubber crumb in the raw material is 5%. According to research, it was rational to vibrate the pressing pressure for the manufacture of fuel briquettes - 130 MPa.*

*The calculations show that the use of the proposed briquettes as fuel in comparison with briquettes, which were made only from winter wheat straw, will increase their calorific value by 6%.*

**Key words:** tires, utilization, processing, rubber crumb, briquettes, density, calorific value.

Дата надходження до редакції: 14.11.2020