УДК 662.8:517.93

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ УДАРНИМ СПОСОБОМ

О. І. ЄРЕМЕНКО, канд. техн. наук, доцент
С. І. ФОМІН, студент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Фізична сутність процесу брикетування біомаси полягає в інтенсивному зближенні частинок матеріалу і виникненні молекулярних сил їх зчеплення. Весь процес можна поділити на три фази [1].

Перша фаза. В каналі пресування зменшується об’єм сировинної біомаси за рахунок попереднього ущільнення і витіснення повітря. Частинки матеріалу

зближуються і збільшується площа їхнього дотику. Енергія, що підводиться до біомаси, витрачається на подолання тертя між частинками, об стінки пресувального каналу і робочих органів та на витіснення повітря.

Друга фаза характеризується інтенсивним розвитком пружно-в'язких деформацій та швидким збільшенням тиску пресування. Частина енергії, що підводиться, витрачається на подолання внутрішнього тертя і деформації частинок. Інша складова енергії накопичується у брикеті, що формується.

Третя фаза передбачає стиснення сформованого моноліту. Це супроводжується продовженням зростання тиску при незначному збільшенні щільності. Накопичена енергія у виробі, як потенціал пружної дії, може призвести до руйнування готових брикетів.

Одним із основних показником якості брикетів з біомаси є щільність, яка залежить від створеного тиску, способів брикетування, властивостей сировини тощо [1, 2]. Залежність між цими величинами дозволяє визначати зусилля, що діють у виконавчих органах брикетного преса, та енергію, потрібну для брикетування. Для отримання залежності тиску пресування P ударним способом від нормативної щільності брикетів приймаємо наступні припущення [1]:

- початкова щільність біомаси ρ_0 однакова в усьому пресувальному каналі;
- нормальні напруги в кожній точці каналу пресування рівні;
- щільність біомаси у процесі стиснення зростає безперервно.

Вважаємо, що збільшення тиску при певному інтервалі деформації біомаси, залежить лише від щільності. Тобто похідна тиску за щільністю є безперервною функцією прикладеного тиску $dP/d\rho = f(P)$. Дослідження процесу брикетування біомаси [1, 2] дають підстави припустити, що функція $f(P)$ є лінійна, тобто $dP/dp = aP+b$. Розділивши змінні та інтегрувавши праву та ліву частини цього вихідного рівняння в межах від 0 до P та від ρ_0 до ρ, отримуємо:

$$P = C\,[\ e^{a(\rho-\rho_0)} - 1], \tag{1}$$

де $C = b/a$ (коефіцієнти C, b і a залежать від початкової щільності біомаси).

При $P = C(e - 1)$, $\rho = \rho_0+1/a$, де величина $1/a$ - збільшення початкової щільності біомаси.

Разом із залежністю $P=f(\rho)$, представленої рівнянням (1), зусилля брикетування функціонально залежить від лінійної деформації S $(P = f(S))$.

Розглянемо процес стиснення біомаси в каналі довжиною L і площею поперечного перерізу u, вважаючи, що весь об'єм заповнений масою M. Початкова щільність біомаси в каналі $\rho_0 = M/Lu$. Тоді вираз має такий вигляд:

$$\rho - \rho_0 = M\left[\frac{1}{(L-S)u} - \frac{1}{Lu}\right] = \rho_0 \frac{S}{L-S}, \tag{2}$$

Підставивши вираз (2) до рівняння (1), отримуємо таке співвідношення:

$$P = C\,[\ e^{a\,\rho_0\,S/\ (L-S)} - 1], \tag{3}$$

Рівняння (3) свідчить, що при $S=0$, то $P=0$; при $S \to L$, то $P \to \infty$. Це визначає основи фізичного явища брикетування біомаси ударним способом.

На початок пресування (перша фаза) канал брикетування заповнюється біомасою, щільність якої ρ_0. Переміщення пуансона на величину S (рис. 1) сприяє ущільненню біомаси та розширенню її перпендикулярно ходу пуансона. В результаті з'являються сили тертя біомаси об стінки каналу. Отже, пуансон долає не тільки опір біомаси стиску, а й опір тертя об стінки каналу. Після ущільнення (друга фаза) біомаса набуває щільність ρ й займає об'єм, рівний $(L-S)u$.

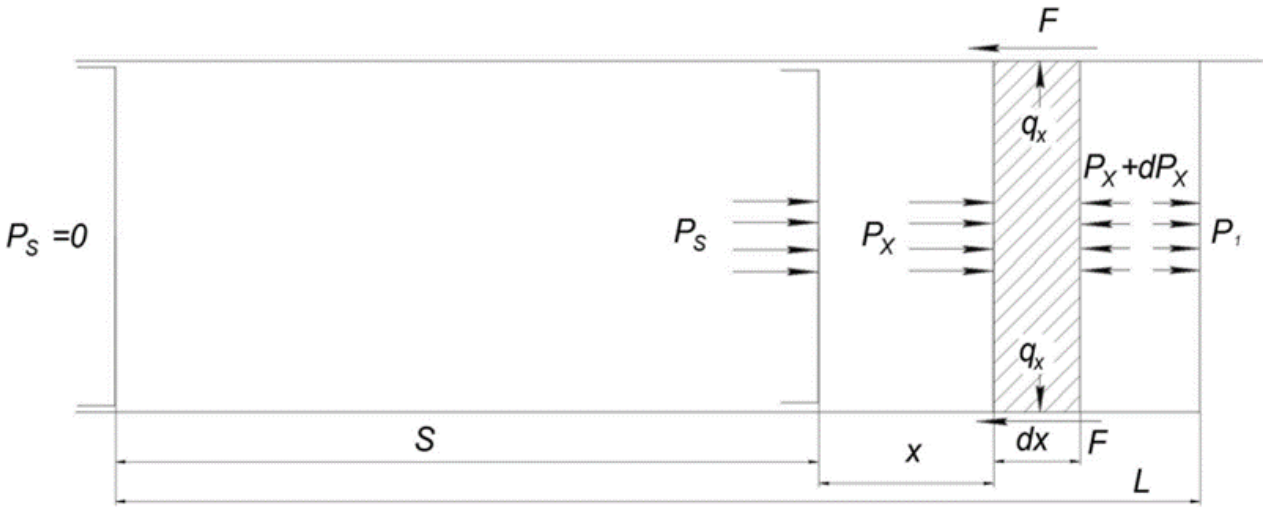

Рис. 1. Розрахункова схема процесу ударного брикетування біомаси в каналі

За час ходу пуансона тиск на біомасу зростає від нуля, у точці O (рис. 2), до максимального значення P за кривою OB_1, яка описується рівнянням (1).

Рівновага елементарного шару біомаси завтовшки dx на відстані x від пуансона (рис. 1) визначається за умови, коли діють тиски P_X та P_X+dP_X, а по периметру - тиск q_x та обумовлена ним сила тертя F, має такий вигляд:

$$Px\,u - (Px + dPx)u - f\ q_x\ l\ dx = 0, \tag{4}$$

де f - коефіцієнт тертя біомаси об стінки каналу;

l - периметр поперечного перетину камери, м.

Тиск P залежить від положення пуансона та визначається за рівнянням (3). Таким чином, можна визначити тиск P_X на будь-якій відстані від пуансона і він є рівнянням кривої B_1C_1, що показує падіння тиску від P у точці B до P_1 у точці C (упор каналу).

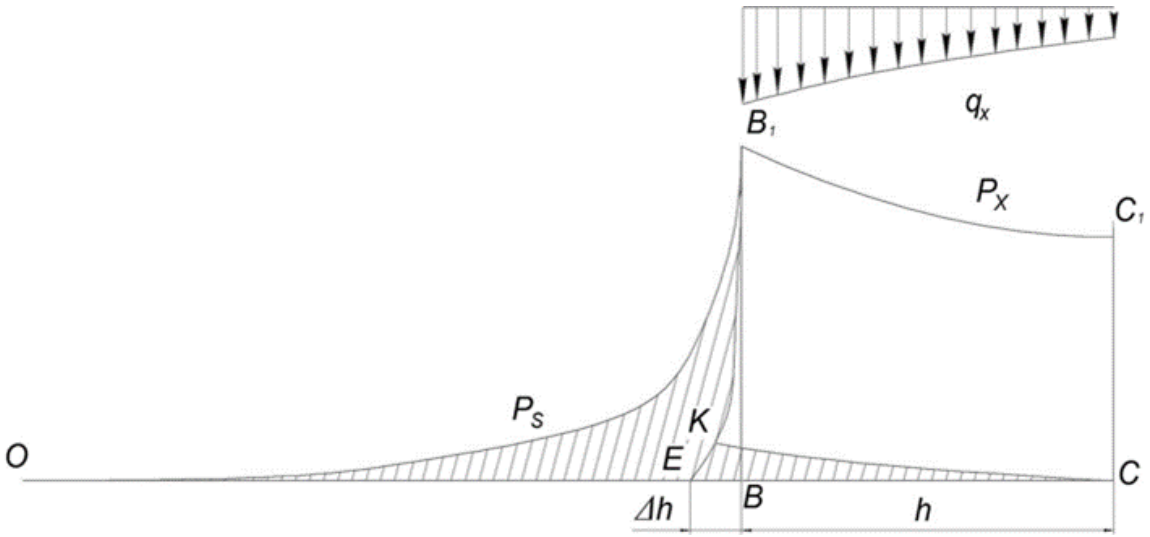

Рис. 2. Діаграма процесу брикетування біомаси

Після підстановки значень q_x та перетворень для визначення тиску на упорі включимо у проміжні рівняння замість x величину L-S, що дорівнює відстані між пуансоном і упором. Тоді маємо вираз для визначення тиску P_X :

$$Px = \left[P + \frac{q_0}{\mu}\right] \exp\left[-f\ \mu \frac{(L-S)\ l}{u}\right] - \frac{q_0}{\mu}, \qquad (5)$$

де μ - коефіцієнт бокового розпору.

З рівняння (5) випливає, що зі збільшенням довжини брикету тиск на упорі зменшується, а щільність брикету від пуансона до упору не значно знижується.

Висновки. 1. Чим менше довжина формування брикету за один прохід пуансона, тим щільність стає більш рівномірною.

2. Залежність збільшення тиску пресування зі збільшенням ущільнення біомаси дозволяє отримувати брикети із заданими властивостями.

3. Отримані залежності визначатиме режимні параметри та основні конструктивні характеристики преса для реалізації брикетування біомаси.

Список використаних джерел

1. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А., Скібчик В.І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних пелет і брикетів: монографія. Київ: НУБіП України, 2021. 248 с.

2. Практикум з машин та обладнання біоенергетики: [В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, С.В. Драгнєв]. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 208 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

20-21 лютого 2025 року
м. Київ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY

PROCEEDINGS

XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)

«KRAMAROV'S READINGS»

February 20-21, 2025
Kyiv

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Ткачук В. А. *– ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;*
Тонха О. Л. *– проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;*
Ружило З. В. *– декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;*
Мельник В. І. *– доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;*

Члени організаційного комітету:
Автухов А. К. *– завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;*
Адамчук В. В. *– директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;*
Альмейда А. – *професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);*
Аулін В. В. – *професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;*
Арак М. – *директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);*
Банний О. О. – *заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;*
Бєлоєв Х. *– радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);*
Борак К. В. *– заступник директора ЖАТФК;*
Братішко В. В. *– декан МТФ НУБіП України;*
Будяй О. В. *– директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;*
Булгаков В. М. *– завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;*
Василенко М. О. *– завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;*
Васильковський О. М. *– завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;*
Войтюк Д. Г. *– професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;*
Герук С. М. *– завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;*
Джеонг Ілля *– Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);*
Домейка Р. *– декан відділення Агроінженірінгу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);*
Захарчук О. В. *– завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;*
Іванишин В. В. *– ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;*
Ковалишин С. Й. *– декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;*
Коренко М. *– професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);*

Кувачов В. П. *– декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;*

Кульгавий В. Ф. *– генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;*

Кюрчев С. В. *– ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;*

Литовченко О. В. *– директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;*

Ловейкін В. С. *– завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;*

Лопатько К. Г. *– завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;*

Лукач В. С. *– директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;*

Мельник В. І. *– провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;*

Мельник В. І. *– професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;*

Надикто В. Т*. – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;*

Науменко О. А. *– професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;*

Новак Я. *– професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);*

Новицький А. В. *– завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;*

Ольт Ю. *– професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);*

Паскуцці С*. – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);*

Пилипака С. Ф. *– завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;*

Полянський П. М. *– завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;*

Попа Лукреція *– науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);*

Продеус О. В*. – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;*

Роговський І. Л. *– завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;*

Ромасевич Ю. О. *– заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;*

Ревенко Ю. І. *– доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;*

Русінс А. *– директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);*

Саченко В. І. – *Голова Ради Асоціації «Укрмашбуд»;*

Савченко В. М. *– доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;*

Сайчук О. В. *– директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;*

Сиволапов О. В. *– директор ТОВ «Індустрія техногруп»;*

Тін Ю Чен - *голова китайського офісу філії університету в Ліньї (Китайська Народна Республіка);*

Фіндура П. *– проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).*

Шарибура А. О. *– завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;*

Яковенко І. А. *– завідувач кафедри будівництва НУБіП України.*