

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

охорони праці та біотехнічних систем у
тваринництві
(назва кафедри)

Хмельовський В.С.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **Проектування лінії та розробка функціональної схеми ударного преса з закритим каналом для брикетування біомаси з впровадженням заходів безпечної експлуатації обладнання**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., С.Н.С.
(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

Єременко О.І.
(підпис) (ПІБ)

Виконав

(підпис)

Цись Я.А.
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві

д.с.п., проф. Хмельовський В.С.

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Цисю Ярославу Анателійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема магістерської роботи Проектування лінії та розробка функціональної схеми ударного преса з закритим каналом для брикетування біомаси з впровадженням заходів безпечної експлуатації обладнання

затверджена наказом ректора НУБіП України від “01” 02 2021 р. № 189 С

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 15 листопада 2021 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи

Характеристика біопаливної бази регіону, дані про споживчий попит на біопаливо. Техніко-технологічна і документація

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний огляд технологій виробництва брикетів з біомаси.
2. Аналіз технічних засобів для брикетування біомаси, вибір перспективного типу преса.
3. Визначення конструкційно-технологічних параметрів робочих органів.
4. Охорона праці та довкілля на виробництвах брикетів.
5. Техніко-економічне обґрунтування розробки.

Перелік обов'язкових листів (слайдів) презентації

1. Схема технологічної лінії виробництва біопаливних брикетів в умовах господарства.
2. Класифікації засобів для брикетування біомаси на енергетичні цілі.
3. Конструктивно-функціональна схема брикетного преса з закритою матрицею.
4. Таблиця техніко-економічних показників розробки

Дата видачі завдання “2” лютого 2021 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Єременко О.І.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Цись Я.А.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ	
Завдання до виконання магістерської роботи	2
Реферат	5
Вступ	6
1. Огляд процесів брикетування біомаси та проектування технологічної лінії	8
1.1. Перспективи виробництва біопаливних брикетів	8
1.2. Техніко-технологічні основи брикетування біомаси	14
1.2.1 Види біопаливних брикетів	14
1.2.2. Технічні засоби для отримання брикетів	15
1.3. Проектування технологічної лінії виробництва брикетів з зерновідходів ..	17
1.3.1. Вибір і розрахунок технологічного обладнання	18
1.3.2. Вибір лінії брикетування відходів зернопереробки	20
1.3.3. Компонування виробничих приміщень	26
1.3.4. Розрахунок енергопостачання	27
2. Теоретичний аналіз процесу брикетування біомаси в закритому каналі ..	29
2.1. Аналітичний опис процесу ущільнення подрібнених рослинних відходів	29
2.2. Розробка аналітичної моделі ударного пресування біомаси в закритому каналі матриці	31
2.2.1. Аналіз розробленої моделі процесу ударного пресування біомаси	36
3. Розробка функціональної схеми брикетного преса з закритими каналами матриці	43
3.1. Техніко-технологічні вимоги до біопаливних брикетів	43
3.2. Розробка конструкційно-функціональної схеми брикетного преса з закритою матрицею	44
3.2.1. Ділянка пресування	45
3.2.2. Дозатори	49
4. Техніко-економічне обґрунтування розробки	53
4.1. Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції	53
4.2. Розрахунок капіталовкладень	53
4.3. Розрахунок експлуатаційних витрат	54

4.4. Визначення основних економічних показників	56
5. Розроблення заходів безпечної експлуатації обладнання	58
5.1. Небезпечні фактори технологічного процесу брикетування	58
5.1.1. Підготовка брикетного преса до роботи	59
5.2. Заходи безпечної експлуатації брикетного обладнання	61
Висновки	69
Список використаних джерел	71
Додатки	75

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА НА ТЕМУ: **ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЇ ТА РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ УДАРНОГО ПРЕСА З ЗАКРИТИМ КАНАЛОМ ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ БІОМАСИ З ВПРОВАДЖЕННЯМ ЗАХОДІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ** складається з розрахунково-пояснювальної записки загальним обсягом 81 сторінок машинописного тексту, у тому числі 59 формул, 20 рисунків, 11 таблиць, 45 літературних джерел, 4 додатки, та ілюстративного матеріалу на 15 слайдах.

БРИКЕТИ, ПРОЦЕС, ЛІНІЯ, БРИКЕТНИЙ ПРЕС, ЗАКРИТИЙ КАНАЛ, МАТРИЦЯ, ПУАНСОН, УДАРНА ДІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПАРАМЕТРИ, СХЕМИ

Метою роботи є підвищення ефективності твердопаливного виробництва з аграрних і деревних відходів шляхом проектування технологічної лінії переробки зерна і використання відходів, дослідження технологічних процесів брикетування, удосконалення техніко-технологічної схеми брикетної машини та визначення економічного ефекту.

У вступі надані відомості про сучасний стан у твердопаливній галузі, обґрунтована актуальність теми роботи.

У першому розділі проведено аналіз технологій виробництва паливних брикетів, прийнято схему технологічної лінії для умов господарства.

У другому розділі проаналізовано теоретичні процеси брикетування.

У третьому розділі розроблена функціональна схема брикетного преса.

У четвертому розділі обґрунтовано техніко-економічну ефективність розробки.

У п'ятому розділі розглянуті заходи з охорони праці брикетного преса.

У висновках наведені основні результати проектування.

НУБІП УКРАЇНИ

ВСТУП

У зв'язку з вичерпаністю надрових джерел енергії таких, як вугілля, природний газ, нафта та ін. все більшого визнання набувають альтернативні джерела енергії, у т.ч. біопалива. Рослинні рештки можна спалювати непереробленими у паливних котлах. Для підвищення ефективності транспортування, зберігання та періодичності завантаження сировини до паливного котла біомасу ущільнюють, пресують. Найбільшу щільність мають такі паливні вироби, як брикети і гранули.

Для виробництва твердого біопалива на сьогодні застосовують такі матеріали як побічну продукцію сільськогосподарських і переробних виробництв, зокрема незернову частину врожаю, рослинні рештки переробки с.-г. культур на харчові продукти; відходи лісозаготівлі та деревообробки; горф; спеціально вирощені енергетичні рослини. Проблемними питаннями більшості видів твердих біопалив, як відходів основних виробництв, є низька структурна якість та об'ємна вага, підвищена вологість та ін., що призводить до необхідності подрібнення, ущільнення, сушки для підвищення ефективності транспортування, зберігання і використання в паливних системах.

За результатами досліджень доведено [1-4], що для ефективного спалювання рослинних відходів потрібно мати паливний матеріал у вигляді частинок майже однакових за розмірами і формою. Це забезпечує необхідний контакт з киснем повітря для отримання найбільшої тепловіддачі та дає можливість механізації і автоматизації процесів в опалювальних установках. Сучасні технології, що передбачають пресування заздалегідь подрібнених рослинних відходів, реалізують ці умови. Вони дозволяють зробити основне виробництво безвідходним, поліпшити екологічний стан та прибутки підприємства, підвищити культуру виробництва, зменшити витрати на зберігання і транспортування одержаного біопалива порівняно з необробленими відходами.

Паливні брикети отримують шляхом брикетування рослинної біомаси в брикетних машинах. В процесі виробництва сировина подається послідовно в подрібнювач, сушарку, брикетну машину, де сипкий матеріал пресується і формується у брикети. Під час ущільнення підвищується температура сировини, а

лігнін, що міститься у біомасі, розм'якшується і склеює частинки в каналах матриці у щільні циліндри. Готові брикети охолоджують, фасують в упаковки. На виробництво 1 т брикетів витрачається 4-5 м³ біосировини.

Висока ефективність брикетування біомаси пояснюється тим, що кінцева вологість готового продукту становить всього 8-12%, а вихідний матеріал ущільнюється в 7-10 разів, що збільшує тепловіддачу палива і зменшує витрати на транспортування і зберігання. За теплотворною здатністю брикети випереджають біомасу і майже не поступаються вугіллю. Так, при спалюванні 1000 кг брикетів виділяється стільки теплової енергії, скільки при спалюванні таких палив: 1500 кг біомаси; 500 кг кам'яного вугілля; 480 м³ газу; 500 л дизпалива; 670 л мазуту.

Важливою перевагою застосування твердого біопалива є екологічний фактор, адже застосування біопалива значно знижує забруднення навколишнього середовища, порівняно із використанням мінеральних палив. Це виражається в зменшенні парникового ефекту, тому що при спалюванні звільняється стільки вуглекислоти, скільки рослина сприйняла її під час вирощування. Даний ефект називається закритим вуглецевим обміном. В той же час, при згорянні корисних копалин звільняється вуглекислота, зібрана за мільйони років, що веде до підвищення змісту CO₂ в атмосфері, тобто до антропогенного парникового ефекту. Також при використанні твердого біопалива відбувається зменшення викиду двоокису сірки, що призводить до зменшення кислотних дощів і зниження загибелі лісів.

Мета магістерської роботи - підвищення ефективності виробництва паливних брикетів з біомаси в умовах аграрних підприємств з розробкою функціональної схеми брикетного ударного преса з закритим каналом.

Розділ 1.

ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ БРИКЕТУВАННЯ БІОМАСИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ

1.1. Перспективи виробництва біопаливних брикетів

Сировиною для виробництва твердого біопалива можуть бути відходи лісозаготівлі та деревообробки, побічні продукти та відходи аграрного виробництва (незернова частина врожаю зернових та їм подібних культур, відходи зернопереробних, круп'яних та олійних виробництв), торф, матеріали енергетичних насаджень [1-7]. На відміну від викопних вуглеводнів, ліс і агропромислова біомаса — це сировина, що швидко відновляється. Для вирощування лісу потрібно декілька десятків років, для виробництва сільськогосподарської продукції — один рік [7-9].

На агропромислових та переробних підприємствах, починаючи зі збирання врожаю до отримання кінцевої продукції, утворюються побічні продукти і відходи, які займають певні площі і забруднюють довкілля. Сучасні санітарно-екологічні вимоги передбачають суворі обмеження на зберігання відходів, а вивіз їх на звалища потребують суттєвих витрат [3, 6]. Отже, вирішення проблемного питання утилізації згаданих матеріалів повинно здійснюватися на промисловому рівні.

Вторинна біомаса є традиційним паливом, що має відносно високу теплотворність та екологічну безпеку, оскільки при його згоранні утворюється порівняно незначна кількість золи і шкідливих речовин [1, 3-7, 9]. На сьогоднішній день поширення використання біопалива з біомаси в країнах світу та Україні викликано проблемами охорони навколишнього середовища, а також браком і подорожчанням надрових енергоносіїв на внутрішньому і зовнішніх ринках [10].

За даними вчених за рік в світі навколишнє середовище забруднюється окислами вуглецю (CO_2 , CO) від згорання палива в кількості 25,5 млрд. т. [4]. У відповідності до програми розвитку відновлюваних джерел енергії, в країнах ЄС частка біомаси складатиме 182 млн. т нафтового еквіваленту, що становитиме 74% загального вкладу відновлюваних джерел енергії у 2010 р. [3]. Таким чином, біомаса є найбільш потужним сектором відновлюваних джерел енергії в ЄС. Жодна з

розвинених країн не заявила про плани екорочення споживання енергії біомаси. Навпаки, національні енергетичні програми країн ЄС, США та Канади планують подальший суттєвий ріст цього сектору відновлюваних джерел енергії. У Білорусії вже сьогодні 12 % загального обсягу енергії виробляється з місцевих видів палива (біомаса, торф та ін.). До 2021 р. мають замінити 25 % котельно-пічного палива місцевими видами палива [3].

Агропромислове виробництво України має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Згідно експертних оцінок щорічний теоретичний потенціал біомаси складає близько 45 млн. т у.п., технічно досяжний - 32 млн. т у.п., а економічно доцільний - 24 млн. т у.п. (табл. 1.1) [5]. Залучення потенціалу біомаси, що не використовується іншими секторами економіки, до енергетичного балансу України є першочерговою задачею, виконання якої реальне на протязі найближчих 5-10 років.

Біопаливні брикети є реальною альтернативою кам'яному вугіллю і нафті. Оскільки, вони за своїми теплотворними характеристиками не поступаються вугіллю, а їх екологічні параметри взагалі поза конкуренцією. Паливні гранули вважаються паливом майбутнього і користуються великим попитом в розвинених країнах світу, враховуючи велику екологічну складову їх використання [1, 5, 9].

У зв'язку з тим, що паливні брикети з біосировини мають ряд переваг перед іншими формами заготовок для спалювання, їй доцільно брикетувати. Отже, у господарствах використання паливних брикетів з біосировини дозволить заощадити 85 тис. м³ природного газу, при цьому собівартість теплової енергії зменшиться з 75 до 40 грн./ГДж. Крім того спалення біомаси порівняно з виконними паливами дозволяє значно зменшити викиди парникових газів.

За попередніми підрахунками невикористаний потенціал щорічно відновлюваного твердого біопаливного ресурсу в Україні (в переводі на абсолютно суху речовину) складає реально близько 30 млн. т, у тому числі:

- дрова, лісосічні рештки та відходи деревообробки (без паливних дров, які використовуються за призначенням) – 2,5-3 млн. т;
- рослинна біомаса агропромислового виробництва (солома) – 25-30 млн. т;

За теплотворною здатністю це еквівалентно 10-12 млрд. м³ природного газу.

В останні роки в Україні спостерігається стала тенденція збільшення обсягів виробництва енергії з альтернативних видів палива, зокрема, з біомаси. За даними енергетичного балансу України за 2018 рік, загальне постачання первинної енергії з біопалива та відходів становило 3195 тис. т нафтового еквіваленту (н.е.), що дорівнює заміщенню 4 млрд м³ рік природного газу. Частка біопалива в загальному постачанні первинної енергії складає 3,4% (понад 70% ВВП загального постачання енергії з відновлюваних джерел). Зростання сектору за 2010-2018 рр. становить в середньому 31% на рік [1].



Рис. 1.1. Виробництво і споживання біопалива в Україні в 2010–2018 рр.

Згідно діючої енергетичної стратегії, внесок біомаси, біопалива та відходів у загальне постачання первинної енергії у 2035 році має становити 11 млн. т н.е. В Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання поставлена мета щодо збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії до 40% у 2035 році [1].

Посилення проявів парникового ефекту за останні десятиліття, як вважає переважна більшість фахівців, викликано антропогенними чинниками, зокрема, викидами газів, що виникають під час спалювання надрових палив, насамперед

нафти, газу, кам'яного вугілля, як залишків колишньої біосфери. На сьогодні людство отримує близько 88% всієї енергії зі згаданих видів паливних джерел [1-4].

Сталий розвиток цивілізованих країн передбачає боротьбу з парниковим ефектом, що загрожує глобальною екологічною катастрофою. Окрім того, основні копалини нафти і газу вичерпаються протягом XXI століття [2, 5]. Тему інтенсивний пошук і стратегічне впровадження альтернативних видів енергетики у великих масштабах здійснюється протягом останніх двох десятиліть. Перспективним та ефективним енергетичним потенціалом є біологічні палива, які виробляють з сировини органічного походження – біомаси. Біопаливо поділяють на три групи: тверде (пелети, брикети, тюки), рідинне (біодизель, біоетанол), газоподібне (біогаз, біоводень). Використання біопалива не підвищує вміст парникових газів в атмосфері, оскільки викиди двоокису вуглецю під час спалювання дорівнюють вилученій його кількості в процесі фотосинтезу [1-5]. Тобто для отримання енергії фактично використовується перетворена енергія сонця (рис.1.2).

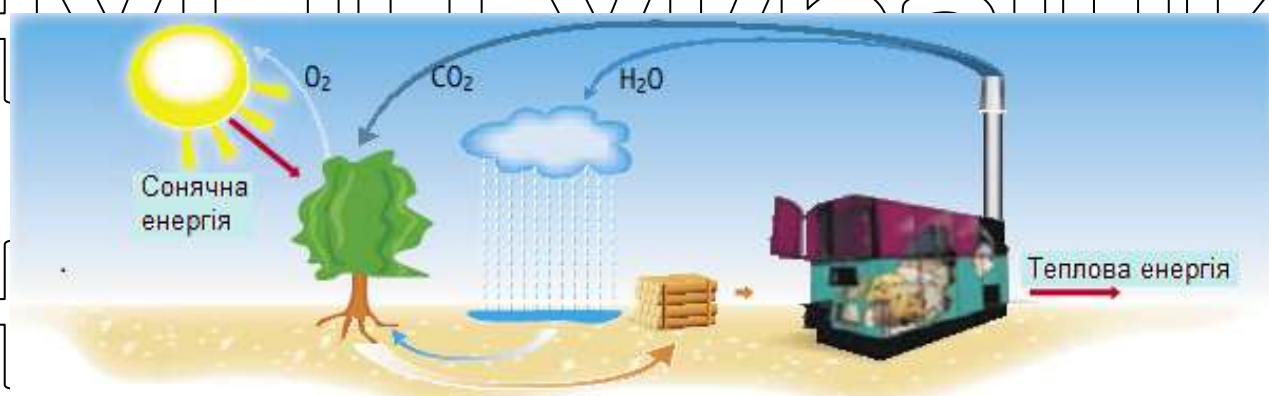


Рис. 1.2. Схема перетворення сонячної енергії у паливно-енергетичні ресурси за методом енергетичної конверсії твердого біопалива

З травня 2015 року в Україні почалося суттєве підвищення цін на природний газ для домогосподарств, в результаті чого населення стало активно переходити на біомасу. Було встановлено велику кількість побутових твердопаливних котлів, в яких на сьогодні спалюються, в основному, дрова. Значний обсяг дров заготовлюється населенням самостійно із лісосмуг, що фактично призводить до їх знищення. Такі дрова мають велику вологість, низьку якість і не відповідають

паспортним вимогам енергетичного обладнання. Наслідком їх застосування є побутових твердопаливних котлах є низька ефективність роботи обладнання і високий рівень емісії шкідливих речовин [16, 17].

Виходом з ситуації може бути перехід з дров на використання брикетів з біомаси, головним чином, агробіомаси з огляду на великий потенціал агробіомаси в Україні, доступний для енергетичного використання – близько 8,3 млн. т нафтового еквіваленту (н.е.)/рік. Брикетти – це покращене біопаливо (табл. 1.1) [16-18] з прогнозованою якістю, тому їх часто називають «євродровами».

Таблиця 1.1. Порівняння вартості одиниці енергії викопних палив і біомаси

Вид палива або енергоносія	Ціна (на квітень 2018 р.), грн./т без ПДВ	Нижча теплотворна здатність, МДж/кг	Вартість одиниці енергії в паливі/ енергоносії, грн./ГДж без ПДВ
	А	Б	А/Б
Природний газ для населення	5798 грн./тис. м ³	34,0	171
Природний газ для промисловості	8686 грн./тис. м ³	34,0	256
Вугілля	3000-5000*	25,0	120-200
Мазут	9000	42,0	214
Електроенергія	1,91 грн./кВт·год	-	531
Пелети/брикетти з деревини	2900**	17,0	171
Пелети з лушпиння	1700**	17,5	97
Пелети з соломи	1800**	16,0	112
Брикетти з лушпиння	1600**	17,5	91
Брикетти з соломи	1900**	16,0	119
Дрова (W40%)	950	10,0	95
Деревна тріска	1000	10,1	99
Тюки соломи чи стебел кукурудзи	900	14,6	62

* Орієнтовна ціна. ** Орієнтовна ціна. Реальна ціна суттєво залежить від показників якості конкретної партії гранул/брикеттів та від регіону виробництва.

Поточний обсяг ринку України для паливних брикеттів з біомаси для потреб населення (індивідуальне опалення) можна оцінити у ~500 тис. т/рік із прогнозованим ростом до 3 млн. т/рік до 2035 року (рис. 1.3).

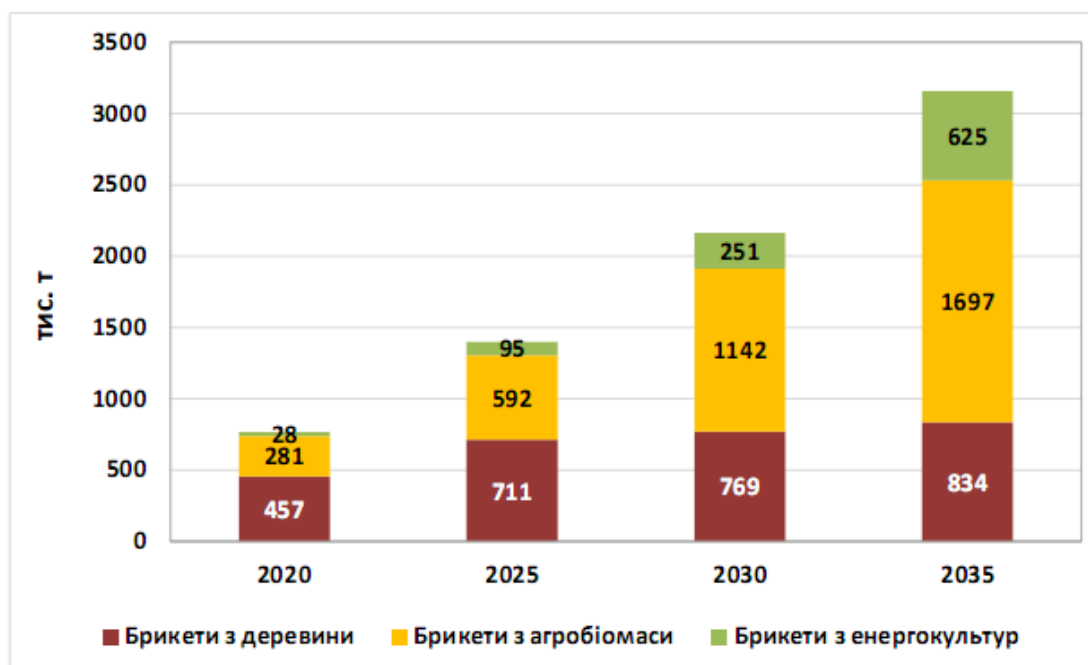


Рис. 1.3. Оцінка обсягу ринку України біопаливних брикетів для потреб населення (індивідуальне опалення) [16]

Переваги використання паливних брикетів з агробіомаси наступні [15-18]:

- відповідність вимогам котельного обладнання, кращі екологічні показники при спалюванні;

- можливість застосування в існуючих побутових топках (15-30 кВт) та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (100-150 кВт). Брикети не потребують спеціалізованого обладнання на відміну від більш дорогих пелет (гранул) з біомаси [15, 16];

- можливість використання брикетів з відносно низькою щільністю («м'яких») в більш потужних котлах зі шнековою подачею (до ~1 МВт);

- наявність значної сировинної бази, особливо для брикетів з агробіомаси;

- відносно низька ціна за одиницю енергії є порівняною з дровами при набагато кращих паливних характеристиках (табл. 1.1);

- є більш зручними та економічними, ніж дрова, при транспортуванні та зберіганні. За рахунок більшої енергетичної щільності потребують менших витрат праці при ручному завантаженні в котел;

- виступають в ролі більш дешевого палива, особливо в тих регіонах, де вугілля є дорогим (4000 грн./т і більше). Вартість одиниці енергії в брикетах з

соломи/лушпиння соняшника до 2 разів менше, ніж у вугілля (табл. 1.1) [16-18].

1.2. Техніко-технологічні основи брикетування біомаси

1.2.1 Види біопаливних брикетів. Паливні брикети, вироблені з біомаси,

являють собою спресовані матеріали циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми з поперечним розміром не менше 25 мм і довжиною 100-400 мм. Типовий діаметр є 60-75 мм, а довжина брикетів зазвичай не перевищує 5 величин діаметру.

Стандартних розмірів в даного виду продукту немає.

Паливні брикети характеризуються різноманітністю форм, але загалом, виділяють їх три типи – NESTRO, RUF та Ripit&Kaу (ці назви походять від назв фірм, які виробляють найбільш популярні преси для отримання даних типів брикетів) [16-18]:

- NESTRO (NIELSEN) – довгі циліндричної форми або багатокутного перерізу брикети, переважно, без внутрішнього отвору (рис. 1.4,а), отримані за рахунок застосування високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на гідравлічних пресах, а NIELSEN на ударно-механічних пресах. Брикети даного типу мають нескінченну довжину і можуть бути розділені як на шайби, так і на поліна. Форму брикету замовляє покупець. Виробничий процес характеризується невисокими вимогами до кваліфікації персоналу і до організації виробництва. Переваги брикетів типу NESTRO (NIELSEN): невисока собівартість, достатньо суттєва щільність (1,0-1,15 т/м³). Недоліки: низька вологостійкість брикетів (необхідна надійна упаковка).

- RUF – пресовані куби-цеглини (рис. 1.4,б), які виробляють на гідравлічних пресах за рахунок високого тиску. Розміри брикету залежать від пухкості вихідної сировини і прикладеного тиску. Гідравлічні преса вважаються найбільш надійним видом обладнання для брикетування, але мають високу вартість. Виробничий процес характеризується мінімальними вимогами до персоналу і до організації виробництва.

Перевагою брикетів RUF є низька собівартість виготовлення. Недоліки: сама низька щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (0,75-0,80 т/м³); брикет не

стійкий до вологи (потрібна надійна упаковка), а також до механічних пошкоджень, що негативно впливає на його стан після тривалого транспортування.



Рис. 1.4. Загальний вигляд основних типів паливних брикетів

Основним показником якості паливних брикетів є їх щільність, яка зазвичай становить $0,8-1,3 \text{ т/м}^3$ при вологості пресованої біомаси $8-14\%$. Щільність є основним фактором, що визначає механічну міцність і водостійкість брикету.

Теплотворна здатність брикету залежить від виду сировини, з якого він виготовлений, і від вологості. Типові діапазон значень нижчої теплоти згорання брикетів з біомаси – $16-18 \text{ МДж/кг}$ (додаток А) [16, 17, 18].

Брикет з лушпиння соняшника характеризується високою теплотворною здатністю ($Q_{\text{нр}}$ до 19 МДж/кг) за рахунок відносно невеликої зольності ($2,9-3,6\%$) і наявності олії у складі (табл. 1.6 – експериментальні дані; для порівняння у табл. також наведено дані з інших джерел). З іншого боку, через вміст олії такі брикети інтенсивніше забруднюють димоходи сажею при горінні і їх потрібно часто чистити. Деревні брикети мають малу зольність (близько 1%) і високу теплоту згорання ($16-19 \text{ МДж/кг}$). Брикети з соломи поступаються по якості двом попереднім видам через більшу зольність ($5-8\%$) і нижчу теплотворну здатність (близько 16 МДж/кг). Крім того, брикети з соломи мають дещо меншу щільність (до $\sim 1 \text{ т/м}^3$). З розглянутих в таблиці види сировини брикети з лушпайки рису мають найнижчу якість (дуже висока зольність, невелика теплота згорання).

1.2.2. Технічні засоби для отримання брикетів. На сучасний час застосовують поршневі гідравлічні, штемпельні (ударно-механічні) та шнекові брикетні преси (додаток Б). Перед пресуванням сировину подрібнюють і підсушують

(вологість має бути до 14%). Вибір обладнання для брикетування – складна операція організації виробництва, яка потребує ознайомлення з існуючою пропозицією на ринку, порівняння відповідних параметрів, певних розрахунків. Брикетні машини поділяють на такі основні типорозміри [16, 17, 33, 35, 37].

Поршневий гідравлічний прес працює циклічно - при кожному ході поршня продавлюють певна кількість матеріалу через конічне сопло, на брикетах чітко помітні відповідні шлямпа шари. У приводі завжди застосовується маховик, який дозволяє вирівняти навантаження двигуна. Знос поршня невеликий, оскільки відносне переміщення між пресованих матеріалом і поршнем мало, швидко зношується сопло. Поршневі преси відносно дешеві і тому широко поширені.

Представник цієї групи прес GS-NBP (Німеччина) використовується для брикетування всіх типів біомаси, таких як деревні відходи, солома тощо. Пристрій здатний виробляти брикети в перерізі у формі прямокутника, восьмикутника, шестикутника, циліндра і т. д.

Ударно-механічний (штемпельний) прес. Основними вузлами штемпельного пресу є привод, пресувальний механізм, камера пресування і живильник. Пресувальний механізм може бути кривошипно-шатунний, кривошипно-важільний і коліно-важільний.

Недоліком штемпельних пресів є обмеження кінцевої щільності отримуваних брикетів. Це пояснюється незначній величиною підпора пресованої маси в коротких відкритих матрицях (підпором називається зусилля, спрямоване протилежно зусиллю пресування і обумовлене наявністю сил тертя, що виникають за рахунок розпірних зусиль в пресованій масі). При подовженні відкритої матриці, з метою створення значного підпору, відбувається заклинювання обробленого матеріалу в пресовому каналі.

Техніко-технологічні можливості таких машин забезпечують якісне брикетування біосировини будь-яких видів з розмірами частинок 10-30 мм та вологості сировини до 25 %.

Шнековий прес легше поршневого, оскільки відсутні масивні поршні і маховики. Продукція виходить безперервно, тому її можна розрізати на потрібні

шматки. Щільність вище, ніж у поршневих пресів. Шнекові преси працюють значно тихіше, завдяки відсутності ударних навантажень. До недолків можна віднести підвищені витрати енергії і швидкий знос шнека.

1.3. Проектування технологічної лінії виробництва брикетів з зерновідходів

Зернопереробне підприємство на базі типового господарства Лісостепової зони буде виробляти 65 % пшеничного борошна і 35 % житнього борошна. Тому із запланованих 1200 т борошна на рік буде виробляться 780 т пшеничного і 420 т житнього борошна.

Потрібну кількість продовольчого зерна для забезпечення запланованої програми виробництва зерно продуктів визначають за формулою [12]:

$$Q_{\text{річ(з)}} = Q_{\text{річ}} \cdot 100^2 / (100 - D_C) \cdot B_i, \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{річ}}$ – річна програма виробництва основних зерно продуктів;

D_C – вихід сміттєвої домішки в зерновому відділенні, %; $D_C = 2$ %

B – вихід основного продукту, %. Згідно [19, 20] для пшениці $B_i = 96$ %, для жита $B_i = 95$ %.

$$Q_{\text{річ(з)пш}} = 780000 \cdot 100^2 / (100 - 2) \cdot 96 = 829081 \text{ кг/рік.}$$

$$Q_{\text{річ(з)ж}} = 420000 \cdot 100^2 / (100 - 2) \cdot 95 = 451128 \text{ кг/рік.}$$

Добову, зміну та годинну продуктивність технологічних ліній підприємства по сировині, проміжних, побічних та основних продуктів визначають за формулами [20,28]:

$$Q_{\text{доб}} = Q_{\text{річ}} / n, \quad (1.2)$$

де n – число днів роботи за рік, приймаємо $n = 200$ днів.

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{доб}} / k, \quad (1.3)$$

де k – число змін роботи за добу, $k = 1$.

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{зм}} / T \cdot K_{\text{зм}}, \quad (1.4)$$

де T – тривалість робочого дня, год; $T = 8$ год;

$K_{\text{зм}}$ – коефіцієнт використання змінного часу; $K_{\text{зм}} = 0,85-0,9$.

Продуктивність підприємства по зерну:

$$Q_{\text{доб(пш)}} = 4145,4 \text{ кг/доб}; \quad Q_{\text{зм(пш)}} = 4145,4 \text{ кг/зм}; \quad Q_{\text{год(пш)}} = 575,75 \text{ кг/год};$$

$$Q_{\text{доб(ж)}} = 2255,6 \text{ кг/доб}; \quad Q_{\text{зм(ж)}} = 2255,6 \text{ кг/зм}; \quad Q_{\text{год(ж)}} = 313,25 \text{ кг/год}.$$

Результати розрахунків зведені у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. Результати сировинного розрахунків

Назва сировини, продукту	Кількість продуктів в кілограмах за			
	рік	добу	змну	годину
Зерно, всього	1280209	6401	6401	889
- пшениця	829068	4145,4	4145,4	575,75
- жито	451128	2255,6	2255,6	313,25
Борошно, всього	1229000,6	6145	6145	853,45
- пшеничне	795918,2	3979,6	3979,6	552,70
- житнє	433082,4	2165,4	2165,4	300,75
Побічні продукти, всього	79299,4	396,6	396,6	55,08
- сміттєві домішки	25603,9	128,1	128,1	17,78
- висівки	8290,8	41,5	41,5	5,75
- борошно кормове	4511,2	22,6	22,6	3,15
- відходи пшеничні	27359,7	136,7	136,75	19,0
- відходи житні	13533,8	67,7	67,7	9,4

Продуктивність по борошну:

$$Q_{\text{доб(пш)}} = 3979,6 \text{ кг/доб}; \quad Q_{\text{зм(пш)}} = 3979,6 \text{ кг/зм}; \quad Q_{\text{год(пш)}} = 552,7 \text{ кг/год};$$

$$Q_{\text{доб(ж)}} = 2165,4 \text{ кг/доб}; \quad Q_{\text{зм(ж)}} = 2165,4 \text{ кг/зм}; \quad Q_{\text{год(ж)}} = 300,75 \text{ кг/год}.$$

Визначимо річні виходи побічних та проміжних продуктів.

$$Q_{\text{річ. (поб. прод.)}} = Q_{\text{річ(з)}} \cdot B_i / 100 = 1280209 \cdot 4 / 100 = 51208,4 \text{ кг/рік}.$$

Висівки пшеничні: $Q_{\text{річ(вис)}} = 8290,8 \text{ кг/рік}$. Відходи пшеничні: $Q_{\text{річ(відх. пш.)}} =$

$27359,7 \text{ кг/рік}$. Відходи житні: $Q_{\text{річ(відх. ж)}} = 13533,8 \text{ кг/рік}$.

1.3.1. Вибір і розрахунок технологічного обладнання. Згідно обраної технології переробки зерна визначаємо такі технологічні ділянки для підприємства.

1. Ділянка накопичення та транспортування зерна.
2. Ділянка очистки та лушення зерна.
3. Ділянка розмелювання.
4. Ділянка розділення помелу на фракції.

Згідно попередніх розрахунків змінна продуктивність проєктованого підприємства становить 6401 кг/год. Для розрахунку приймаємо - 6420 кг/год. Отже,

продуктивність машин, які проектуємо в технологічних лініях, повинна бути не меншою 6420 кг/год.

Лінія накопичення зерна. Для нормальної роботи підприємства необхідно мати запас зерна. Тому нам потрібно мати накопичувальний бункер, ємність V якого визначаємо за формулою [28]:

$$V = \frac{G \cdot K}{\gamma \cdot \beta}, \quad (1.5)$$

де G - запас зерна, який забезпечить роботу підприємства на добу, кг

γ - об'ємна маса зерна (960 кг/м³);

K - коефіцієнт запасу (1...3);

β - коефіцієнт заповнення (0,85...0,90).

$V = 6420 \cdot 1,5 / 960 \cdot 0,85 = 11,8 \text{ м}^3$. Приймаємо об'єм бункера 12 м³.

Вибір всіх інших машин проводять за їх продуктивністю. При цьому перевагу віддають машинам, які мають меншу металоємність та високу якість виготовлення продуктів. Розрахунок потрібної кількості машин проводять за формулою [19, 28]:

$$n = \frac{Q}{Q_n}, \quad (1.6)$$

де n - кількість одиниць машин, обладнання, агрегатів, штук;

Q - продуктова кількість сировини, продукту, кг./год.;

Q_n - продуктивність машини, обладнання, кг./год.

За каталогами приймаємо для внутрішнього цехового переміщення зерна вибираємо планчасто-стрічковий транспортер ТПС-2,4А. Розраховуємо необхідну кількість за його продуктивністю.

$n = 889 / 2500 = 0,6$. Приймаємо 1 транспортер.

За даним прикладом проводимо розрахунки іншого технологічного обладнання для підприємства, що проектується. В таблиці 13 приведено технічні показники машин, які запроєктовано в зернопереробному підприємстві.

Таблиця 1.3. Технічна характеристика машин переробного підприємства

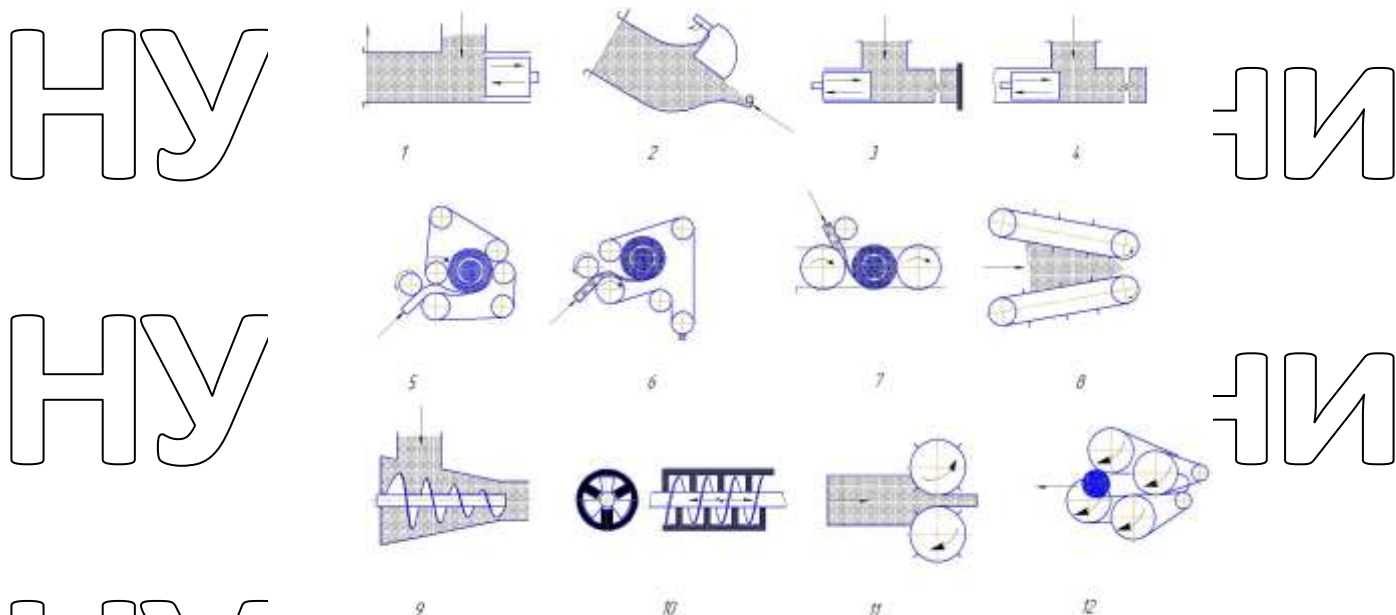
Обладнання	Марка машини	Продуктивність	Потужність, кВт	Кільк	Габаритні розміри, мм			Площа, м ²
					довжина	ширина	висота	
Транспортер	ТПС-24А	2,5 т	-	1	106	-	-	4,9
Приймальний бункер	НО-06 14,03	-	-	3	2490	-	6760	26,7
Дозатор	ОМР М-300	45	15	2	1880	820	2030	3,13
Гвинтовий транспортер	ТВВ-7 Н20.00.0 00	-	-	4	196	103,5	-	0,02
Магнітний уловлювач	ОМВ М-170	30-40 т/год.	-	9	-	-	-	-
Ваговий дозатор	НО.63 58	50 мішки/ год	2,45	3	1880	820	2030	3,13
Сепаратор зерноочисн.	СВ-6	6,0 т/год.	0,74	1	2640	1432	1760	6,65
Каменю уловлювач	НО-10 07,15	3,5 т/год.	0,37	1	1700	1216	1700	3,5
Оббивна машина	ОМКС 30/150	8-12 т/год.	15	2	-	-	-	4 м ³
Пневмосепаратор	Р6- СВ-6	6 т	1,1	1	1000	1300	1860	2,4
Повітряний сепаратор	СП.1.0 00-01	6 т	1,1	1	1141	1013	1843	2,13
Вальцювий млин	ОПМ- Фермер- 0,6	15 т/доб.	22	3	2230	1470	1320	4,33
Машина ситовійна	СВМ- 1	0,5 т/год.	1,1	1	1420	970	1000	1,38
Розсів шафного типу	ОМSP -424	14,0 т	3	3	2500	3085	3375	26,03
Розсівні пакети с/б.	РПК2- 14	1600- 2000	1,5	1	2600	950	1850	5,4
Мішкозаш. машина	ОМР М-800	35-40 т	0,15	1	-	-	-	-
Всього	-	-	69,31	-	-	-	-	95,25

* - кількість машин вибираємо згідно технологічного процесу.

1.3.2. Вибір лінії брикетування відходів зернопереробки. За результатами сировинного розрахунку встановлено, що рослинні відходи зернопереробного виробництва становлять 52 т за рік. Для організації лінії виготовлення біопаливних брикетів на базі зернопереробного підприємства плануємо збільшення сировинного постачання за рахунок додавання незернової частини врожаю (соломи) у твердопаливне виробництво в кількості біля 100 т на річний обсяг роботи лінії. Таким чином, кількість сировини для виробництва брикетів становитиме 150 т.

Для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси використовують в основному установки з гвинтопресувальним робочим органом - EB-350 (ВАТ "Черкасеlevatorмап"), МБ-01 (ВАТ "Пресмаш", м. Івано-Франківськ); ШПБ-700 (НВО "Теплодар", м. Полтава), УБО-2 ("Жаско", м. Волгоград, Росія) та ін. Розділяють брикети за назвою компаній, що випускають брикетне обладнання. Виділяють брикети RUF, NESTRO і Pini-Kay. Крім згаданих виробників брикетного обладнання, також відомі фірми, зокрема C.F.Nielsen (Данія), UPM (Литва), Vogma (Швеція), PAWERT-SPM AG (Швейцарія), Gross (Німеччина), DI-PIU (Італія), Пресмаш (Україна), Жаско (Росія) та ін. [1, 3, 4, 6, 8, 9].

Аналіз конструкцій робочих органів машин для пресування технологічних матеріалів у виробі певного призначення дозволяє розділити їх на сім основних груп: поршневі, ролонні, транспортерні, циліндрові (преси), вальцові і матричні. Для виробництва біопаливних гранул найчастіше застосовують матричні преси, які поділяються на преси з круглою або кільцевою матрицею, що розміщується вертикально чи горизонтально, і з плоскою матрицею. Тому проведено огляд відомих конструкцій засобів для виготовлення рослинних брикетів (рис. 1.5).



1.5. Класифікація робочих органів для виробництва брикетів

Характеристики відомих пресів для виробництва паливних брикетів з рослинних відходів зведено у таблицю (додаток В).

За результатами порівняльного аналізу брикетних машин українського виробництва варто зазначити перспективність моделей ВВ-350 Bronto (шнекове пресування) та ВВВ-800 (ударно-механічна дія), загальний вид яких зображено на рис. 1.6.

На базі брикетного преса ВВВ-800, що формує брикети за принципом ударної дії, компанією «Biofuel Equipment» (м. Нетішин Хмельницької обл.) реалізується за умовами проведення монтажу, пуск налагодження технологічної лінії брикетування, яка наведена на схемі загального вигляду – на рис. 1.7.



а)

б)

Рис. 1.6. Загальний вигляд перспективних брикетних машин виробництва України: а) - BEB-350 Bronto; б) - BEB-800

Таблиця 1.4. Техніко-технологічна характеристика лінії брикетування з

пресом (BEB-800)

Найменування параметрів	Встановлена потужність, кВт
Живильник-дозатор	11
Транспортер ланцюговий	2,2
Система автоматизованого спалювання САС-800	1,5
Сушильний барабан СБ-0,65	5,5
Головний циклон	18,5
Шлюзовий затвор циклону (дозатор)	2,2
Дробарка молоткова	30
Бункер-дозатор механізований	2,2
Брикетний прес BEB-800 (прототип)	47,6
Встановлена потужність	120,7
Споживана потужність	84,5



Рис. 1.7. Технологічна лінія виробництва брикетів на базі преса ВЕВ-800

Лінія брикетування ЛБС-1 (рис. 1.8) призначена для отримання брикетів з соломи та іншої біомаси. Для переробки використовується сировина вологістю не більше 30% в рулонах з діаметром до 2000 мм, в прямокутних пакунках і розсіпом, у т.ч. відходи зерно переробки.

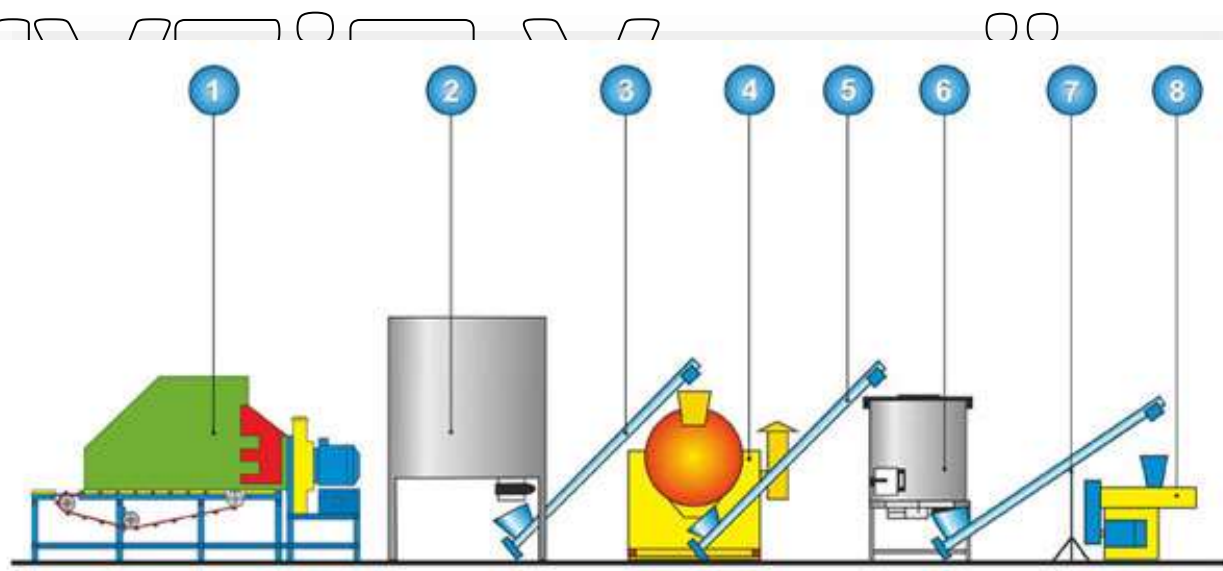


Рис. 1.8. Технологічна схема лінії брикетування ЛБС-1 пресованої соломи і відходів переробки зерна:

1 - подрібнювач соломи горизонтальний; 2 - бункер-накопичувач; 3,5 - пневмовий транспортер; 4 - сушарка барабанна; 6 - бункер механізований; 7 - шнек з частотним регулятором; 8 - брикетна шнекова машина

Солома завантажується на живильний транспортер подрібнювача. Паки чи рулони соломи перед завантаженням необхідно відокремлювати від мотузної оплети. З подрібнювача 1 сировина фракцією до 5 мм прямує в накопичувальний бункер 2. Звідки шнековим транспортером 3 сировинна біомаса подається в барабанну сушарку 4, де вологість матеріалу доводиться до 8-10%. Висушена біосировина шнековим транспортером 5 подається в механізований бункер 6, з якого шнеком 7 з частотним регулятором сировина подається у приймальний бункер брикетної машини 8 штемпельного типу. Під час брикетування рослинної сировини у розсипному вигляді застосовується замість подрібнювача рулонів молоткова або штифтова серійні дробарки.

На основі проведеного аналізу зроблено висновок про те, що для універсальної лінії брикетування в умовах господарства перевагу доцільно надати штемпельним брикетним пресам ВЕВ-800. З інформації фірми-виробника Пресмаш (Івано-Франківськ) техніко-технологічні можливості таких машин забезпечують якісне брикетування біосировини будь-яких видів з розмірами частинок 10...30 мм та вологості сировини до 25%. Приймаємо зазначений брикетний прес за прототип для подальших досліджень.

Економічні показники виготовлення брикетів з відходів зернових досліджуваної лінії з брикетним штемпельним пресом ВЕВ-800 наведено у таблиці 1.5. Отримані показники свідчать, що за продуктивністю лінії 300 кг/год. основної роботи щільність брикетів становить 1080 кг/м^3 , що відповідає вимогам до якості брикетів, а їх теплотворна здатність знаходиться на рівні теплотворної здатності вугілля (4800 ккал/кг дрови 4900 ккал/кг).

З урахуванням річного напрацювання (1600 годин основної роботи) коефіцієнт готовності досліджуваної лінії отримано достатньо високий – 0,99. За продуктивності лінії з пресом брикетним ВЕВ-800. за одну годину змінного часу 0,342 т витрати праці становлять 8,77 люд.-год/т (три оператора).

Таблиця 1.5. Технологічні показники брикетування зернових відходів і соломи

Параметр	Одиниці виміру	Дані проекту
Продуктивність за 1 год. основного часу	кг	300
Насипна щільність вхідної сировини, не менш	кг/м ³	154
Вологість вхідної сировини	%	7-12
Фракція вхідної сировини	мм	2-8
Щільність брикету	кг/м ³	1080
Теплотворна здатність брикету	ккал/кг	4800
Температура сировини у зоні пресування		(180-240)
Встановлена потужність лінії	кВт	63,05
Споживання електроенергії за одну годину роботи:	кВт	
- брикетного преса		30,3
- лінії		54,8
Питоме споживання електроенергії:	кВт/кг	
- брикетного преса		0,12
- лінії		0,15
Габаритні розміри лінії:		
Довжина x ширина x висота	мм	12260x2600x2700

1.3.3. Компонування виробничих приміщень.

Підбране обладнання для лінії компонується в виробничому приміщенні з урахуванням техніки безпеки, взаємного розташування інших технологічних ліній, зручності монтажу та обслуговування, поточності виробництва. При визначенні площі для розміщення обладнання технологічної лінії визначаємо в залежності від габаритів технологічного обладнання, площадок для обслуговування машин і агрегатів, розмірів проходів, відстані від стін до обладнання. При компонуванні обладнання необхідно передбачити такі відстані: між машинами - 0,8 м і більше, між центральними осями машин що обертаються - 1,2 м.

Відомі такі способи розрахунку площі виробничого приміщення:

- по питомій нормі площі лінії;
- по питомій нормі площі на одиницю потужності в м².

Для технологічної лінії виробництва борошна визначаємо площу по такій формулі [26]:

де $F_{п.лін.}$ – площа приміщення для технологічної лінії, m^2 ;

$\sum fm$ – сумарна площа зайнята обладнанням по габаритним розмірам, m^2 ;

k – коефіцієнт, що характеризує щільність заповнення площі підлоги;

$k = 0,1 \dots 0,35$.

Площу додаткових приміщень розраховують від загальної площі:

- площа канцелярських приміщень 6% ;
- площа лабораторії контролю якості сировини 8% ;
- складські приміщення 12% ;
- площа побутових приміщень 4% .

Визначимо сумарну площу зайняту обладнанням, машинами

$$\sum fm = \sum fi, \quad (1.8)$$

де fi – площа технологічних машин, m^2 , $\sum fm = 33 m^2$.

Визначаємо площу виробничого приміщення:

$$F_{п.цех} = \frac{33}{0,15} = 220 m^2$$

Площу допоміжних приміщень визначаємо згідно діючих норм.

Площа кімнати відпочинку - 12 m^2 .

Площа санвузла - 10 m^2 .

Площа складських приміщень - 30 m^2 .

Площа майстерні - 10 m^2 .

Разом площа допоміжних приміщень - 62 m^2 .

Загальна площа виробничого приміщення:

$$F_3 = F_{п.цех} + F_{доп}, \quad (1.9)$$

де $F_{доп}$ – загальна площа допоміжних приміщень, m^2 .

$$F_3 = 220 + 62 = 282 m^2.$$

Об'єм приміщення: $V = F_3 \cdot h = 282 \cdot 5,5 = 1551 m^3$.

1.3.4. Розрахунок енергопостачання. Розрахунок витрат електроенергії проводять за формулою:

$$E_{зм} = k * T * \sum N_i, \quad (1.10)$$

де T – тривалість зміни, год.;

$\sum N_i$ – сумарні потужності споживачів електроенергії, кВт;

k – коефіцієнт завантаженості споживачів електроенергії, $k = 0,8$

$$E_{зм} = 0,8 * 8 * 69,3 = 443,6 \text{ кВт/зміну.}$$

Отже, спроектовано основу технологічної лінії для брикетування 150 т вторинної біомаси. Разом з цим, більш ефективного застосування обладнання передбачає дослідження та техніко-технологічне удосконалення виробничих процесів лінії. Брикетний прес ударно-механічної дії є однією з основних машин для виробництва біопаливних брикетів із зернових відходів і соломи. Даний тип обладнання ВЕВ-800 працює за принципом брикетування у відкритому каналі матриці. Це свідчить про нестабільність отримання якісних цільних брикетів з різних видів сировинної біомаси. Тому у магістерській роботі пропонується дослідження й розробка функціональної схеми перспективного брикетного преса ударної дії з закритим каналом матриці.

Розділ 2.

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ БРИКЕТУВАННЯ БІОМАСИ В
ЗАКРИТОМУ КАНАЛІ

2.1. Аналітичний опис процесу ущільнення подрібнених рослинних відходів

Для обґрунтованого розрахунку технологічного процесу брикетування подрібненої біомаси потрібна адекватна математична модель, що враховує найбільш важливі чинники, що впливають на роботу обладнання і якість отримуваної продукції.

Дослідженням процесу ущільнення цілісної і подрібненої біомаси займалися багато хто вчених [30-41]. Більшість існуючих методик розрахунку параметрів роботи пресового обладнання рекомендують визначати зовнішнє зусилля, що формує брикет, експериментально. Крім того, ці методики можуть застосовуватися тільки для випадку пресування під дією статичного зусилля.

Відомі роботи, присвячені дії динамічних (ударних) навантажень на цілісну біомасу [38, 39]. Для визначення деформацій, викликаних зовнішнім зусиллям з обліком швидкості вантаження в роботі [35, 40] автори наводять таку формулу і графік (рис. 2.1), що описують процес:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\sigma^2}{v}, \quad (2.1)$$

де ε — деформація пресовий, σ — діюча напруга, E — модуль пружності біомаси, μ — коефіцієнт в'язкості біомаси, v — швидкість вантаження.



Рис. 2.1. Графік для визначення деформації, створених зовнішнім зусиллям

Дана залежність не може застосовуватися для опису процесу ущільнення подрібненої біомаси, оскільки вона не дозволяє виявити характер розподілу внутрішньої напруги в матеріалі, тобто з її допомогою неможлива рівно щільність готового виробу. Крім того, в рівнянні (2.1) використовується напруження, визначення якої при ударному навантаженні відрізняється від випадку статичного пресоування.

В роботі [31] викладені експериментальні дані про міцність біомаси при високих швидкостях додатка навантаження для основних видів біомаси.

Роботи [32,33] присвячені процесу контурного пресоування біомаси під дією ударних навантажень. Отримані залежності, що відносяться до цілісної біомаси, також непридатні для опису процесу брикетування подрібненої біомаси.

В науковій і технічній літературі [34, 35, 36] розглядається достатньо багато моделей, що описують явища, що виникають під дією ударних навантажень.

Найбільш простою є модель зіткнення абсолютно твердих тіл, що припускає удар миттєвим, зміна швидкостей тіл, які стикаються, описується гіпотезою Ньютона:

$$R = \frac{v_{B+} - v_{A+}}{v_{A-} - v_{B-}} = \frac{S_2}{S_1}, \quad (2.2)$$

де v_- і v_+ - швидкості центру тяжіння до (-) і після (+) зіткнення тіл A і B ; S_1 - імпульс навантаження (зближення двох тіл); S_2 - імпульс розвантаження (видалення двох тіл).

2.2. Розробка аналітичної моделі ударного пресування біомаси в закритому каналі матриці

Наслідком прийнятих допущень є те, що імпульсами усіх інших сил по відношенню до ударних можна нехтувати, оскільки має місце співвідношення:

$$S = \int_{t_-}^{t_+} P(t) dt \quad (2.3)$$

Якщо $P(t)$ є кінцева величина, $t_+ - t_- \rightarrow 0$, то $S \rightarrow 0$. У початковий

момент часу відоме положення x_l , і швидкості v_l , усіх тіл і диференціальні

рівняння руху системи. Рішення, що визначаються початковими умовами

$x_l(t_0)$ і $v_l(t_0)$, придатні до моменту першого зіткнення t_1 , яке визначається положенням тіл, що стикаються:

$$x_i(t_1) = x_1(t_1), \quad (2.4)$$

де x_i або задана координата нерухомого упору, або координата другого тіла, що бере участь в зіткненні.

Визначаючи з (2.4) з рішення системи диференціальних рівнянь рухів можна визначити також швидкості тіл $v_k(t)$ на початку зіткнення. З

використанням (2.2) і теореми про рух центру мас $m\ddot{x} = \sum k P_k$ після інтеграції

під час удару:

$$m(v_- - v_+) = \int_{t_-}^{t_+} \sum_k P_k dt = S \quad (2.5)$$

отримуємо систему трьох рівнянь:

$$R = \frac{v_{B+} - v_{A+}}{v_{A-} - v_{B-}}$$

$$m_A(v_{A+}v_{A-} = S) \quad (2.6)$$

$$m_B(v_{B+} - v_{B-}) = S$$

для визначення невідомих величин v_{A+} , v_{B+} і S . Маючи в розпорядженні значення швидкостей і координат тіл після зіткнення, аналогічно розглядають подальші зіткнення. За допомогою розглянутої моделі отримані рішення для певного числа віброударних систем [37].

Хоча ця модель є зручним спрощенням для визначення кінематичних параметрів системи, зокрема, за допомогою системи рівнянь (2.6) визначається імпульс S в моделях тіл місцевими деформаціями, вона не враховує податливість оброблюваного матеріалу і не дозволяє визначити деформації, що виникають при ударі, отже, є непридатною для опису процесу брикетування.

Для якісної оцінки процесу ущільнення сипкої суміші на практиці часто використовують спрощену модель процесу ущільнення, представлену на рис.

2.2. В цій моделі міра ущільнення (зміна об'єму) характеризується глибиною

впровадження з натягом поршня 1 в отвір циліндра 2 масою m_2 (аналогічно використуванним у техніці моделям пресування). Поршень 1 є абсолютно тверде недеформоване тіло циліндричної форми масою m_1 , а циліндр 2 - тіло, що лінійно деформується в поперечних напрямках. Площа поперечного перерізу

отвору циліндра 2 змінна за довжиною, внаслідок чого зусилля опору впровадженню F поршня в циліндр нелінійно залежить від глибини впровадження l (на відміну від моделі процесу запресовки, де ця залежність має лінійний характер). Закон зміни сили опору впровадженню $F(l)$ від глибини

впровадження повинен відповідати експериментально встановленій залежності

міри ущільнення від значення статичної сили, яка має характер кривої, представленої на рис. 2.3. У міру збільшення статичного зусилля міра

ущільнення монотонно збільшується, асимптотично прагне до деякого

граничного значення міри ущільнення. Відповідно до описаної схеми процесу ущільнення вважається, що до удару поршень під дією статичної сили $P = P_{ст} + m_1 g$ вже впродавився на глибину l_1 . Цей стан вважається початковим при подальшому розгляді дії удару (рис. 2.2, а).

Значення l_1 визначається з рівняння:

$$P_{ст} + m_1 g = F(l_1) \quad (2.7)$$

При збереженні дії статичного зусилля із поршня завдається одноразового удару. Удар вважається миттєвим і абсолютно пружним (коефіцієнт відновлення при ударі дорівнює одиниці). Допущення про миттєвість удару припускає, що в момент удару поршень миттєво придбає швидкість, яка потім через дію сил опору монотонно зменшується, до нуля.

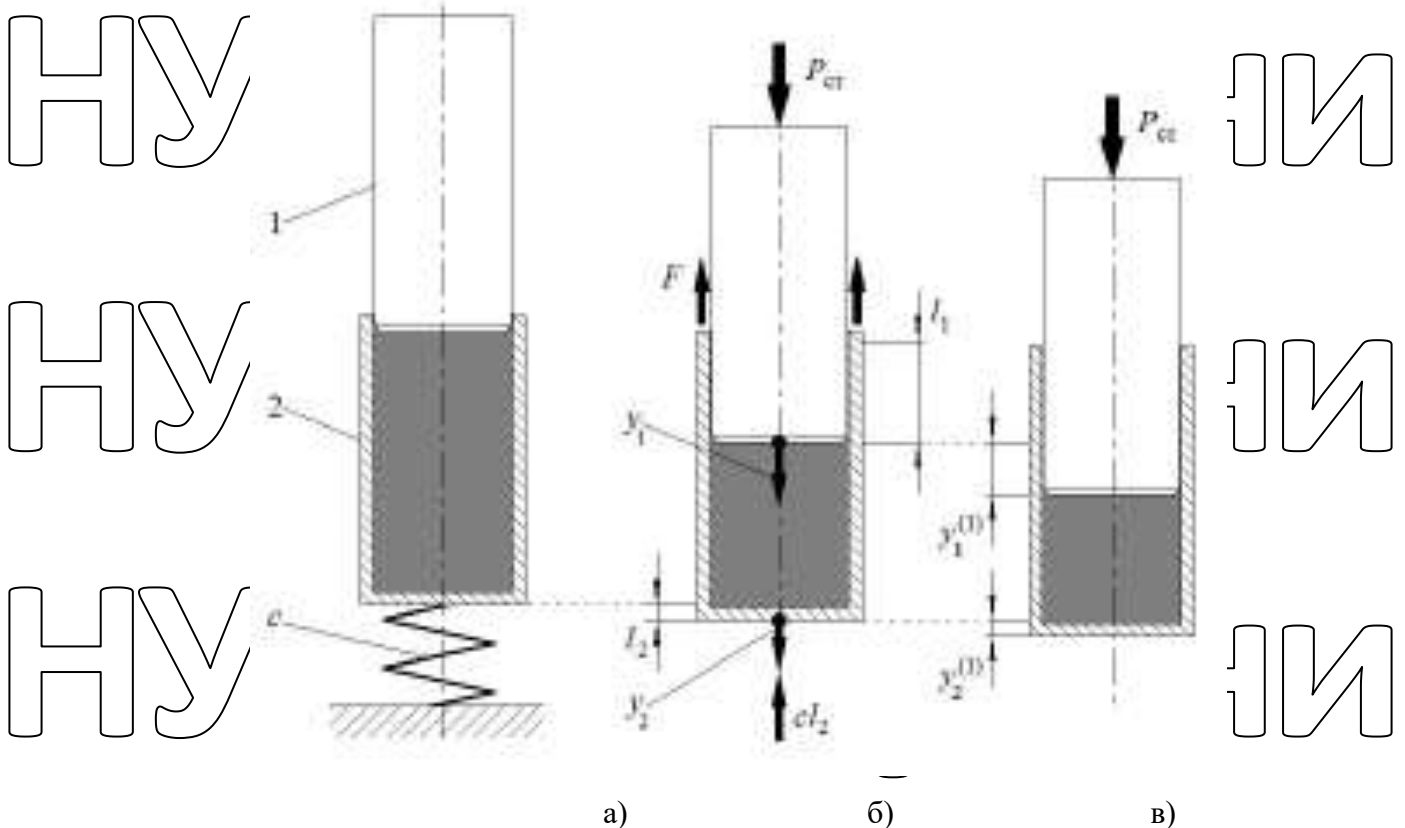


Рис. 2.2. Розрахункова схема ударного підпорного пресування біомаси: 1 - пуансон, 2 - матриця з матеріалом, що пресується, а) - система у початковому



Рис. 2.3. Залежність показника ступені пресування від навантаження

Рух тіл 1 і 2 після удару описується абсолютними координатами y_1 і y_2

відповідно, початок яких поєднаний з нижніми торцями кожного з тіл у положенні рівноваги (після додатку статичного навантаження), а напрям співпадає з напрямом зусилля пресування (рис. 2.2, б).

У разі, якщо жорсткість основи вважається нескінченною, приймають $y_2 = 0$.

Диференціальне рівняння руху системи після першого удару має вигляд:

$$m_1 \ddot{y}_1^{(1)} + F(l_1) + F(y_1^{(1)}) = P, \quad (2.8)$$

де $y_1^{(1)}$ — переміщення поршня після першого удару (верхній індекс в дужках відповідає номеру удару), $F(l_1) + F(y_1^{(1)})$ — сумарне зусилля опору виводженню.

Початкові умови:

$$t = 0; \quad y_1^{(1)} = 0; \quad \dot{y}_1^{(1)} = V_0, \quad (2.9)$$

де $V_0^{(1)}$ - початкова швидкість поршня, викликана першим ударом.

За обліком (2.7) рівняння (2.8) набирає вигляду:

$$m_1 \ddot{y}_1^{(1)} + F(y_1^{(1)}) = 0. \quad (2.10)$$

Подальше рішення залежить від виду функції $F(y_1^{(1)})$. Для спрощення

аналізу джерело [38] рекомендує лінеаризувати функцію $F(y_1^{(1)})$ на інтервалі $(0; l_1)$, для цього використовується метод прямої лінеаризації, в залежності з

яким нелінійна функція $F(y_1^{(1)})$ замінюється лінійним виразом $f_1 y_1^{(1)}$.

Коефіцієнт f_1 обчислюється з умови мінімуму «зваженого» ухилення:

$$\frac{d}{df_1} \int_0^{y_1^{(1)}} \{ [F(y_1^{(1)}) - f_1 y_1^{(1)}] y_1^{(1)} \}^2 dy_1^{(1)} = 0. \quad (2.11)$$

Остаточний вираз для коефіцієнта лінеаризованого зусилля опору має

вигляд:

$$f_1 = \frac{5}{l_1^5} \int_0^{l_1} F(y_1^{(1)}) (y_1^{(1)})^3 dy_1 \quad (2.12)$$

Тоді можна записати лінеаризоване рівняння (2.10) у виді:

$$m_1 \ddot{y}_1^{(1)} + f_1 y_1^{(1)} = 0 \quad (2.13)$$

З рішення рівняння (2.13) при обліку початкових умов (2.9) слідує:

$$y_1^{(1)} = \frac{V_0^{(1)}}{k_1} \sin k_1 t, \quad \text{де } k_1 = \sqrt{\frac{f_1}{m_1}} \quad (2.14)$$

Процес впровадження вважають завершеним, коли швидкість поршня $y_1^{(1)} = 0$. З цієї умови можна визначити тривалість ударного проникнення

поршня:

$$t_1 = \frac{\pi}{2k_1} \quad (2.15)$$

Глибина проникнення $y_{1\text{кон}}^{(1)}$ після першого удару визначиться з

рівняння (2.14) при $t = t_1$.

Лінеаризоване диференціальне рівняння руху після другого удару має

вигляд:

$$m_1 y_1^{(2)} + f_1 y_{1кон}^{(1)} + f_2 y_1^{(2)} = 0 \quad (2.16)$$

з початковими умовами:

$$t = 0; y_1^{(2)} = 0; y_1^{(2)} = V_0^{(2)} \quad (2.17)$$

де $V_0^{(2)}$ - початкова швидкість поршня, викликана другим ударом.

Хоча для кожного подальшого удару швидкість V_0 збільшується за рахунок збільшення висоти падіння, викликаного переміщенням поршня внаслідок впровадження, можна прийняти $V_0^{(i)} = V_0^{(j)} = V_0$, оскільки прирощення висоти нікчемне у порівнянні з початковою висотою h .

Для подальших ударів також описується лінеаризованим рівнянням виду (2.17), де координата $y_1^{(i)}$ відлічується від положення, яке займе поршень після кожного подальшого i -го удару:

$$m_1 \ddot{y}_1^{(i)} + \sum_{i-1} f_{i-1} y_{кон}^{(i-1)} + f_i y_1^{(i)} = 0, \quad (2.18)$$

де $f_{i-1} = \frac{5}{l_i^5} \int_0^{l_i} F(y_1^{(1)}) (y_1^{(1)})^3 dy_1, i = 2, 3, \dots, l_i = l_1 + \sum_{i-1} y_1^{(i-1)}$ - сумарна глибина про після кожного удару.

Фазовий портрет процесу пресування ілюструється на рис. 2.4. Зі збільшенням числа ударів, що завдаються, приріст глибини впровадження після поточного удару монотонно зменшується, асимптотичне прагнучі до нуля.

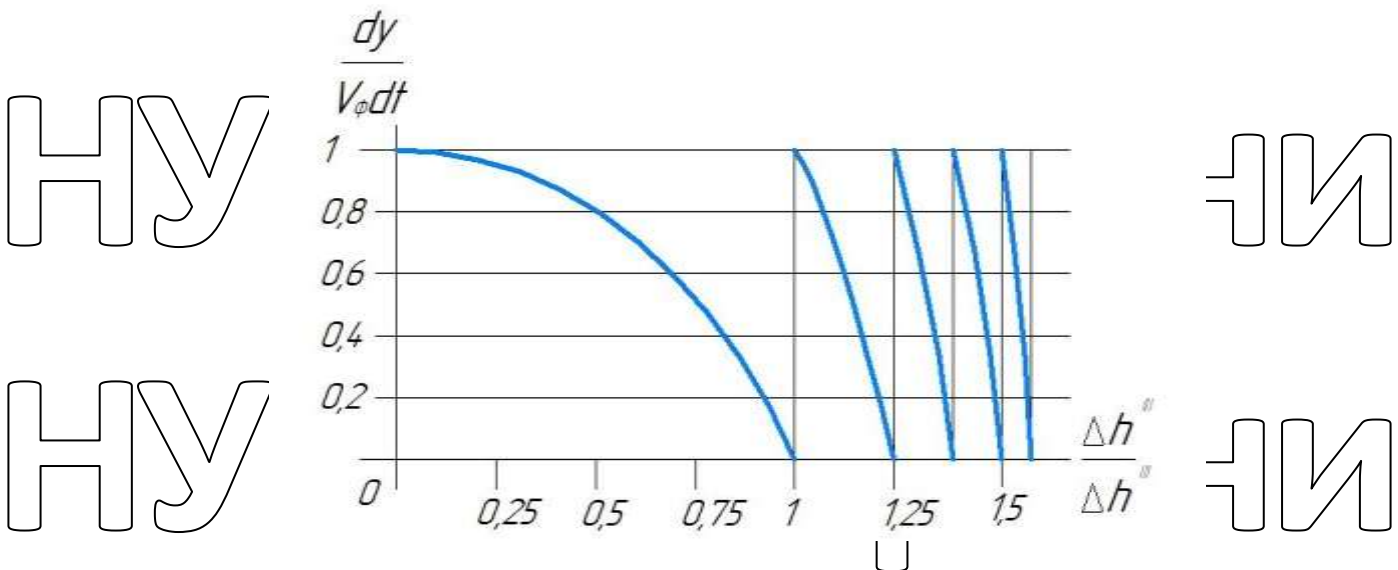


Рис. 2.4. Фазовий портрет процесу ударного пресування в закритому

канали

2.2.1. Аналіз розробленої моделі процесу ударного пресування

біомаси. Оскільки насправді після завдання удару матриця з здрібненою біомасою починає здійснювати затухаючі коливання, кінцева жорсткість основи може істотно вплинути на отримуваний результат. При цьому результат від дії подальших ударів залежить від швидкості матриці в момент завдання удару.

Серед достоїнств розглянутої моделі слід зазначити її простоту і ясність прийнятих допущень. Проте з її допомогою не вдається виявити характер розподілу напруги, що виникає в середовищі, що обробляється, що робить застосування спрощеної моделі до процесу брикетування подрібнених рослинних відходів некоректним.

У випадках, коли треба визначити сили, що виникають при зіткненні, доводиться враховувати податливість при ударі як наслідок місцевих деформацій тіл. Для цього застосовують моделі твердого тіла з місцевими деформаціями [38] (схеми див. на рис. 2.5; 2.6).

В деяких випадках достатню точність забезпечує лінеаризована залежність сили опору деформації виду sx . Для обліку втрат енергії (дисипації) вводяться в'язкі елементи. Прості моделі такого типу показані на рис. 2.5.

Моделі, представлений на рис. 2.5 а), відповідає диференціальне рівняння руху виду :

$$m\ddot{x} + n\dot{x} + cx = 0 \quad (2.19)$$

В результаті інтеграції рівняння (2.19) при початкових умовах $x(0) \neq 0$, $\dot{x}(0) = v(0) = S/m$ з використанням системи (2.6) для визначення імпульсу S , отримуємо:

$$x = \frac{S}{mp\sqrt{1-a^2}} e^{-apt} \sin(\sqrt{1-a^2}pt), \quad (2.20)$$

де

$$p = \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad a = \frac{n}{2\sqrt{mc}}$$

В цьому випадку знаходимо силу стискування елемента, що деформується:

$$N = cx + n\dot{x} \tag{2.21}$$

Для моделі, показаної на рис. 2.5 б), рішення має вигляд:

$$x = \frac{sv}{mp} \left\{ \frac{1-2a^2}{\sqrt{1-a^2}} \sin(\sqrt{1-a^2}pt) - 2a \cos(\sqrt{1-a^2}pt) e^{-apt} + 2a \right\} \tag{2.22}$$

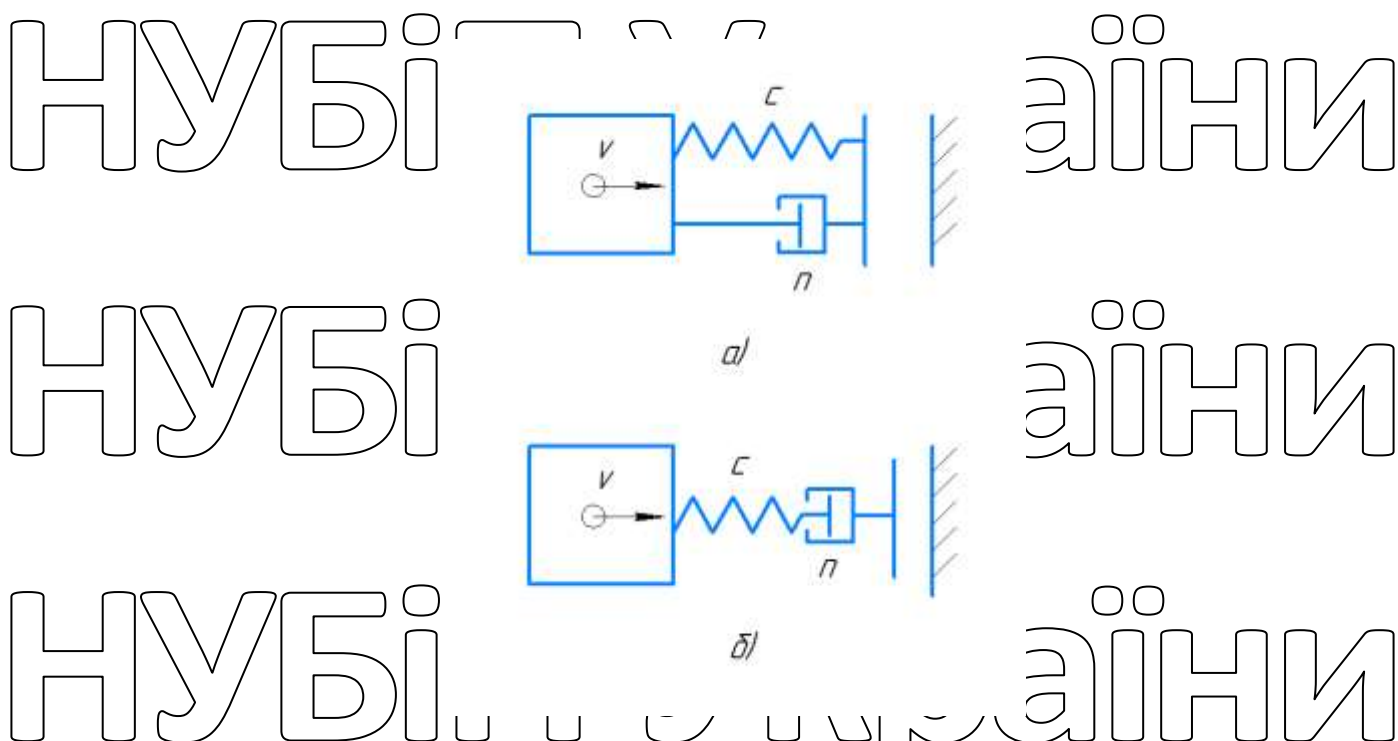


Рис. 2.5 Лінійні пружні моделі ударного процесу

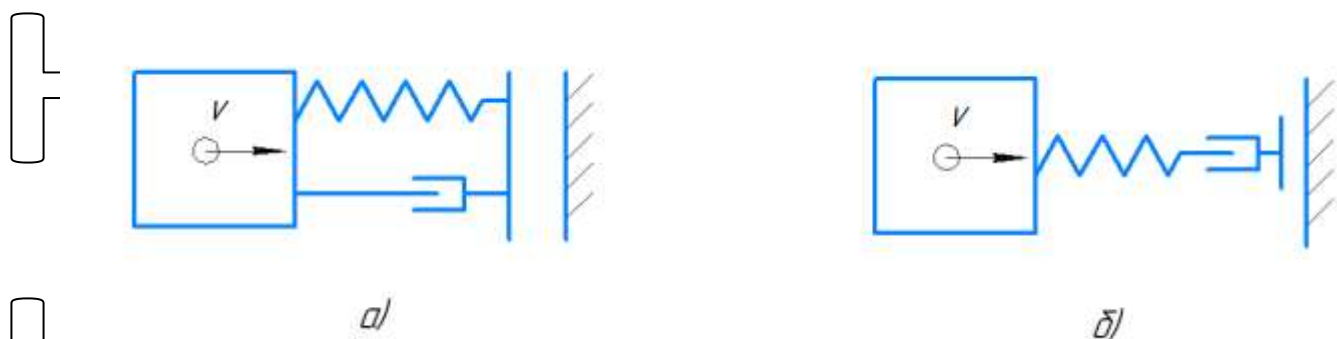


Рис. 2.6. Прості пружно-пластичні моделі ударного процесу

При цьому сила стискання елемента, що деформується:

$$N = -m\ddot{x} \quad (2.23)$$

Тривалість удару τ визначається з умови відриву $N = 0$.

Окрім пружних моделей, відомі також пружно-пластичні моделі ударного процесу, схеми самих простих з яких проілюстровані на рис. 2.6.

При розгляді процесу в рамках цих моделей вводять безрозмірну

швидкість тіла перед ударом $v = \frac{\sqrt{mc}}{P_0} v_0$, де P_0 - гранична сила сухого тертя.

При використанні моделі з паралельним з'єднанням пружного елемента і елемента сухого тертя при $v < 3$ вважають, що тіло не відокремлюється від оброблюваного середовища, тобто відбувається ідеально пластичний удар,

зміна сили стискування N відбувається при цьому відповідно до графіку на рис.

2.7, а. Якщо ж $v > 3$, то відбувається відскік і сила N змінюється відповідно до графіку на рис. 2.7, б).

При використанні моделі з послідовним з'єднанням пружного елемента і елемента сухого тертя при $v < 1$ є присутніми тільки пружні деформації, зміна

сили N підкоряється графіку на рис. 2.8, а). При $v > 1$ процес описується графіком на рис. 2.8, б).

Відомі також нелінійна в'язко пружна і нелінійна пружно-пластична модель, в яких в основу нелінійної пружної залежності приймають, як правило, формулу Герца. За допомогою таких моделей описують взаємодію досить жорстких матеріалів, наприклад, металів, в завданнях про впровадження [38].

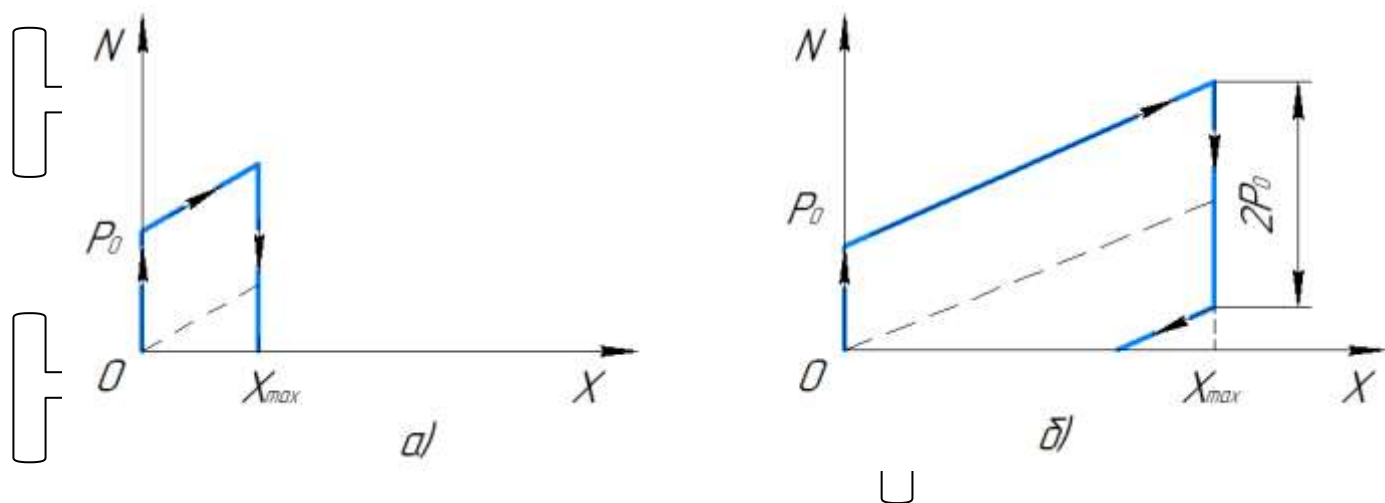


Рис. 2.7. Зміна сили N залежно від зближення пуансона з біомасою, що пресується, для моделі з паралельним з'єднанням пружного елемента і елемента сухого тертя

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

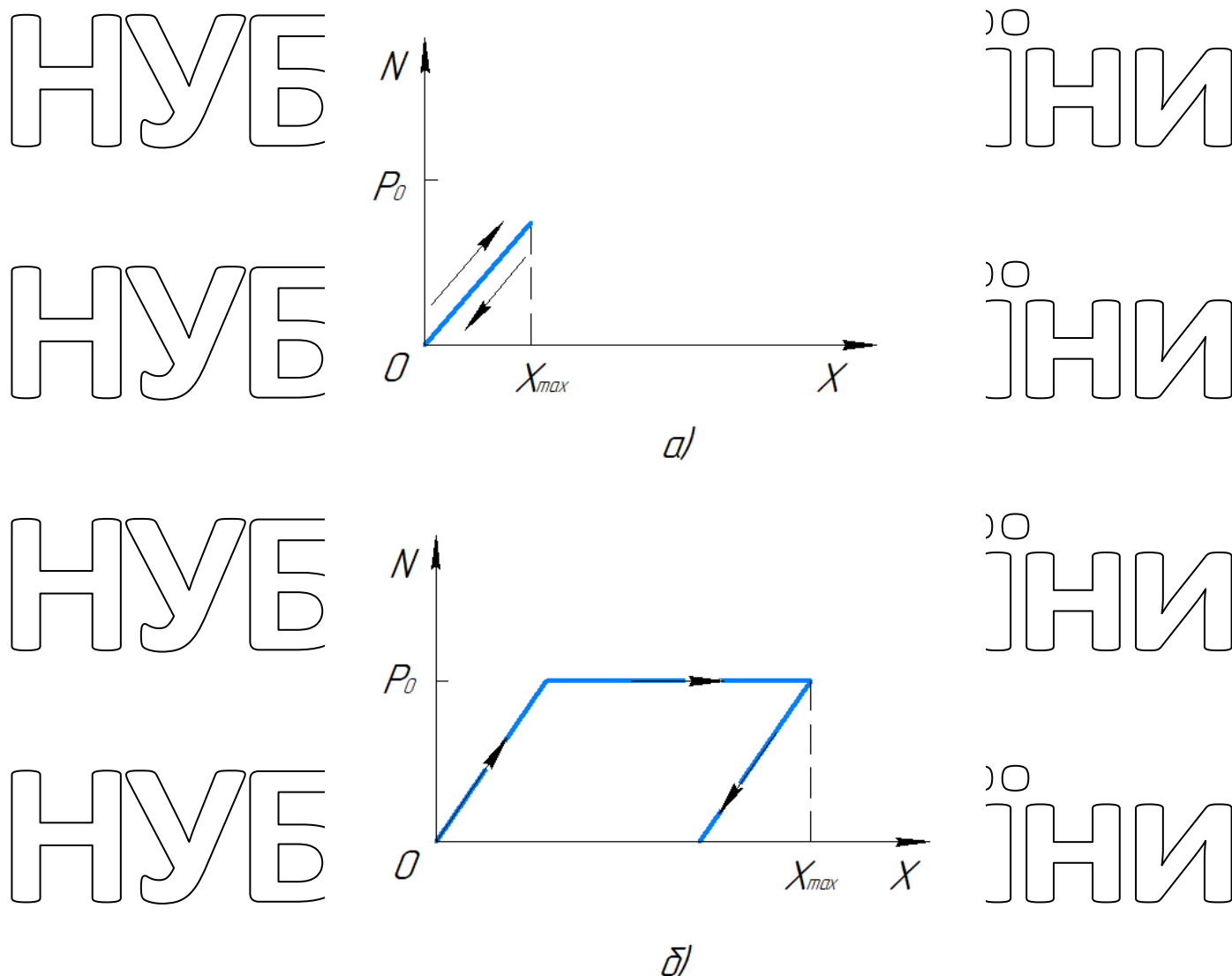


Рис. 2.8. Зміна сили N залежно від зближення пуансона з оброблюваним середовищем (біомасою) для моделі з послідовним з'єднанням пружного елемента і елемента сухого тертя

Рівняння (2.21, 2.23), очевидно, дозволяють визначити силу, що діє на оброблюване середовище (силу стискування) упродовж всього процесу. При цьому дисипативні сили (тертя матеріалу об стінки матриці, демпферний ефект повітря, що вичавлюється, і ін.) можуть бути враховані за допомогою в'язких елементів, а пластичні деформації — за рахунок елементів сухого тертя. Проте при описі процесу ущільнення сипучого деревного середовища такі моделі не можуть вважатися досить точними, оскільки вони не враховують

неоднорідність оброблюваного середовища і, отже, не дозволяють рекомендувати оптимальні параметри процесу брикетування для отримання продукції задовільної якості.

Найбільш простою ідеєю є заміна тіла, що деформується, заключним числом мас, пов'язаних між собою пружними, в'язкими і пластичними елементами. Часто користуються статичною подібністю, коли маси визначаються з умови рівності суми усіх приватних мас загальній масі. Жорсткості пружних елементів визначаються з умови рівняння сумарної жорсткості. Наприклад, при моделюванні подовжного удару по стержню, що деформується, його можна замінити схемою, яка представлена на рис. 2.9

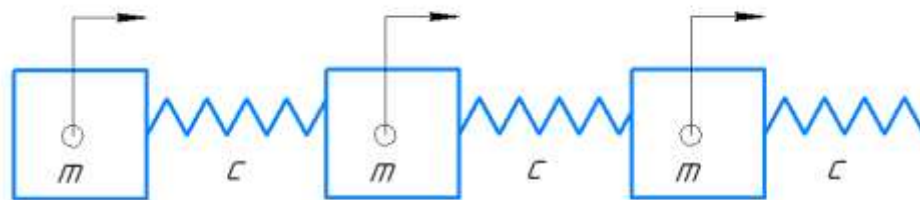


Рис. 2.9. Модель багатомасної системи для випадку подовжного удару

по спресованій біомасі, що деформується в матриці

Для даної схеми маємо:

$$m = \frac{\rho Fl}{n} \quad (2.24)$$

$$c = n \frac{EF}{l}, \quad (2.25)$$

де n - число елементів.

Тоді сумарна маса і жорсткість визначаються як:

$$M = nm = \rho Fl \quad (2.26)$$

$$n \frac{1}{c} = \frac{EF}{l} \quad (2.27)$$

При виборі m і c також керуються і міркуваннями динамічної подібності, коли маси і жорсткості вибирають так, щоб перші n власних частот моделі і середовища були однакові.

Такі моделі дозволяють визначити розподіл внутрішніх напруг у тілі, що деформується, і тривалість удару. Проте, при використанні моделі багато масної системи на практиці зустрічаються з труднощами математичного характеру, оскільки доводиться вирішувати системи великого числа диференціальних рівнянь руху системи.

Відома [38] також т.з. модель з розподіленими параметрами, що дозволяє виявити хвильовий характер поширення удару. Проте доведення рішення до кінця викликає певні математичні труднощі, тому, як правило, в практичних розрахунках модель не використовується. Досить прості співвідношення відомі тільки для подовжнього удару по пружному стержню.

Відомі математичні моделі напружено-деформованого стану середовища в їх справжньому вигляді не можуть дати коректний опис процесу формування брикету з подрібненої біомаси при дії ударних навантажень. Доцільним представляється будувати модель напружено-деформованого стану подрібненої біомаси на основі моделі багато масної системи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розділ 3.

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ БРИКЕТНОГО ПРЕСА З ЗАКРИТИМИ КАНАЛАМИ МАТРИЦІ

3.1. Техніко-технологічні вимоги до біопаливних брикетів

Біопаливні брикети, що спалюються в енергетичних установках, повинні мати оптимальну площу горіння, що забезпечує максимальне теплотворення при мінімальній зольності палива.

Цим вимогам задовольняють біопаливні брикети. Їх розміри регламентовані стандартами, деякі з яких приведені в таблицях 3.1; 3.2.

Таблиця 3.1. Порівняльні характеристики паливних виробів

Найменування	Питома теплота при спалюванні 1 кг палива, МДж/кг	Зольність, %
Вугілля буре	14,24	34-38
Дрова	8,9	8-12
Деревний брикет	18	0,6-0,8
Біопаливні брикети	17,5	0,5-0,6

Таблиця 3.2. Технічні вимоги до біопаливних брикетів [37]

Показники	Норми для сортів		
	Вищий сорт	I сорт	II сорт
Вологість, %	5	5-10	10-18
Зольність, %	5	5	5
Нижча питома теплота згорання, МДж/кг	16,7-23,0	14,6-16,7	13,8-14,6
Щільність, не менше, кг/м ³	950	950	950

Масова доля дрібної фракції (шматки розміром менш 25 мм), не більше, %	5	5	5
Довжина, мм	80-400		
Діаметр, мм	40-90		

Виходячи з цих таблиць 3.2 і враховуючи проведений нами статистичний аналіз кількості відходів у вигляді вторинної біомаси на малих аграрних, переробних і деревообробних підприємствах, прийемо розміри біопаливного брикету: діаметр 40 мм, $L = 75$ мм.

Тоді при об'ємній масі брикетів $1,2 \text{ кг/дм}^3$, отриманих на експериментальній установці і враховуючи середнє число ходів пуансона для найбільш відомих пресів брикетів [28, 33], отримаємо вихід брикетів приблизно 1350 кг/година при потоці вторинної біомаси 10 м^3 /годину.

Висока ступінь ущільнення надає біопаливним брикетам високу якість. Експериментальні зразки брикетів, аналогічні брикетам, що випускаються фірмою «Штельку» при вологості 9-14 % мають теплоту згорання $16,75 \text{ МДж/кг}$, а вміст золи не перевищує 0,4-0,5 % [34]. Термін придатності брикетованого палива при правильному його зберіганні практично не обмежений [35, 41].

Краща сировина для брикетів - сухі (вологістю до 15 %) м'які відходи: аграрна біомаса, стружка, тирса, рослинний миль та ін. [19,20,31]. Таким вимогам більше усього відповідають відходи аграрного, переробного, столярно-будівельного і меблевого виробництва. Набір устаткування для їх брикетування повинен включати бункер для збору і дозування відходів, дробарку (при необхідності) для подрібнення тріски, обрізків і горбила, конвеєри або пневмотранспортне обладнання, металоуловлювач і, головне, прес брикетний.

3.2. Розробка конструкційно-функціональної схеми брикетного преса з закритою матрицею

Відомо, що для брикетування рослинних відходів без додавання єдналих речовин використовують гідравлічні і механічні (матричні і екструзійні) преси.

В розділі 1 наведено аналіз способів утилізації подрібненої біомаси і пресового устаткування. Там же обґрунтований висновок про доцільність використання для живлення енергетичних установок малих і середніх підприємств основними відходами, якими є вторинна біомаса, тирса, механічних брикетних матричних пресів.

Ділянка брикетування повинна включати бункер для збору вторинної біомаси, сушильний пристрій (якщо вологість вторинної біомаси перевищує 15 %), транспортер, забезпечений металошукачем для переміщення вторинної біомаси з бункера в дозатор, дозатор, прес, місткість для збору готових брикетів і стіл для упаковки готової продукції.

Основним устаткуванням ділянки, що розглядається в даній роботі, є прес і дозатор. Приведені рекомендації з використання сушарок для вторинної біомаси, що є актуальним для малих аграрних, переробних та лісопилних підприємств.

3.2.1. Ділянка пресування. Робочими органами брикетних матричних пресів ударної дії є пуансон і матриця, виготовлені з особливо міцної сталі. У процесі роботи матричний блок охолоджується водою. Система оборотного водяного охолодження включає насос, охолоджувальний пристрій, термостат, запасну місткість, з'єднувальні труби і розподільні пристрої з ручним або автоматичним управлінням.

При поданні в матрицю сировина, що брикетується, можливо попередньо підпресується гвинтовими або поршневыми пристроями з індивідуальним приводом. Підпресування вторинної біомаси можливо здійснювати на стадії дозування при переміщенні порції вторинної біомаси в матрицю.

Пропонований брикетний прес з закритою матрицею має наступні відмінності від пресів, відомих у промисловості:

- матриці розташовані на поворотній платформі;
- на дні поворотної платформи нерухомо закріплена підпідна пластина, що має вивантажувальний отвір для видалення готових брикетів;
- механізм створення пресуючого зусилля виконаний у вигляді жорстко змонтованої на одній плиті групи пуансонів, довжини яких послідовно збільшуються у напрямі до вихідного отвору.

Розташування матриць на поворотній платформі дозволяє збільшити їх кількість, постачання пристрою підпірною пластиною і виконавчого механізму, що створює зусилля пресування, у вигляді групи пуансонів різних довжин, що послідовно збільшуються. Це дозволяє збільшити щільність брикетів, що виготовляються, здійснювати пресування без витримки пресованої маси у пристрої, дає можливість збільшити кількість матриць при забезпеченні високої щільності брикетів і спростити вихід готових брикетів за допомогою найдовшого пуансона.

Вказані відмінності дозволяють підвищити ефективність пристрою за рахунок збільшення його продуктивності, підвищення щільності рослинних брикетів, що виготовляються, і спрощення вилучення готових брикетів із пристрою.

У переоглянутому нами патентно-інформаційному фонді не визначено аналогічних технічних рішень з вказаною сукупністю ознак.

Схема пропонованого пресу представлена на рис. 3.1-3.3.

Пристрій для виготовлення рослинних брикетів включає матриці 1 для пресованої маси 2, механізм 3 створення пресуючого зусилля, дозатор 4, транспортер 5 для збору готових брикетів 6 і привод (на рис. 3.1 не показаний). Матриці 1 розташовані на поворотній платформі 7, на дні 8 якої нерухомо закріплена підпирна пластина 9, що має вихідний отвір 10 для видалення готових брикетів 6. Механізм 3 створення зусилля, що пресує, виконаний у вигляді жорстко змонтованої на одній ниті 11 груп 12 пуансонів 13, 14 і 15, довжини яких послідовно збільшуються у напрямі до вихідного отвору 10.

Пристрій працює у такий спосіб. Подрібнені біопаливні матеріали, наприклад, зерновідходи, завантажують в дозатор 4. Включають привод пристрою. При цьому платформа 8 здійснює поворот на кут, величина якого визначається кількістю змонтованих на платформі 8 матриць 1, і зупиняється. Група 12 пуансонів опускається вниз і кожен з пуансонів здійснює удар по порції вторинної біомаси, що знаходиться в матрицях, ущільнюючи сировину. Підпирна пластина 9 у період удару здійснює підпир вторинної біомаси, що забезпечує отримання брикетів з необхідною високою щільністю. Після виконання удару плита 11 з групою 12 пуансонів 13, 14 і 15 піднімається у початкове положення, платформа 8 знову обертається у пристрої на

встановленій кут. Процес ущільнення пресованої біомаси в кожній з матриць 1 здійснюється послідовно трьома пуансонами.

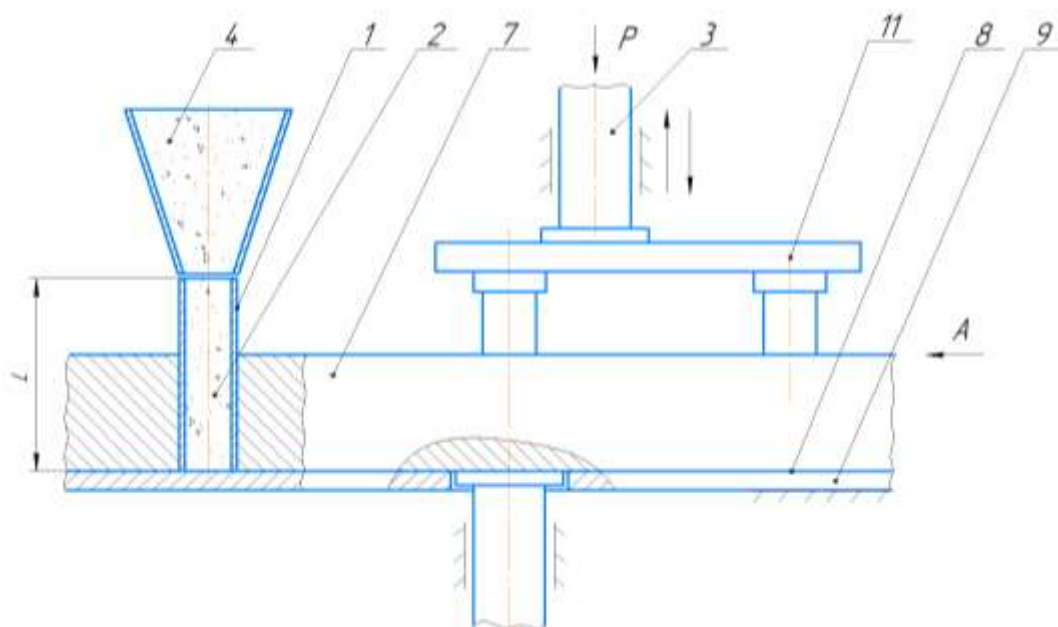


Рис. 3.1. Схема брикетного пресу і верстатного обладнання, вигляд спереду:

1 - матриця; 2 - пресована біомаса; 3 - механізм створення пресуючого зусилля; 4 - дозатор; 7 - поворотна платформа; 8 - дно поворотної платформи; 9 - підірна пластина; 11 - плита механізму

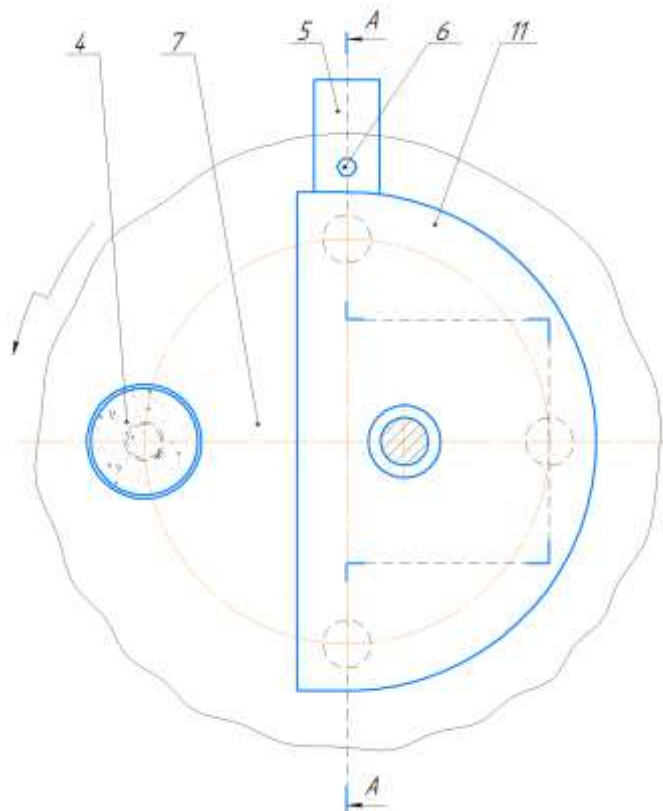


Рис. 3.2. Схема брикетного пресу і верстатного обладнання, вигляд зверху

4 - дозатор; 5 - транспортер для збору готових брикетів; 6 - брикети; 7 - поворотна платформа; 11 - плита механізму створення пресуючого зусилля

Довжина першого пуансона 13 (найкоротшого) здійснює лише підпресування пресованої біомаси, тобто часткове ущільнення біомаси, що пресується. Довжина середнього пуансона 14 збільшує міру ущільнення біомаси, що пресується, а довжина останнього пуансона 15 рівна або більше за довжину матриці, тому він (пуансон) є вивантажувальним, тобто здійснює видалення готового брикету з матриці 1 на транспортер 5 для збирання готових брикетів 6.

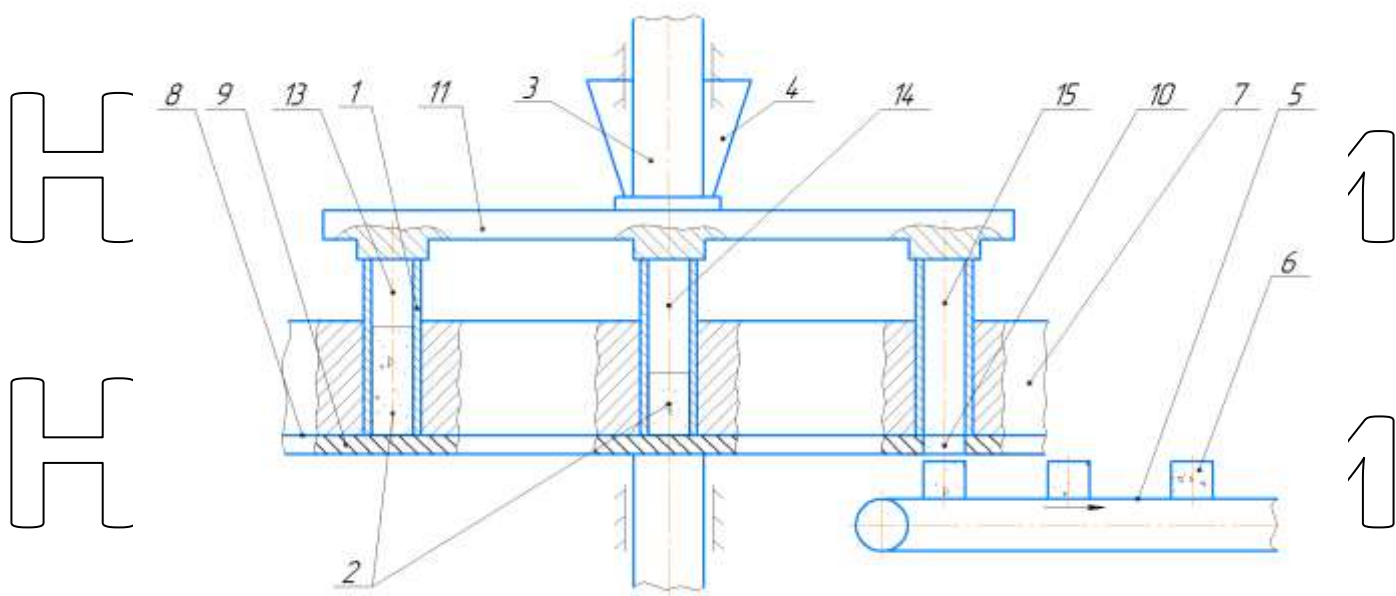


Рис. 3.3. Механізм створення пресуючого зусилля, розріз А-А по рис. 3.2

1 - матриця; 2 - пресована біомаса; 3 - механізм створення пресуючого зусилля; 4 - дозатор; 5 - транспортер для збору готових брикетів; 6 - брикети; 7 - поворотна платформа; 8 - дно поворотної платформи; 9 - підпірна пластина; 10 - вихідний отвір; 11 - плита механізму створення пресуючого зусилля; 12, 13, 14, 15 - група пуансонів

Таким чином, при кожному повороті платформи 8 постійно здійснюється послідовне ущільнення пресованої маси в усіх матрицях 1 пристрою залежно від пуансона, який в цей час з нею контактує, і вивантаження готового брикету.

У вищевикладеному описі і на рис. 3.1-3.3 приведена принципова конструкція пресуючого механізму, оснащеного тільки трьома різно великими пуансонами: - під пресувальним; - той, що пресує; - вивантажувальним.

У реальних умовах число пресуючих пуансонів може бути збільшено залежно від необхідної міри пресування, від об'єму порції вторинної біомаси і геометричних параметрів брикетів, тобто їх діаметру і довжини.

На брикетному пресі запропонованої конструкції можуть бути отримані брикети іншої конфігурації, наприклад, паралелепіеди. Перспективним напрямом є випуск брикетів у вигляді втулок з внутрішнім отвором, що збільшить площу горіння і понизить відсоток зольності такого біопалива.

3.2.2. Дозатори. Одним з важливих питань при брикетуванні вторинної біомаси в матричних пресах є їх дозування. Висока частота ходу пуансонів, рівномірне за об'ємом заповнення порожнини матриць, поєднання операції заповнення матриць з підпресуванням вторинної біомаси є досить жорсткими умовами для виконавчих механізмів дозаторів.

На рис. 3.4 представлена принципова схема дозатора вторинної біомаси з її попереднім підпресуванням перед заповненням порожнини матриці.

Дозатор включає бункер (бажано – вібробункер) 1, оснащений приводним шнеком 2, поршень підпресувальника 3, пресовий поршень 5 і матрицю 4, встановлену на поворотній платформі 6 пресової установки (поворотна платформа 6 на рис. 3.1 зображена під поз. 9).

Дозатор працює таким чином. Суха тирса, пройшовши зону з металопукачем (на рис. 3.4 умовно не показана) потрапляють у бункер 1 і шнеком 2 подаються в камеру підпресування. Поршнем 3 сировинну біомасу підпресовують до стану ущільнення, що визначається індивідуально для кожного конкретного виробництва.

Під-пресована маса штовхальником поршня 5 подається в матрицю 4, яка поворотною платформою переміщається у прес. Слід зазначити, що поршень 5, як і поршень 3, також може бути використаний для підпресування вторинної біомаси, але вже безпосередньо у порожнині матриці.

Приводом поршня 3 може бути рекомендований гідравлічний виконавчий механізм, схема якого приведена на рис. 3.5, а розрахунок необхідних параметрів виконаний в роботі [39].

Приводом поршня 5 на рис. 3.4 можуть служити кривошипно-повзунні механізми аксіального, рис. 3.6,а) або де аксіального, рис. 5.6,б) типу [40].

В кривошипно-повзунному механізмі аксіального типу вісь ковзання повзуна 1 проходить через вісь обертання кривошипа 2. Переміщення S до крайнього правого його положення рівно:

$$s = AB(1 - \cos \alpha) + BC \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{AB}{BC}\right)^2 \sin^2 \alpha} \right), \quad (3.1)$$

де α — кут повороту кривошипа. Якщо відношення $\frac{AB}{BC}$ досить мало, то можна користуватися наближеним вираженням

$$s = AB \left[\left(1 + \frac{1}{4} \frac{AB}{BC} \right) - \left(\cos \alpha + \frac{AB}{BC} \cos 2\alpha \right) \right] \quad (3.2)$$

Швидкість v_C точки C може бути визначена з формул

$$v_C = v_B \left(\sin \alpha + \frac{\frac{AB}{BC} \sin \alpha \cos \alpha}{\sqrt{1 - \left(\frac{AB}{BC}\right)^2 \sin^2 \alpha}} \right) \quad (3.3)$$

або відповідно

$$v_C = v_B \left(\sin \alpha + \frac{1}{2} \frac{AB}{BC} \sin 2\alpha \right), \quad (3.4)$$

де v_B — швидкість точки B кривошипа 2

Для де аксіального механізму переміщення S повзуна 1 від крайнього правого його положення рівно

$$s = \sqrt{(AB + BC)^2 - a^2} - AB \cos \alpha - BC \sqrt{1 - \left(\frac{AB \sin \alpha + a}{BC}\right)^2}, \quad (3.5)$$

де a — величина деаксіалу.

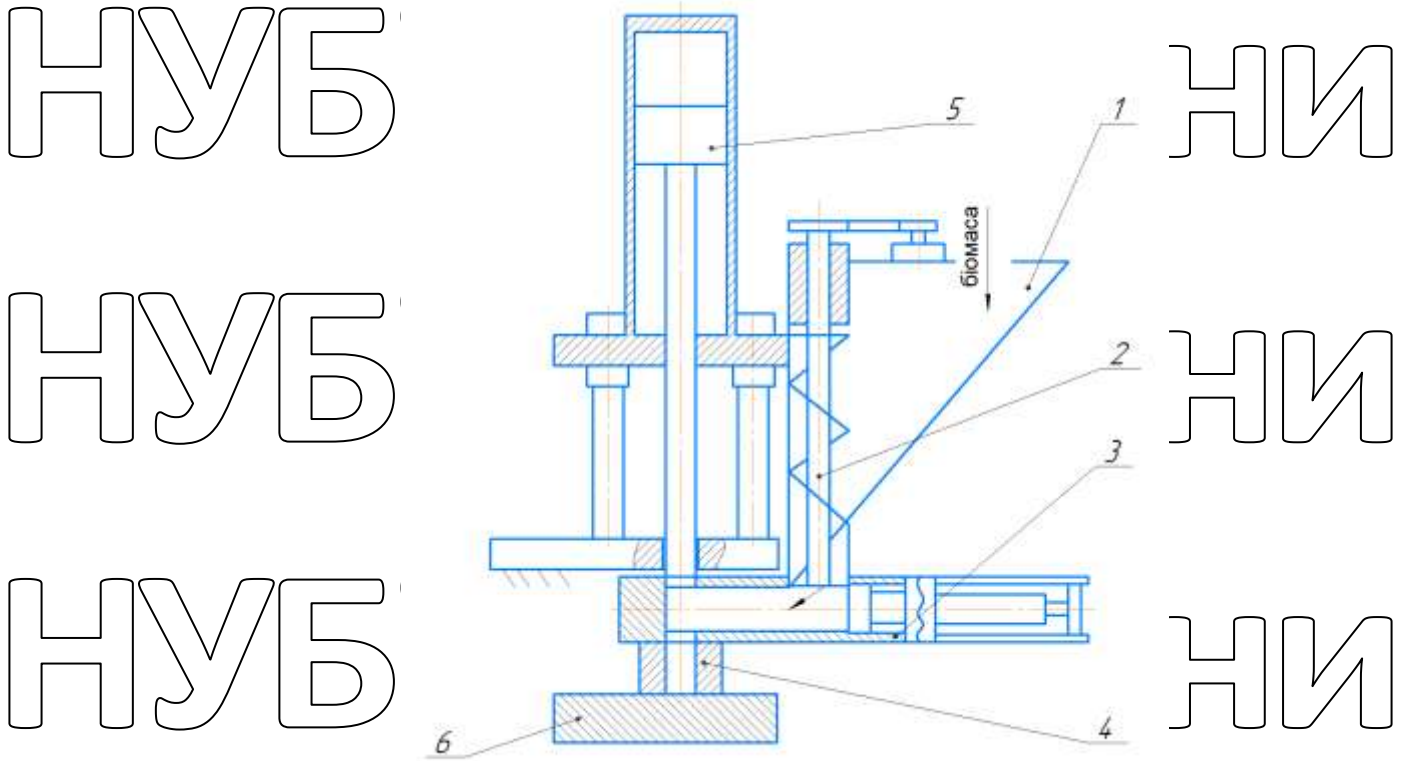


Рис. 3.4. Дозатор преса з закритою матрицею:

1 - бункер; 2 - приводний шнек; 3 - поршень підпресувальника.

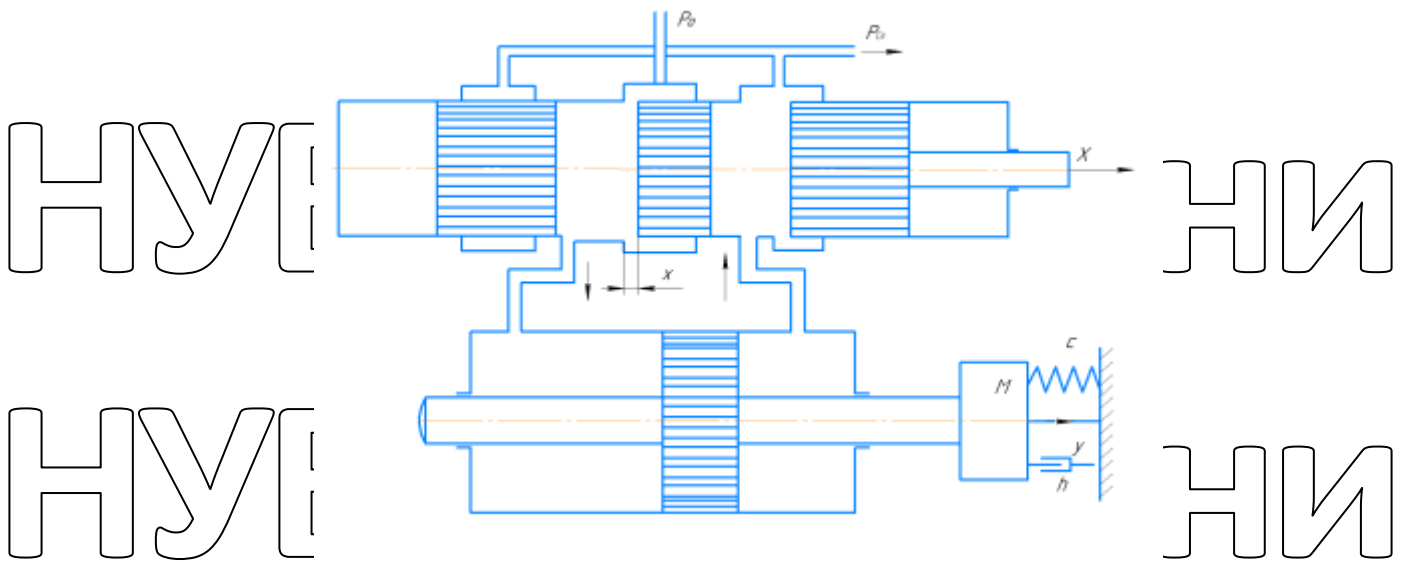
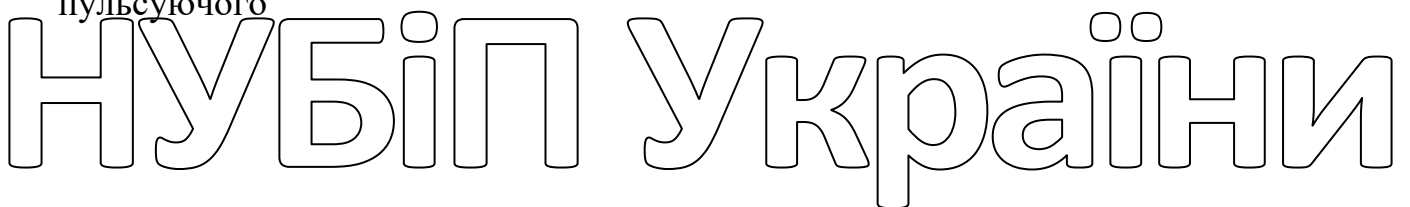


Рис. 3.5. Принципова схема гідравлічного виконуючого механізму вібратора

пульсуючого



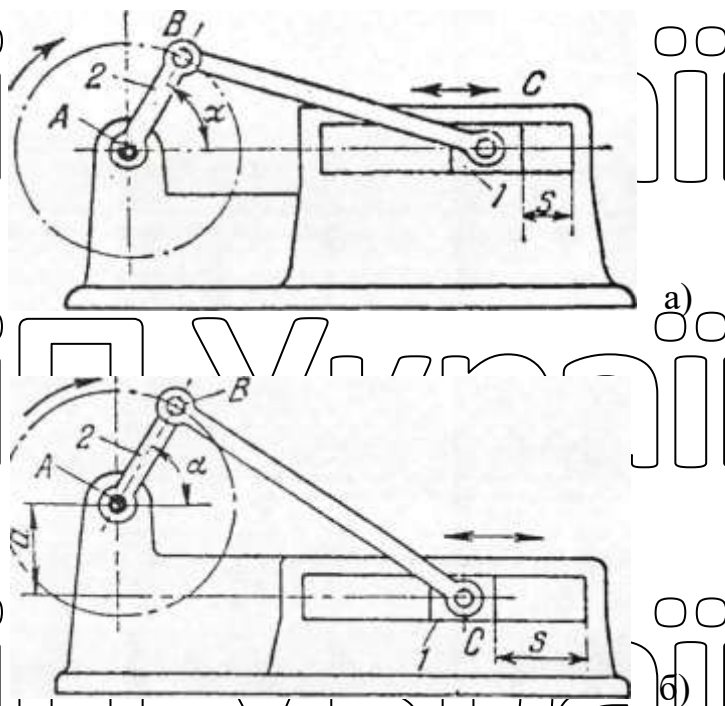


Рис. 3.6. Кривошипно-повзунні механізми дозатора :

а) - аксіального типу; б) – де аксіального типу

Швидкість v_C точки C рівна

$$v_C = v_B \left[\sin \alpha + \frac{\cos \alpha (AB \sin \alpha + a)}{BC \sqrt{1 - \left(\frac{AB \sin \alpha + a}{BC}\right)^2}} \right] \quad (3.6)$$

де v_B - швидкість точки B кривошипа 2 і a - куц повороту кривошипа 2. Повний хід 5 повзуна 1 рівний

$$s = \sqrt{(BC + AB)^2 - a^2} - \sqrt{(BC - AB)^2 - a^2} \quad (3.7)$$

Параметри переміщення робочого штока дозатора визначаються геометричними параметрами брикетів.

Основним напрям використання рослинних брикетів, процес виробництва яких розглянутий в даній роботі, є забезпечення паливом енергетичних і опалювальних установок малих і середніх сільськогосподарських переробних, лісопилних і деревообробних підприємств, а також житлового сектору.

Розділ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

4.1. Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції

Основні показники економічної ефективності біопаливного цеху:

- виробнича програма підприємства;
- капіталовкладення;
- приведені експлуатаційні витрати;
- загальні витрати виробництва;
- собівартість продукції;
- прибуток і рентабельність підприємства;
- термін окупності капітальних вкладень.

4.2. Розрахунок капіталовкладень

Капіталовкладення включають вартість реконструкції (будівництва) виробничого приміщення, вартість обладнання, витрати на його доставку і монтаж, та інші витрати. Вони розраховуються за формулою:

$$K_n = C_{б\text{уд}} + C_{обл}, \quad (4.2.1)$$

де $C_{б\text{уд}}$ – вартість реконструкції біопаливного цеху, грн.;

$$C_{б\text{уд}} = C_1 \cdot V, \quad (4.2.2)$$

де C_1 – вартість реконструкції 1-го м³ виробничого приміщення цеху. Для розміщення біопаливного виробництва у господарстві виділено приміщення під реконструкцію.

Балансова вартість реконструкції виробничих приміщень становить:

$$C_1 = 373 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3};$$

V – загальний об'єм виробничого приміщення:

$$V = h \cdot S, \quad (4.2.3)$$

де h – висота виробничого приміщення: $h = 3$ м;

S – площа виробничого приміщення:

$$S = 220 \text{ м}^2 \text{ (див. розділ 2);}$$

$$V = 3 \cdot 220 = 660 \text{ м}^3;$$

$$C_{б\text{уд}} = 373 \cdot 660 = 246240 \text{ грн.}$$

$C_{обл}$ – вартість обладнання з урахуванням витрат на транспортування, монтаж і пусконаладжувальні роботи. Вартість обладнання розраховуємо за формулою:

$$C_{обл} = K \cdot B + B_{пр. л.м.}, \quad (4.2.4)$$

де B – ціна комплекту обладнання біопаливного цеху, який передбачаються закупити на заводі біопаливного машинобудування, м. Чернігів:

$$B = 160000 \text{ грн.};$$

K – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку і монтаж обладнання,

$$K = 1,1;$$

$B_{пр. л.м.}$ – вартість брикетного преса біопаливного цеху:

$$B_{пр. л.м.} = (M_m \cdot C_m + D) \cdot K_n \cdot K_{тр.}, \quad (4.2.5)$$

де M_m – маса запроєктованого преса: $M_m = 1280$ кг;

C_m – собівартість 1-го кг маси нового обладнання без комплектуючих виробів:

D – вартість комплектуючих покупних виробів: $D = 960$ грн.;

K_n – коефіцієнт, що враховує плановий прибуток промисловості: $K_n = 1,1$;

$K_{тр.}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування і монтаж машини:

$$K_{тр.} = 1,1.$$

$$B_{пр. л.м.} = (480 \cdot 60 + 960) \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 36337 \text{ грн.}$$

$$C_{обл} = 1,1 \cdot 160000 + 36337 = 212337 \text{ грн.}$$

$$K_n = 246240 + 212337 = 458577 \text{ грн.}$$

4.3. Розрахунок експлуатаційних витрат

Загальні експлуатаційні витрати визначають за формулою:

$$Z_{заг.екс.} = (Z_{оп} + Z_{а буд.} + Z_{а обл.} + Z_{пр} + Z_{то} + Z_{ел} + Z_{тар}) \cdot K, \quad (4.3.1)$$

де $Z_{оп}$ – річний фонд заробітної плати, грн.;

$Z_{а буд.}$, $Z_{пр}$ – відмахування на амортизацію і поточний ремонт будівель, грн.;

$Z_{а обл.}$, $Z_{то}$ – відмахування на амортизацію і ТО обладнання, грн.

$Z_{ел}$ – витрати на електроенергію, грн.;

$Z_{тар}$ – витрати на закупівлю тари, грн.;

K – коефіцієнт, який враховує інші експлуатаційні витрати.

Річний фонд заробітної плати визначають з урахуванням кількості працюючих, тарифних ставок і нарахувань на заробітну плату:

$$Z_{оп} = \sum_i N_i \cdot C_i \cdot t_{зм} \cdot D \cdot K_n, \quad (4.3.2)$$

де N_i – кількість працівників i -го розряду, чол.;

C_i – годинна тарифна ставка, грн/год.;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни: $t_{зм} = 8$ год.;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності: $K_{зм} = 2$;

D – число днів роботи за рік: $D = 125$ днів;

K_n – коефіцієнт нарахувань на зарплату: $K_n = 1,37$.

Визначення відрахувань на амортизацію будівлі:

$$Z_{а буд.} = C_{буд.} \cdot 0,061, \text{ грн.}, \quad (4.3.3)$$

$$Z_{а буд.} = 246240 \cdot 0,061 = 15021 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію обладнання:

$$Z_{а обл.} = C_{обл.} \cdot 0,15, \text{ грн.}, \quad (4.3.4)$$

$$Z_{а обл.} = 212337 \cdot 0,15 = 31850 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт і обладнання:

$$Z_{то} = C_{обл.} \cdot 0,1, \text{ грн.}; \quad (4.3.5)$$

$$Z_{то} = 212337 \cdot 0,1 = 21234 \text{ грн.}$$

Відрахування на електроенергію:

$$Z_{ел} = E \cdot C_{ел} \cdot D \cdot K_{зм} \cdot K, \text{ грн.}, \quad (4.3.6)$$

де E – споживана електроенергія за зміну:

$$E = 285 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{зм.}$$

$C_{ел}$ – ціна 1-го кВт · год.: $C_{ел} = 0,29 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год.};$

K – коефіцієнт, який враховує додаткові витрати: $K = 1,05$.

$$Z_{ел} = 285 \cdot 0,29 \cdot 125 \cdot 2 \cdot 1,05 = 20663 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні експлуатаційні витрати складають $Z_{заг.екс.} = 364670$ грн.

Витрати на закупівлю сировини становлять $Z_{сир} = 1646000$ грн.

Транспортні витрати визначаємо за формулою:

$$Z_{тр} = G \cdot S \cdot C_{т.км.}, \quad (4.3.7)$$

де S – загальний пробіг автомобіля при транспортуванні всієї продукції, км.

$$S = \frac{G \cdot K \cdot L}{G_{г.в.а.}}, \quad (4.3.8)$$

де $G_{г.в.а.}$ – вантажність автомобіля:

$$G_{г.в.а.} = 5 \text{ т.};$$

L – відстань від складів до виробництва: $L = 0,25$ км;

K – коефіцієнт, що враховує холості пробіги автотранспортних засобів: $K = 1,2$.

$$S = \frac{429.75 \cdot 1.2 \cdot 0.25}{5} = 25 \text{ км.}$$

$\Pi_{т.км.}$ – питома вартість вантажоперевезень в господарстві:

$$\Pi_{т.км.} = 1,2 \text{ грн/т}\cdot\text{км}$$

Тоді $Z_{тр} = 290.2 \cdot 25 \cdot 1,2 = 8708$ грн.

Розрахунок загальних витрат на виробництво

$$Z_{з.в.} = Z_{заг.експ.} + (Z_{суп.} + Z_{тр}) \cdot 1,05 \quad (4.3.9)$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує інші накладні витрати.

$$Z_{з.в.} = 364670 + (1646000 + 8708) \cdot 1,05 = 2102114 \text{ грн.}$$

4.4. Визначення основних економічних показників

Визначаємо рентабельність виробництва за формулою:

$$P = (\Pi_{ч} / Z_{з.в.}) \cdot 100. \quad (4.4.1)$$

$$P = 207086 \cdot 100 / 2102114 = 9,9\%.$$

Термін окупності капіталовкладень в роках:

$$T = K_n / \Pi_{ч}, \quad (4.4.2)$$

$$T = 458577 / 207086 = 2,2 \text{ роки.}$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 4.4.1 та на слайді презентації.

Таблиця 4.4.1. Техніко-економічні показники роботи лінії брикетування зерновідходів і соломи на базі брикетного преса з закритими каналами матриці

Показники	Значення
Річна програма біопаливного виробництва, <i>т</i>	
- по основній сировині	823
- по додатковій побічній продукції (біомасі)	153
Капіталовкладення виробництва, <i>грн.</i>	458477
Загальні експлуатаційні витрати, <i>грн.</i>	364670
Загальні витрати на виробництво, <i>грн.</i>	2102114
Собівартість продукції, <i>грн/т</i>	2685
Річний виторг продукції всього, <i>грн.</i>	2886500
Відрахування ПДВ, <i>грн.</i> (20%)	577300
Чистий прибуток, <i>грн.</i>	207086
Рівень рентабельності виробництва, %	10
Термін окупності капіталовкладень проекту, <i>роки</i>	2,2
Продуктивність праці, <i>кг/люд*год</i>	55,9

За результатами розрахунків економічних показників отримані величини, зокрема, чистий прибуток за рік – 207 тис. грн., рівень виробничої рентабельності – 10 %, термін окупності капіталовкладень брикетного виробництва – 2,2 роки, свідчать прибутковість та економічну ефективність впровадження у господарстві технологічної лінії брикетування зерновідходів та соломи на базі розробленого брикетного преса з закритими каналами матриці.

Розділ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

5.1. Небезпечні фактори технологічного процесу брикетування

Брикетний прес ударно-механічної дії складається з таких основних вузлів:

- маховик з кривошипне-шатунним механізмом;
- два повзуни з закріпленими на них пуансонами;
- дві пресові головки з вузлами регулювання матричних каналів;
- електромеханічний привод;
- масляна станція (бак, насос, маслопроводи);
- лотки.

Маховик з кривошипне-шатунним механізмом призначений для перетворення обертового руху валу електродвигуна в зворотно-поступальний рух штемпеля (плунжера). Разом з цим, віддача кінетичної енергії, що накопичувалась маховиком, відбувається на невеликому ході штемпеля (60 мм), що сприяє під час пресування розвитку суттєвих зусиль.

Пресувальна головка за допомогою станини міцно з'єднана з кривошипне-шатунним механізмом на фіксованій відстані і є основним робочим органом преса.

Формувальний інструмент головки, що пресує, складається з верхнього та нижнього комплектів матриць, що встановлені в корпусі головки, кріпляться упорними кронштейнами і затяжними клинами.

Нажимний пристрій – це вузол важливої дії з жорстким упором, складається з гвинтового перетворювача, коромисла (важеля), натискного штоку.

Живильник як вузол завантаження, містить бункер з двома бітерами. Верхній бітер перемішує матеріал, нижній - направляє і рівномірно подає біомасу у пресувальну камеру.

Масило для змащення і охолодження найбільш навантажених вузлів (підшипників ковзання опорних підшипників, кривоточинно-магунного механізму, повзунів) надходить за допомогою насоса через розподільник.

Вузли пресувальної головки, підшипники валів змащуються періодично консистентною речовиною.

Вивантажувальний пристрій преса (ложки) призначений для прийому брикетів із матричного каналу, охолодження та запобігання їх пружного розширення і створенню внутрішніх руйнувань, які знижують їх міцність, цілісність та інші якісні показники паливних брикетів.

Комплект матриць з вивантажувальним вузлом на опорній опорі представляє собою механізм регулювання остаточного тиску на вироби (брикети).

Брикетний прес працює наступним чином: сировина надходить в завантажувальний пристрій і нижнім бітером подається в пресувальну камеру. В результаті ударної дії штемпеля (плунжера) виникає безпосередньо ущільнення біомаси і її пересування під великим тиском 30-40 МПа по каналу на товщину брикету. При зворотному ході штемпеля відбувається чергове завантаження пресувальної камери наступної порції біомаси.

При наступних ударах штемпеля моноліт, що формується, проштовхується по звужуючому каналу і продовжує спресовуватися як брикетами.

При виході із матричного каналу навантаження з брикету і він починає поступово охолоджуватися в лотках, прямуючи на наступні операції фасування готової продукції.

5.1.1. Підготовка брикетного преса до роботи. Пуск машини дозволяється тільки після виконання наступних операцій: перевірити надійність заземлення електричної системи, підключення його до електричної мережі живлення, заповнити мастилом маслянки, залити оливу в бак, перевірити чистоту мастило провідних каналів, відрегулювати подачу мастила у вузли з підвищеним тертям за допомогою болтів розподільника. Установити робочий інструмент. Перевірити нормативну затяжку різьбових з'єднань. Встановити огорожувальні засоби, прибрати з поверхні пресу зайві слюсарні інструменти і допоміжні предмети.

Провертаючи маховик вручну, переконатися у відсутності тертя рухомих деталей одна об одну, перевірити вільність холостого ходу.

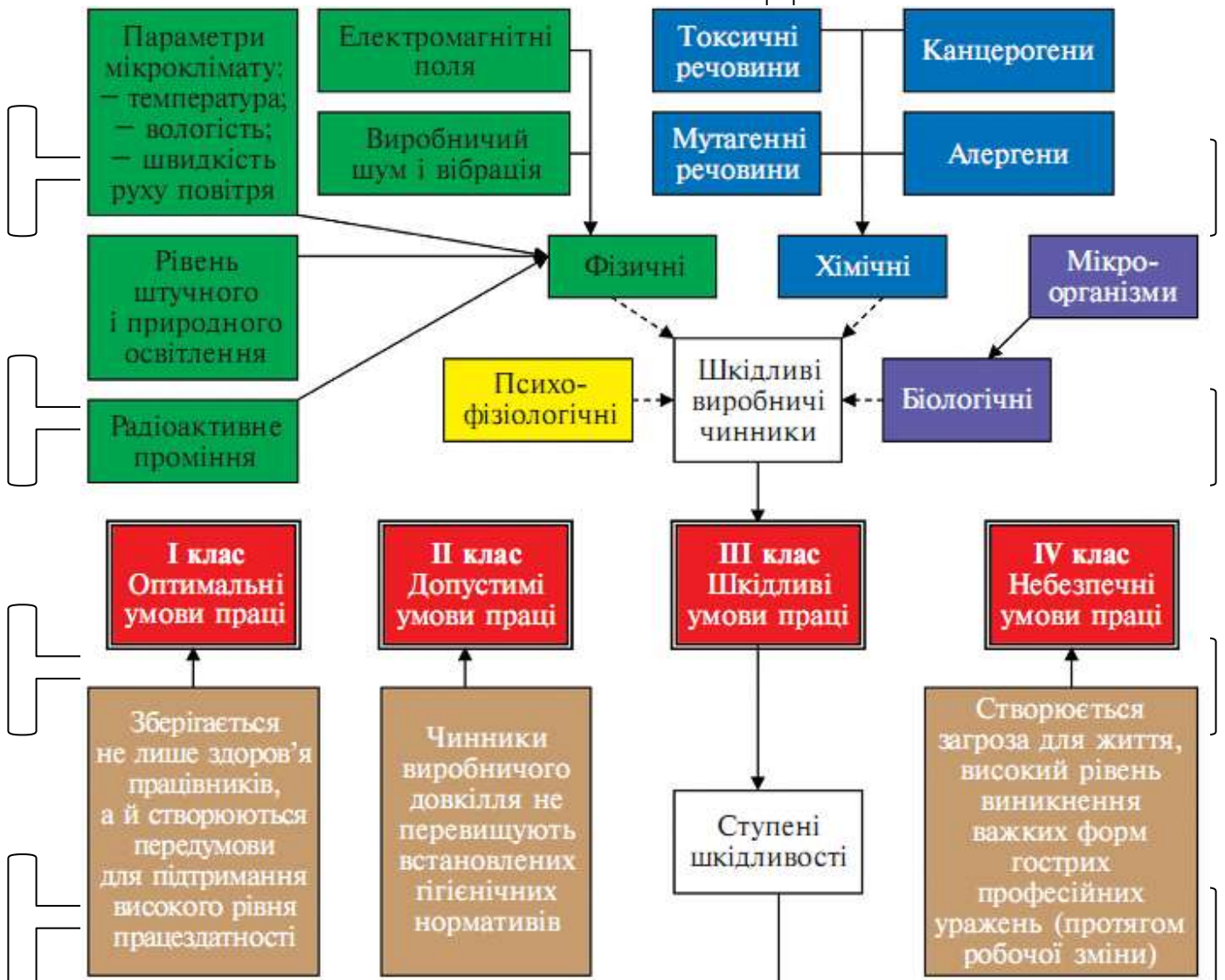


Рис. 5.1. Класифікація небезпечних і шкідливих факторів умов праці

Включити електродвигун оливного насоса і прокачати мастильну систему на простягом 2-3 хвилин. Включити головний привод преса і попрацювати на холостому ході 5-10 хвилин. Закласти у пресувальні камери з боку лотків дерев'яні оправки по формі брикету, довжиною 100-160 мм, піджати їх механізмом регулювання натягу і почати подавати вручну суміш матеріалу біомаси для брикетування з оливою. Ця суміш, створивши пробку, повинна легко просуватися через матричний канал.

Після того як весь канал заповниться сумішшю і сировинна біомаса виштовхнеться із матричного каналу, почати поступово подавати рослинну біомасу для брикетування. Механізмом регулювання натягу відрегулювати оптимальний тиск у пресувальній камері, при якому отримаємо високоякісні брикети.

У випадку аварійної зупинки пресу, запуск брикетного пресу повинен проводитися тільки при вільних від сировини завантажувальних каналах і камерах.

Виходячи з загальних методичних положень виробничих небезпек (рис. 5.1), на робочому місці брикетування рослинної біомаси у паливні брикети загрозу здоров'ю працівників становлять крім **виробничих травм** ще **запиленість, виробничий шум і вібрація** робочих механізмів брикетного преса.

Розробленню заходів зменшення впливу визначених небезпечних факторів та покращенню умов праці на брикетуванні присвячені наступні частини проекту з охорони праці.

5.2. Заходи безпечної експлуатації брикетного обладнання

Лінія для виробництва паливних брикетів складається з такого обладнання, як бункер-накопичувач, скребковий і стрічковий транспортер, циклон, сушарка барабанного типу, дробарка, прес для виробництва паливних брикетів Ріпі*Каї, околджувач брикетів та торцювальний пристрій. У даному обладнанні відбуваються складні технологічні процеси, які мають цілий комплекс шкідливих та небезпечних факторів та ризиків, які негативно впливають на організм людини, навколишнє середовище та можуть призвести до надзвичайних ситуацій. Найбільш значимими ризиками є фізичні та хімічні небезпеки та ризики. Ці небезпеки, які характерні для певного технологічного обладнання, наведено у табл.

5.1.

Проаналізувавши табл. 5.1, можливо зробити висновок, що найбільш небезпечним є прес для виробництва паливних брикетів, сушарка та торцювальний пристрій. До найбільш значних факторів можливо віднести: підвищену запиленість та загазованість робочої зони, підвищену температуру по-верхні обладнання та

матеріалів та гострі кромки обладнання і інструменту.

Стан повітря робочої зони визначався відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.014 і за технічною документацією на методи визначення шкідливих речовин в повітрі, затвердженої наказом МОЗ України. Рівень шуму на робочих місцях вимірювали відповідно до вимог ГОСТ 12.1.050, джерел шуму – відповідно до вимог ГОСТ 12.1.028. Оцінку результатів вимірювання шуму проводили відповідно до вимог ГОСТ 12.1.003 і санітарним нормам допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

Таблиця 5/1. Фізичні та хімічні фактори небезпек та ризиків, які характерні для обладнання лінії для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси

Фактор небезпеки/ назва обладнання	Бункер накопичувач	Транспортер	Циклон	Супарка	Дробарка	Прес	Охолоджувач	Торцювальний пристрій
Гострі кромки обладнання, інструменту								
Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони	+	+			+	+	+	+
Гарячі або холодні місця повітря робочої зони			+	+		+	+	
Підвищена температура поверхні обладнання і матеріалів				+	+			+
Підвищений рівень шуму на робочому місці		+	+		+	+		+
Підвищений рівень вібрації на робочому місці		+	+	+	+	+		+
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини			+	+	+	+		+
Підвищений рівень статичної електрики		+	+	+	+	+		+
Підвищений рівень електромагнітних випромінювання				+	+	+		+
Підвищений рівень інфрачервоного випромінювання				+				
Токсичні речовини				+		+	+	
Подразнюючі речовини				+		+	+	

Вимірювання та контроль вібрації проводили відповідно до вимог ГОСТ 12.1.012 та методичних вказівок з проведення вимірів і гігієнічної оцінки виробничих вібрацій, затвердженим Міністерством охорони здоров'я України.

Контроль електробезпеки проводили відповідно до вимог ГОСТ. Температуру зовнішньої поверхні обладнання та паливних брикетів вимірювали контактною термопарою з вимірювальним приладом відповідно до вимог ГОСТ 9736.

Випадки механічного травмування під час роботи з торцювальним пристроєм, дробаркою та ін. обладнанням мають наступний характер (%):

– травмування пальців або кисті рук внаслідок захоплення робочих органів, які обертаються – 45;

– потрапляння до очей літаючого пилю – 40;

– травмування рук або ніг при налагодженні обладнання, установки та демонтажі оброблюваної деталі, кріпленні і зняття деталей – 9;

– травмування тіла частиною брикету, яка вирвалася при різанні – 4;

– травмування пальців рук при збиранні сировини – 2;

– інші випадки травмування – 2.

Одним з суттєвих шкідливих та небезпечних виробничих факторів є органічний пил. Основним джерелом утворення пилю служать екструзійні, торцювальні та подрібнювальні процеси. Під час цих процесів у повітря виділяється високодисперсний пил (0,8–5 мкм) до складу якого, крім органічних, входять і металеві та мінеральні частинки.

Вміст пилю у повітрі може досягати найбільшої величини при подрібненні та розпилюванні без використання вентиляційної системи (32–163 мг/м³).

При переробці органічних матеріалів відбувається механічні та фізико-хімічні зміни їх структури, в повітря робочої зони надходить складна суміш парів, газів і аерозолів. Летючі продукти, що утворюються при тепловому розкладанні (термодеструкції) ряду органічних речовин, є пожежовибухонебезпечними, токсичними та можуть викликати зміни центральної нервової і судинної систем, кровотворних і внутрішніх органів, а також шкірно-трофічні порушення. Тривале

вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань бронхо-легеневого апарату – пневмококіозів та, хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечне вдихання пилу, газів, що призводить до захворювання бериліозом. Дані за вмістом пилу в повітрі робочої зони наведено у табл. 5.2.

Спектри шуму більшості обладнання лінії для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси мають середній та високочастотний характер. Загальні рівні звукового тиску знаходяться в межах від 85 до 100 дБА.

Таблиця 5.2. Вміст пилу в повітрі при брикетуванні залежно від типу сировини

Перероблювальна сировина	Вміст пилу, мг/м ³
Лушпиння соняшнику	800–1000
Тирса	500–554
Солома ячменю	126–238

Найбільш високі рівні були зареєстровані в робочій зоні біля дробарки, пресу та торцювального пристрою.

Рівень звукової потужності на робочому місці оператора не повинен перевищувати гранично-допустимий рівень 70 дБА, тобто необхідно виконувати заходи безпеки для зменшення дії цього фактору.

На робочих місцях під час роботи з транспортером, сушаркою, дробаркою, пресом, циклоном та приводними механізмами утворюється вібрація, рівень якої та вплив її на організм людини наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3. Рівень вібрації та її вплив на організм людини

Тип обладнання	Амплітуда коливань вібрації, мм	Частота вібрації, Гц	Результат впливу
Транспортер	0,016	30	Нервово збудження з депресією
Циклон	0,040	45	

Сушарка	0,045	50	Зміни у центральній нервовій системі, серці та органах слуху
Приводні механізми	0,047	50	
Дробарка	0,095	60	
Прес	0,065	55	

Під час виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси трапляються опіки рук та можуть трапитися надзвичайні ситуації, причиною яких є гаряча поверхня сушарки, дробарки, пресу та торцювального пристрою. Особливо небезпечними є поверхня головки пресу та паливні брикети після екструзії, які можуть тліти і є пожежовибухонебезпечними.

Також трапляються опіки, якщо вологість сировини перевищує 8 %, це пов'язано з тим, що під час екструзії утворюються парові пробки, сировина вилітає з головки преса та травмує робітників. Технічне обслуговування преса та пакування брикетів заборонено, якщо їх температура перевищує 40 °С. Під час екструзії під великим тиском та високою температурою відбувається термічна деструкція, піроліз поверхні паливних брикетів.

Хімічний склад повітря та вміст димових газів, які утворюються при піролізі біомаси майже не залежить від типу сировини. Під час піролізу 1 м³ сировини утворюється 85–95 м³ газів, з яких метан та кисень утворює вибухонебезпечну суміш. Повітря в робочій зоні має такий склад (%) та підвищену температуру (°С) – оксид сірки 10–16; кисень 8–15; оксид азоту 9–16; метан 0–0,01; діоксид вуглецю 5–9 та температура димових газів 70–255.

Під час виробництва паливних брикетів, у зоні екструзії утворюється дим [43, 44], склад якого наведений у табл. 5.4.

Таблиця 5.4. Склад диму при виробництві біопаливних брикетів

Назва речовини, яка визначається	Швидкість аспірації, л/хв.	Час відбору проб, хв.	Фактична концентрація, мг/м ³	Гранично допустима концентрація, мг/м ³	Методика дослідження
Акролеїн	0,5	20	0,5	0,2	МУ 27/19-83
Діоксид азоту	0,2	5	3,5	2	МУ 1638-77

Діоксид вуглецю	0,2	5	19,0	20	ГОІЕ АПИ 2.840.087
Пил рослин. походження	20,0	30	10,0	6	МУ 4436-87
Діоксид кремнію	20,0	30	2,0	-	МУ 2391-81

З табл. 5.4 видно, що під час виробництва паливних брикетів в зоні екструзії утворюються сполуки, рівень яких перевищує гранично-допустиму концентрацію та які негативно впливають як на організм людини, так і на навколишнє середовище.

Рівні небезпечних і шкідливих факторів у виробничих приміщеннях і на робочих місцях не повинні перевищувати гранично-допустимих значень, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючого пилу проводився згідно вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 за формулою:

$$\Delta P = \sqrt{\frac{m H_T P_o z}{V_{віль} \rho_E c_p T_o k_H}} \quad (5.1)$$

де m – маса горючого пилу, кг;

H_T – теплота згоряння, Дж кг⁻¹;

P_o – атмосферний тиск, кПа (приймаємо 101,3 кПа);

z – розуміється частка участі завислого горючого пилу у вибуху за відсутності експериментальних даних про величину z ; приймаємо $z = 0,5$;

$V_{віль}$ – вільний об'єм приміщення, м³;

ρ_E – густина повітря до вибуху за початкової температури T_o , кг/м³;

c_p – теплоємність повітря, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (приймаємо такою, що дорівнює $1,01 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹);

T_o – початкова температура повітря, К.

Використання способу [17] отримання твердого палива з рослинної сировини та присадки дозволив перевести небезпеку виробництва з категорії Б (пожежовибухонебезпечне) в категорію В (пожежонебезпечне), знизивши надлишковий тиск горючого пилу з 6 кПа до 0,25 кПа, який був розрахований за формулою (5.1).

Режими технологічних процесів виробництва твердого біопалива, згідно

вимог ГОСТ 12.4.026 повинні забезпечувати:

– узгодженість роботи обладнання, що виключає виникнення небезпечних і шкідливих факторів;

– завантаження устаткування в межах його пропускної здатності, що забезпечує ритмічну роботу персоналу, зайнятого у технологічному процесі;

– пожежобезпеку виробництва;

– можливість, за необхідності, застосування засобів захисту працюючих;

– охорону навколишнього середовища.

Процеси брикетування повинні бути організовані відповідно до нормативно-технічної документації, передбаченою ГОСТ 3.1120. Небезпечні зони цехів і дільниць, де здійснюється технологічний процес, повинні позначатися знаками безпеки відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026. Технологічний процес повинен бути організований так, щоб виключалася необхідність дотику працюючих з сировиною та півфабрикатами, які перебувають в русі зі швидкістю більше 0,3 м/с.

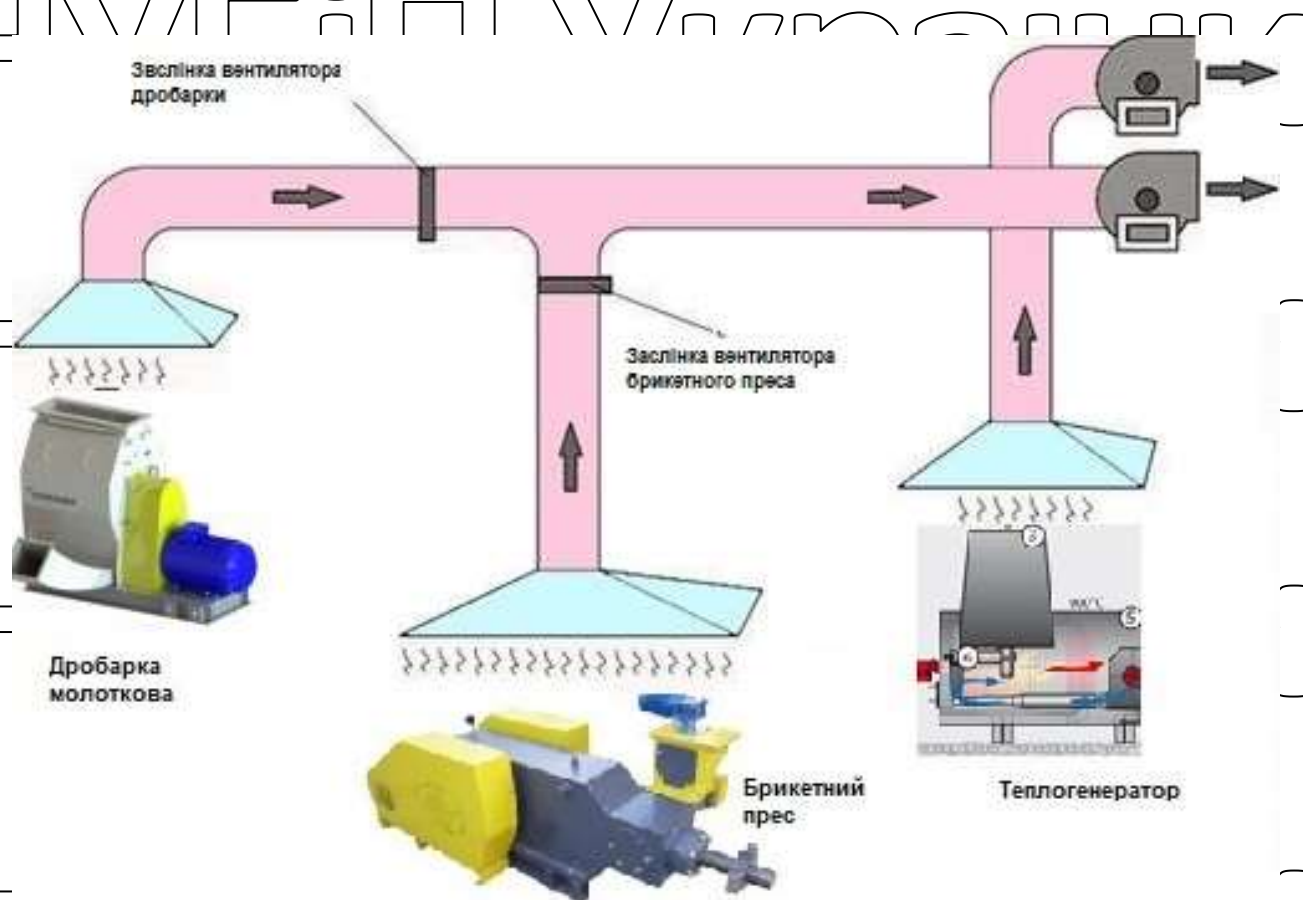


Рис. 5.2. Схема до зниження впливу шкідливих чинників при брикетуванні

НУБІП України

Робочі місця операторів в шумних приміщеннях повинні бути в звукоізольюючих кабінах. Для обслуговування та ремонту устаткування, розташованого вище 1,3 м від рівня підлоги, до яких можливо віднести теплогенератор барабанної сушарки, транспортер та циклон повинні передбачатися огорожі відповідно до вимог ГОСТ 12.4.059.

НУБІП України

Гарячий прес та інше обладнання, що виділяє тепло, повинно бути обладнане екранами, щоб інтенсивність теплового заручення на робочих місцях не перевищувало 100 Вт/м^2 відповідно до вимог ГОСТ 12.3.042-88.

НУБІП України

Таким чином, аналіз факторів небезпек та оцінка ризиків небезпечного виробництва твердого біопалива з аграрної біомаси необхідні для модернізації заходів зі зменшення дії небезпечних факторів на організм людини та навколишнє середовище, які можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Визначені основні фізико-технологічні вимоги до біопаливних виробів свідчать про високу технологічну складність їх виготовлення. Процес брикетування, який передбачає ущільнення технологічного матеріалу крізь формуючі канали матриці, є найбільш раціональним, оскільки реалізується в безперервному режимі й дозволяє отримати вироби з найбільшою щільністю, правильної форми. Тому паливні брикети інтенсивне набувають поширення в країнах світу. Завдання утилізації аграрних, лісосічних та деревних відходів дрібної фракції вирішене не повністю. У масштабах малих і середніх аграрних, переробних підприємств ефективним способом утилізації таких відходів є їх брикетування без застосування єднальних речовин.

2. Прийнята та розрахована технологічна лінія переробки зернових культур на борошно для потреб господарства. Проектується застосування рослинних домішок (біологічного сміття) на виготовлення біопаливних брикетів 300 кг/год. Передбачається виконання виробничих операцій в лінії з використанням технологічного обладнання вітчизняних виробників, що підвищує ефективність всього підприємства на 10-18 %.

Загальна кількість сміттєвих домішок, як біосировини для паливних брикетів, із зернового підприємства становить 50-51 т за рік. Для підвищення ефективності підприємства та завантаженості лінії твердопаливного виробництва плануємо застосування, як сировинної біомаси, незернової частини врожаю (соломи) в кількості 100 т на річний обсяг роботи технологічної лінії. Таким чином, сировинний потенціал та випуск готової продукції твердопаливного виробництва становить 150 т. Більш ефективне застосування обладнання передбачає дослідження та техніко-технологічне удосконалення процесу пресування брикетів із зернових відходів і соломи.

3. Для впровадження виробництва в умовах господарства проведено огляд технологій, прийнято схему виробничої лінії, проаналізовано машини для брикетування, обрано перспективний тип та висунуто пропозиції щодо удосконалення. На основі аналізу з'ясовано, що найбільш перспективним є брикетний прес ударно-механічної дії з закритими каналами матриці.

4. Пуансоні преси з закритою матрицею найбільш ефективні для пресування стеблових матеріалів, що володіють пружними властивостями за умови їх попереднього підпресування і примусової подачі в пресову камеру. При цьому найбільш ефективні ущільнювачі, а саме: двоступеневі живильники-ущільнювачі шнекового типу з пружною компенсацією.

5. Відомі математичні моделі напружено-деформованого стану середовища в їх справжньому вигляді не можуть дати коректний опис процесу формування брикету з подрібненої біомаси при дії ударних навантажень. Доцільним будувати модель напружено-деформованого стану біомаси на основі моделі багато масної системи.

Математична модель процесу ущільнення біомаси ударом в закритій матриці встановлює залежність відносної деформації від величини імпульсного навантаження, розкриває нелінійний характер зміни щільності в напрямку удару і визначає чисельні значення показників щільності залежно від коефіцієнта дисипації.

6. Теоретично і експериментально встановлено, що формування рівно щільного брикету неможливе при одноразовій імпульсно-ударній дії. Експериментально встановлений приріст щільності після 3-4 додаткових ударів, що підтверджує дані теоретичних досліджень про необхідність неодноразового додатка ударного навантаження з метою отримання задовільних показників щільності і рівнощільності. На практиці число ударів рекомендується визначати експериментально.

7. Експериментальні дані підтверджують результати теоретичних досліджень про вплив величини імпульсного навантаження на щільність отримуваних брикетів, яка є достатньою для практичних розрахунків точністю визначається рівняннями регресії. Максимальна щільність брикетів при одноразовому додатку навантаження складає $1,18 \text{ г/см}^3$ при внутрішньому діаметрі прес-форми 50 мм, що відрізняється від теоретично значення не більше, ніж на 6 %.

Експериментально встановлене значення межі міцності при стискуванні складає 2,91 МПа для брикетів з біомаси 2,78 МПа для брикетів з тирси при щільності брикетів $1,3 \text{ г/см}^3$.

8. Аналіз факторів небезпек та оцінка ризиків небезпечного виробництва твердого біопалива з аграрної біомаси необхідні для модернізації заходів зі зменшення дії небезпечних факторів на організм людини та навколишнє середовище, які можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій.

9. За результатами розрахунків економічних показників отримані величини, зокрема, чистий прибуток за рік – 207 тис. грн., рівень виробничої рентабельності – 10 %, термін окупності капіталовкладень брикетного виробництва – 2,2 роки, свідчать прибутковість та економічну ефективність впровадження у господарстві технологічної лінії брикетування зерновідходів та соломи на базі розробленого брикетного преса з закритими каналами матриці.

СНИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гелетуха Г.Г., Петрова Ж.О., Корінчук Д.М., Железна Т.А. та ін. Технології та обладнання для виробництва і споживання альтернативних видів палива. К.: Інститут технічної теплофізики НАН України, 2020. 375 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: монографія [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк та ін.]. К.: Аграр Медіа Груп, 2010. 360 с.
3. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Промислова теплотехніка. 2017, т. 39, № 2. С. 60-64.
4. Єременко О.І. Аналіз енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. К.: 2013. Вип. 185, ч. 3. С. 347-355.
5. Шелудченко Б.А. Методологія досліджень екосистеми. Кам'янець-Подільський: В-во ПДАТУ, 2008. 110 с.
6. Биомасса как источник энергии. Под ред. С. Соуфера, О. Заборски. М.: Мир, 1985. 368 с.
7. Альтернативна енергетика: Навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / [М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін.]. К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с.
8. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements EN 14961 – 1: 2010 European standard.
9. ДСТУ-П CEN/TS 15210-1:2009: Біопаливо тверде. Методи визначення механічної міцності паливних гранул та брикетів. Частина 1. Гранули (CEN/TS:15210-1:2005; IDT). [Дійсний від 2009-06-22]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 6 с. (Національний стандарт України).
10. Гомонай М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография / М.В. Гомонай. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с.
11. Дроздник М.Д., Мирошниченко Д.В. Топливные пеллеты и брикеты: ресурсы, нормативная база. Відроджувальна енергетика. 2009. № 4. С. 64–69.
12. Єременко О.І., Паянок О.В., Усенко Д.М. Аналіз стану та тенденції розвитку твердопаливних виробництв. Науковий збірник «Вісник Степу», ч. 2. Кіровоград: КОД, 2012. С. 234-240.
13. Проспекти ведучих компаній з розробок технологій та обладнання для виробництва твердого біопалива [електронний ресурс]. Режим доступу до журн.:

www.bioesurs.com.ua; www.bioplivo.ub.ua; www.pelletsgold.com/; www.ick.ua;
www.alterenergy.info; www.biofuel.in.ua/; www.bioesurs.com.ua; www.evrobriket.ru;
www.presmash.if.ua; www.tk-ines.ru; www.woodpelletline.com/ru; www.ivtech.de;
www.weima.com.ua; npk-atek.ru; www.generator-tepla.ru; www.pellets.narod.ru

14. Особов В.И. Машины для брикетирования растительных материалов. М.:

Машиностроение, 1971. 147 с.

15. ДСТУ-П СЕН/ТС 15210-2:2009: Біопаливо тверде. Методи визначення механічної міцності паливних гранул та брикетів. Частина 2. Брикети (GEN/TS:15210-2:2005; IDT). [Дійсний від 2009-06-22]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 6 с. (Національний стандарт України).

16. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. Аналітична записка БАУ № 20, 2018. 48 с. Режим доступу: www.uabio.org/activity/uabio-analytics

17. Єременко О.І., Паянок О.В. Перспективи розвитку засобів для виготовлення паливних брикетів. Збірник наукових праць Вінницького НАУ. Серія: технічні науки. Вінниця: ВНАУ, 2012. Вип. 11, т. 1 (65). С. 327–331.

18. Єременко О.І., Зубок Т.О., Лук'янець В.О. Результати досліджень процесу брикетування соломистих матеріалів ударним пресом. Наукове фахове електронне видання "Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 142-149.

19. Дацишин О.В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: [навч. посібник] / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздев та ін. / За ред. О.В. Дацишина. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.

20. Тарасов В.П. Технологическое оборудование зерноперерабатывающих предприятий : учебное пособие / В.П. Тарасов. – Барнаул: АлтГТУ, 2002. – 230 с.

21. Богомоллов О.В. Курсове та дипломне проектування переробних і харчових підприємств: навч. посібник / О.В. Богомоллов, П.В. Гурський, В.П. Богомоллова. – Харків: Еспада, 2005. – 432 с.

22. Єременко О.І., Халецький О.В., Чорний Р.М. Методичні основи розрахунку параметрів пресувального вузла гранулятора. Науковий збірник Вісник Степу. Вип.9, ч. 2. Кіровоград: КОД, 2013. С. 251-256.

23. Бать Р.Я. Утилізація промислових відходів переробки біомаси шляхом створення біопалива: автореф. дис... на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.01 Екологічна безпека. Львів, 2008. 20 с.

24. Особов В.И. Механическая технология кормов. М.: КолосС, 2009. 334 с.

25. Дубровін В.О., Єременко О.І. Напрями розвитку вітчизняної техніки для твердопаливних виробництв. Міжвідомчий тематичний науковий збірник Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2013. Вип. 97, т. 2. С. 13-24.

26. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос: Ленингр. отд-ние, 1978. 560 с.

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

28. Безвідходне виробництво зернових культур в системі АПК. Науково-методичні рекомендації щодо продовольчого та енергетичного використання сільськогосподарської сировини / [С.М. Кухарець, С.М. Іванюта, М.В. Кузубов та ін.]. К.: 2009. 63 с.

29. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. К.: УААН, 2002. 374с.

30. Єременко О.І., Поліщук В.М., Руденко Д.Т. Напрями раціонального проектування виробництва біопаливних брикетів у господарстві. Збірник наукових праць, вип. № 14. Ніжин: НАІ, 2020. С. 304-309.

31. Боярчук В., Чучман В. Исследование и обоснование теоретической модели процесса брикетирования соломы. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2014. Vol.16. № 4. P. 3–8.

32. Сарана В.В., Кухарець С.М., Гудзенко М.М. Багатокритеріальна оцінка сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур і біомаси. Науковий вісник НУБіП України. Серія техніка та енергетика АПК. 2010. Вип. 14. Ч. 3. С. 190-197.

33. Лук'янець В.О., Субота С.В. Вплив параметрів ущільнення рослинної біомаси на показники якості біопаливних брикетів. Міжвідомчий темат. наук. збірник. Механізація та електрифікація с.-г. Вип. 99. Т. 2. Глеваха: 2014. С. 103-113.

34. Єременко О.І., Лук'янець В.О. Дослідження та вдосконалення живильного пристрою перспективного брикетного преса. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [електронне фахове видання]. Мелітополь: 2014. Вип. 4, Т. 2. С. 146-156. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>

35. Єременко О.І., Субота С.В. Аналітичне моделювання процесу брикетування біомаси в закритому каналі. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2021. Вип. 13 (112). С. 126-134.

36. EN 14961-1:2010 Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements: European standard.

37. Семірненко Є. Д. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від деяких факторів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків: 2011. Вип. 11. С. 112–120.

38. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Гособський Р. Р. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: 2013. Вип. 23.17. С. 138–146.

39. Єременко О. І., Зубок Т. О., Лук'янець В. О. Результати досліджень процесу брикетування соломистих матеріалів ударним пресом. Праці Таверійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19. Т. 3. С. 98–104.

40. Коршак А. В. Обоснование технологии производства древесных брикетов на прессовом оборудовании ударного типа: дис. канд. техн. наук: спец. 05.21.01 Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства, СПб.: 2011. 132 с.

41. Устройство для изготовления древесных брикетов: патент на полезную модель № 96350 РФ. МПК В32В 12/30 / А. В. Коршак, А. Р. Бирман. Опубл. 27.07.2010, Бюл. № 21.

42. Працехоронні засади у схемах, таблицях і графіках / О.В. Войналович. – К.: Основа, 2014. – 142 с.

43. Войналович О.В. Безпека виробничих процесів: навч. посібник / О.В. Войналович, Т.О. Білько. - К.: НУБіП України, 2009. - 100 с.

44. Войналович О.В. Аналіз потенційних небезпек на пелетних виробництвах та заходи профілактики / О.В. Войналович, О.І. Єременко, Д.Г. Кофто / Механізація та електрифікація с.-г. Вип. 97. Т.2. – Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2013. – С. 51-58.

45. Справочник экономиста-аграрника / Под ред. Н.П. Колоненко. – К.: Урожай, 1991. – 580 с.

НУБіП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП ^{ДОДАТКИ} України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А– Характеристики брикетів з різних видів біомаси

Матеріал брикету	Зольність, %	Вологість, %	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Щільність, т/м ³
Солома	7,30	7,80	15,73	1,08
	4,86	9,30	15,68	н.д.
	5,5 ²³	6-10 ²⁵	15,4-21,0 ^{25*}	0,7-0,9 ¹⁷
	8,0 ²⁴	8-10 ²⁶	17,18 ^{24*} (пшенична)	
	6,1-8,4 ¹⁷ 4,0 ²⁶		17,60 ^{24*} (житня) 17,2-17,6 ^{17*}	
Качани, стебла кукурудзи ^{24*}	3,0	7,52 ²⁷	15,92 14,13-14,46 ²⁷	0,75-0,92 ²⁸
Стебла соняшника ^{24*}	4,3	6-12 ²⁰	18,01	0,85-0,89 ²⁰
Лушпиння соняшника	3,60	2,70	18,77	1,15
	2,92	8,51 6-8 ²⁵	н.д. 21,0-21,8 ^{25*} ; 18,85 ^{24*}	н.д. 1,09-1,15 ¹⁵
Лушпайка рису	20,2	7,1	13,24	1,16
	12,0 ²⁴	5-12 ¹⁵	13,83 ^{24*}	1,01 ¹⁵
Деревна тирса	0,80	4,0	н.д.	н.д.
	1,10	10,3	17,00	н.д.
	1,16	4,1	18,86	0,79
	0,5-1,00 ²⁴ 1,0 ²⁶	7-8 ^{25 26}	16,8-21,0 ^{25*} 18,85 ^{24*} (м'які породи) 20,53 ^{24*} (тверді породи)	1,15 ¹⁵ (сосна) 1,25 ¹⁵ (дуб)
Виноградна лоза ^{24*}	1,5%	н.д.	14,04	н.д.
Очерет ^{24*}	4,0%	н.д.	16,76	1,12 ²⁹
Міскантус ^{24*}	4,5%; 3,1 ³⁰	7,5 ³⁰ ; 3,92 ^{31**}	17,5 ^{31**} ; 17,6; 17,7 ³⁰	
	3,2 ³²	8 ³²	16-18 ^{32*}	0,85 ³²
Багаторічна рослина ювила (або тирса) ³³	0,7	7,5	18,00	1,37

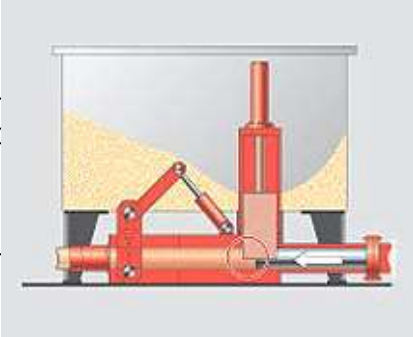
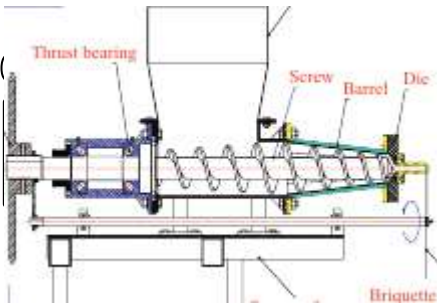
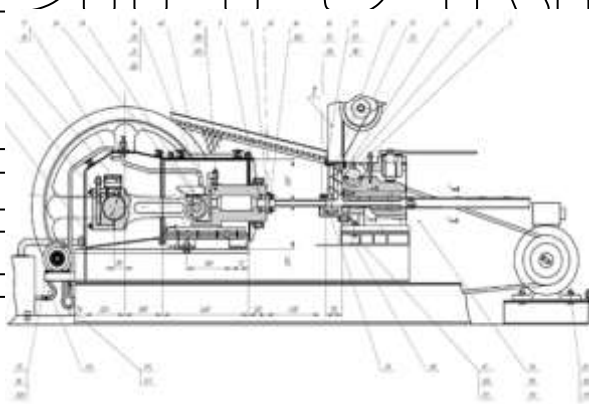
* У джерелі даних не уточнено нижча чи вища теплота згорання наведена; н.д. – немає даних.

** Склад брикету: міскантус – 70%, деревина – 30%.

Н

НУБІП України

Додаток Б – Основні типи брикетних пресів біомаси

Типи машин	Схема, принцип	Короткий опис
Гідравлічні поршневі		<p>Принцип роботи полягає в подачі вертикальним штовхачем біосировини у середню камеру з попереднім пресуванням. Далі горизонтальними поршнями матеріал пресується у відповідному каналі</p>
Шнекові з нагрівальним пристроєм		<p>Біомаса подається в приймальний бункер і активатором направляється в зону шнекового попереднього ущільнення. Далі протікає процес подальшого пресування в камері конусного шнека. Брикет формується з одночасним нагріванням в технологічному каналі матриці</p>
Ударно-механічної дії (штемпельні)		<p>Завантаження камери пресування з попереднім ущільненням матеріалу виконується живильником дозатором. Штемпельний робочий орган ударною дією пресує і проштовхує брикет у формувальному каналі</p>

Додаток В – Характеристика пресів для отримання біопаливних брикетів

Марка, модель, країна	Продук- тивність, кг/год	Встанов- лена потужність , кВт	Маса, кг	Показники		Тип пресувального органу	Питомі енерго витрати, кДж/кг
				Найбільша вологість сировини, %	Найменша		
RUF RB110	110	8	1900	15	10	Штемпельний	262
BEB-800 (Україна)	800	47,6	4520	14	10	Штемпельний	304
BRIO 155	60	5,5	660	20	10	Поршневий	330
BP500 (Global/Edge)	80	5,5	710	20	10	Поршневий	248
OSCAR (Італія)	150	9,2	1250	20	10	Поршневий	221
TH300 (WEIMA)	80	8	870	18	10	Поршневий	360
GP 350 (Gross)	350	22	2000	18	10	Поршневий	315
B-80 (Пресмаш)	900	37	4530	17	10	Поршневий	287
MODEL 110	110	5,5	1900	15	10	Штемпельний	180
УБО 2 (Росія)	750	53,2	1150	12	10	Шнековий	255
BIOMASSER (Поль)	50	4,2	240	30	10	Шнековий	178
МБ-01 (Україна)	480	39,2	980	12	10	Шнековий	294
EB 350 (Україна)	350	38	1100	13	10	Шнековий	248
ПТБ-1 (Росія)	400	48,7	2500	12	10	Шнековий	438
НОТРЕСС (Укр.)	160	13,2	500	20	10	Шнековий	191
УБТ-300 (Україна)	400	46	2200	10	10	Шнековий	306

Додаток Г.1. Операційна карта брикетування половини чи соломи на стаціонарному пункті. Дослідний прес

№№ п/п	Операції	Агрегати склад	к- ть	Обслуго- вувачий персонал		Проду- ктив- ність за год змінно- го часу	Трива- лість зміни, год	Кількість змін	Добова продукти- вність	Об'єм роботи на рік, тис. т	Затрати праці люд., л/т	Експлу- атаційні затрати, грн/т	Приве- дені затрати, грн/т
				к - ть	роз- ряд								
1.	Завантаження сировини пневмотранспортером	МТЗ-80 ПФ-0,5	1	1	IV	3,0	7	2	42	12,6	0,33	0,77	0,96
2.	Подача сировини в накопичувач	ПТ-6	1			3,0	7	2	42	12,6		0,17	0,13
3.	Накопичення сировини і подача в прес	С-12 ТС-40	2			3,0	7	2	42	12,6		0,21	0,23
4.	Брикетування	дослідний	1			3,0	7	2	42	12,6		1,90	3,30

ВСЬОГО:

0,33

3,05

4,62

Додаток Г.2 - Операційна карта брикетування половини чи соломи на стаціонарному пункті.

№№ п/п	Операції	Агрегати		Обслуговуючий персонал	Продуктивність за год	Тривалість зміни, год	Кількість змін	Добова продуктивність	Об'єм роботи на рік, тис. т	Затрати праці люд., л/т	Експлуатаційні затрати, грн/т	Приведені затрати, грн/т
		склад	к-ть									
1.	Завантаження сировини пневмотранспортером	МТЗ-82.1	1	IV	3,0	7	2	42	12,6	0,33	0,77	0,96
2.	Подача сировини в накопичувач	ПФ-0,5	1		3,0	7	2	42	12,6		0,17	0,13
3.	Накопичення сировини і подача в прес	СМ2	2		3,0	7	2	42	12,6		0,21	0,23
4.	Брикетування	ТС-40										
		Б-8232	1		3,0	7	2	42	12,6		2,91	4,36

ВСЬОГО:

0,33

4,06

5,68

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України