

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

УДК 631.354.4:662.81

НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві
(назва кафедри)

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ПІБ)

НУБІП України

“ _____ ” 2023 р.
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **Обґрунтування типорозміру і параметрів преса для
брикетування соломистих матеріалів та розроблення заходів
виробничої санітарії**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
Освітня програма – Агроінженерія
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. _____
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко В.В.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Єременко О.І.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Засць С.О.
(ПІБ студента)

НУБІП України

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві

Д.Т.Н., проф.

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис)

Хмельовський В.С.

(ПІБ)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Зайцю Євгенію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема магістерської роботи Обґрунтування типорозміру і параметрів преса для брикетування соломистих матеріалів та розроблення заходів виробничої санітарії

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ 30 ” грудня 2022 р. № 1943 С

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру

20 жовтня 2023 р.

(рр, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: Науково-технічна документація та інформаційні джерела техніко-технологічних основ брикетування біомаси у тверде паливо

Перелік питань, які потрібно розробити.

1. Огляд технологій виробництва твердого біопалива та постановка завдань роботи.
2. Аналіз технічних засобів для брикетування вторинної біомаси та вибір перспективного типу.
3. Визначення техніко-технологічних параметрів преса для брикетування соломистої маси.
4. Техніко-економічне обґрунтування розробки.
5. Розроблення заходів виробничої санітарії для лінії брикетування.

Перелік графічних матеріалів у слайдах презентації.

1. Схема технологічної лінії брикетування соломи в умовах господарства.
2. Класифікації засобів для брикетування біомаси на енергетичні цілі.
3. Конструктивно-функціональна схема перспективного брикетного преса.
4. Графічні залежності результатів досліджень процесу брикетування.
5. Таблиця техніко-економічних показників розробки.

Дата видані завдання

“30” грудня 2022 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Бременко О.І.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Заєць Є.О.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ	
Завдання до виконання магістерської роботи	2
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1. РОЗВИТОК ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ	8
1.1. Передумови впровадження виробництв біопаливних брикетів	8
1.2. Переваги біопаливних брикетів як перспективного виду теплопостачання ...	11
1.3. Механіко-технологічні характеристики паливних брикетів з біомаси	13
1.4. Мета і завдання магістерської роботи	16
2. ВИБІР ТИПОРозміру ПРЕСА ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ СОЛОМИСТИХ МАТЕРІАЛІВ	17
2.1. Огляд технологій виробництва брикетів з біомаси	17
2.2. Аналіз типорозмірів брикетних пресів та вибір перспективної моделі	21
2.3. Вибір схеми перспективної лінії виробництва брикетів з біомаси	29
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ УДАРНІМ СПОСОБОМ	31
3.1. Визначення закономірностей пресування біомаси в брикети	31
3.2. Дослідження процесу формування брикетів з біомаси	36
3.3. Вплив основних факторів процесу на щільність брикетів	40
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ	42
4.1. Визначення основних економічних показників виробництва брикетів з біомаси	42
5. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ВИРОБНИЧОЇ САНИТАРІЇ	46
5.1. Аналіз небезпечних чинників на виробництві брикетів	46
5.2. Визначення шкідливих факторів брикетного виробництва	50
5.3. Розроблення заходів зменшення небезпеки виробничого пилу	53
5.4. Розроблення заходів зменшення виробничого шуму і вібрації	62

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

НУБІТ ПІДНІМАЄТЬСЯ УКРАЇНА

ВІСНОВКИ
СНІСОК ВІКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ
ДОДАТКИ
76
70
68

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: **Обґрунтування типорозміру і параметрів преса для брикетування соломистих матеріалів та розроблення заходів виробничої санітарії** складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 81 сторінка машинописного тексту, що включає 11 формул, 24 рисунків, 8 таблиць, 51 використане джерело, 4 додатки, та з ілюстративного матеріалу (презентації) на 14 слайдах.

БРИКЕТУВАННЯ, СОЛОМИСТИЙ МАТЕРІАЛ, БРИКЕТИ, ТИПОРОЗМІРИ, БРИКЕТНИЙ ПРЕС, ДОСЛІДЖЕННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ, ПАРАМЕТРИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності виробництва паливних брикетів з соломистих матеріалів шляхом обґрунтування типорозміру і параметрів брикетного преса та розроблення заходів виробничої санітарії.

У вступі надані відомості про сучасний стан у твердопаливній галузі, визначена роль процесу брикетування біомаси, доведена актуальність теми.

У першому розділі проведено аналіз стану виробництв біопаливних брикетів, поставлено мету і завдання досліджень.

У другому розділі проаналізовано процеси і засоби для брикетування біомаси, обґрунтовано типорозмір і модель брикетного преса, прийнято схему виробництва.

У третьому розділі проведено дослідження процесу брикетування соломистих матеріалів, обґрунтовано основні параметри брикетного преса ударно-механічної дії.

У четвертому розділі обґрунтовано техніко-економічна ефективність проекту.

У п'ятому розділі розроблено заходи виробничої санітарії на брикетному виробництві.

У висновках наведені основні результати магістерської роботи, сформовані пропозиції впровадження лінії з перспективним брикетним пресом.

ВСТУП

Біомаса є перспективним джерелом відновлюваної енергії як у світі, так і в Україні. Сталий розвиток біоенергетики дає можливість зменшити залежність країни від імпортованих енергоносіїв, забезпечити ефективне використання місцевих ресурсів, розвивати місцеву економіку за рахунок надходження податків та зборів, покращити торговельно-платіжний баланс країни через зменшення обсягів імпорту енергоносіїв. Соціальний вплив очікується завдяки створенню робочих місць та зниженню тарифів на теплову енергію. Позитивний екологічний вплив обумовлений як деяким зменшенням шкідливих викидів при спалюванні біопалив в порівнянні зі спалюванням традиційних палив, а також тим, що біомаса є CO₂-нейтральним паливом, оскільки в процесі росту рослини поглинають такий самий обсяг вуглекислого газу CO₂, який потім виділяється при спалюванні цієї біомаси.

Потребують розроблення наукові засади виробництва енергії з біологічних видів палива. Зокрема, аналіз для умов України можливостей збирання і енергетичного використання поживних решток кукурудзи, виконання аналізу енергетичної ефективності та скорочення викидів парникових газів при використанні побічної продукції у вигляді тюків, гранул та брикетів для виробництва теплової енергії; аналіз можливостей застосування електрогенеруючих потужностей на біомасі, біогазі для балансування енергетичної системи України; аналіз можливостей виробництва і широкого використання біомаси в Україні.

Потребують подальшого розвитку технології і обладнання для виробництва енергії з біологічних видів палива. Зокрема, технологія спалювання відходів деревини в котлах з тонковим пристроєм ретортного типу; технологія спалювання соломи в водогрійних котлах періодичної дії; технологія спалювання малих тюків соломи в водогрійних котлах ретортного типу; технологія анаеробного зброджування побічної продукції АПК.

НУБІП України

Для практичного впровадження технологій виробництва енергії з біологічних видів палива передумовою є виконання техніко-економічних обґрунтувань цих технологій виробництва гранул і брикетів з побічної продукції.

Актуальність теми. В Україні одним із найбільших джерел забруднення атмосферного повітря є енергетика, яка також являється головним споживачем імпортованих енергетичних ресурсів, що призводить до загрози національній безпеці країни. Це стосується як власне енергетики, так і підприємств малої енергетики, тому надзвичайно важливою є інтеграція енергетики й екології.

Одним із вагомих джерел відновлювальних ресурсів є біомаса агропромислового комплексу, зокрема солома, надлишки якої спалюються прямо на полях. Упровадження технологій переробки соломи з енергетичною метою дає змогу в багатьох випадках зменшити витрати на утилізацію відходів та одержати додатковий економічний та екологічний ефекти.

Рациональне використання соломи в якості палива потребує удосконалення наявних, створення нових, екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують рациональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля.

Незважаючи на накопичені наукові здобутки та практичний досвід у сфері використання й утилізації біомаси, подальшої активізації потребують дослідження по вирішенню актуального завдання – забезпечення теплопостачання з місцевих паливних ресурсів та зниження техногенного навантаження довкілля за рахунок удосконалення технології застосування й утилізації невикористаної в сільськогосподарському виробництві рослинної біомаси, зокрема соломи, з отриманням брикетів із певними фізико-механічними властивостями. Актуальність, теоретична і практична значимість цих питань зумовили вибір теми, мети та завдань магістерської роботи.

Мета магістерської роботи - підвищення ефективності виробництва паливних брикетів з соломистих матеріалів шляхом обґрунтування типорозміру і параметрів брикетного преса та розроблення заходів виробничої санітарії.

Розділ 1.

РОЗВИТОК ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ

1.1. Передумови впровадження виробництва біопаливних брикетів

Традиційною сировиною для отримання паливних брикетів є відходи лісової заготівлі й деревної обробки, побічна продукція аграрного виробництва, зокрема солома (незернова частина врожаю зернових та подібних культур), відходи зерноочищення і переробки, круп'яних та олійних підприємств тощо, торф, швидко ростучі енергетичні насадження та ін. [1-7]. Агропромислова біомаса – це сировина, що швидко відновляється на відміну від родовищ викопних вуглеводнів (вугілля, нафта, газ). Для вирощування сільськогосподарської продукції потрібен один рік [9].

На аграрних та переробних підприємствах утворюються великі об'єми побічної продукції і відходів, які забруднюють довкілля, займають певні площі тощо. Санітарно-екологічні вимоги включають суворі норми, строки, інші обмеження на утримання відходів, а утилізація на звалищах потребує значних фінансових витрат [3, 6]. Таким чином, вирішення зазначеної проблеми утилізації вторинної біомаси має виконуватись на промисловому технологічному рівні.

Паливні вироби (брикети, пелети, тріска) з біомаси відносять до традиційних енергетичних ресурсів. Вони мають досить значну теплотворність до 19 МДж/кг та передбачають покращення екологічного стану навколишнього середовища, тому що при згоранні створюється значно менші показники шкідливих речовин, залишається порівняно незначна маса золи та ін. [1, 7, 9]. На теперішній час поширення застосування біопалива, як теплового і енергетичного ресурсу, обумовлено в Україні та країнах світу проблемами покращення екології, у т.ч. охорони довкілля, зменшення проявів парникового ефекту. Крім того, закінчуються родовища запасів нафти, метану та ін., дорожчають на зовнішніх і внутрішніх ринках надрові енергоносії [10].

За ствердженнями спеціалістів у світі за рік навколишнє середовище масштабне забруднюється окислами вуглецю (CO_2 , CO) від спалювання мінеральних видів палива в кількості 25,5 млрд. т [4]. Згідно з програмою сучасного розвитку джерел енергії, що відновлюються, частка палива з біомаси в країнах Євросоюзу має бути 182 млн. т нафтового еквіваленту, що дорівнює 74 % загального вмісту відновлюваних енергетичних джерелу 2010 р. [3, 4]. Отже, біопаливо стає найбільш значною частиною альтернативних джерел енергії в Євросоюзі. Розвинуті країни світу не скорочують, а більш впроваджують виробництво і споживання енергії з біомаси. Національні енергетичні плани і програми країн Євросоюзу, США, Канади, Китаю, Індії, включають безсумнівний розвиток в майбутньому виробництва відновлюваних джерел енергії. У перспективі до 2025 р. передбачається замінити як мінімум 25 % палива для теплопостачання місцевими видами біологічних ресурсів [3].

Вітчизняний агропромисловий комплекс має суттєвий потенціал вторинної біомаси, доступної для отримання теплової енергії (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Зріст виробництва біопалива в Україні за останні роки

Відповідно до експертних звітів теоретичний потенціал вторинної біомаси становить щороку приблизно 45 млн. т умовного палива (у.п.), технічний потенціал - 32 млн. т у.п., економічно доцільний потенціал - 24 млн. т у.п. [5]. За теплотворною здатністю це еквівалентно 10-12 млрд. м³ природного газу.

1.1.1. Техніко-економічні передумови розробки і впровадження ліній брикетування вторинної біомаси у паливо:

- подорожчання на 35-50 % надрових паливно-енергетичних ресурсів (природний газ, нафта, вугілля) зі збереженням тенденції цього процесу;

- поступовий перехід опалювальних систем на використання місцевих паливних ресурсів, зокрема загальний баланс енергетичної деревини Держлісгоспу України складає близько 6 млн м куб., у т.ч. 44% - дрова, 27% - відходи деревообробки, 12% - неликвідна деревина;

- аграрна побічна продукція у вигляді НЧУ зернових культур, рослинних решток переробки олійних та круп'яних культур складає 25-27 млн т без потреб тваринництва та ін. галузей, що є паливним потенціалом;

- насиченість внутрішнього ринку твердопаливними котлами, що випускаються понад 20 машинобудівними компаніями, свідчить про значне оснащення споживачів тепла цією опалювальною технікою в загальній кількості понад 800 тис. одиниць;

- прогнозоване подорожчання постачання дров вказує на необхідність їх заміщення на паливні брикети з вторинної аграрної біомаси для використання в опалювальних установках і котельнях потужністю від 10 кВт до 20 МВт.

Таким чином, існують основні передумови залучення вторинної біомаси до енергетичного балансу України, що є важливим завданням теплової енергетики на перспективу найближчих 10-15 років.

НУБІП України

1.2. Переваги біопаливних брикетів як перспективного виду теплопостачання

Біопаливні брикети є реальною альтернативою кам'яному вугіллю і нафті. Оскільки, вони екологічні та за своїми теплотворними характеристиками не поступаються вугіллю (табл. 1.1), а за екологічними показниками - перевищують.

Таблиця 1.1. Порівняння техніко-економічних показників палив надрових та з 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/брикети з деревини	2900**	17,0	171
Пелети з лушпиння	1700**	17,5	97
Пелети з соломи	1800**	16,0	112
Брикети з лушпиння	1600**	17,5	91
Брикети 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 оптова ціна. ** Орієнтовна ринкова ціна. Реальна ціна залежить від показників якості гранул/брикетів та від регіону виробництва.

Паливні брикети з біомаси не включають ніяких шкідливих хімічних речовин.

Спеціально пресовані під великим тиском і за високої температури, брикети Pini-kaу мають форму циліндра. Паливні брикети мають широке застосування і можуть

використовуватися для всіх видів топок, котлів центрального опалення, котлів на агро біомасі, деревині тощо, чудово горять у камінах, трубах, грилях та ін. Позитивним аспектом при використанні деревних брикетів у вигляді палива є їх мінімальний вплив на навколишнє середовище при згорянні порівняно з класичним твердим паливом при однаковій теплотворній здатності, як, наприклад, вугілля, але в 15 разів меншим вмістом попелу (максимум 1.0%).

Висока тривалість горіння. Це означає, що порівняно із звичайними дровами, закладку в піч можна робити рідше втричі. Брикети горять із мінімальною кількістю диму, не стріляють, не іскрять. При цьому забезпечують постійну температуру протягом горіння. Після згорання брикети перетворюються на вугілля, як звичайні дрова і надалі на них можливе приготування шашликів або гриля.

Теплотворність. Теплотворність паливних брикетів більша ніж у звичайних дров і практично дорівнює теплотворності бурого вугілля (табл. 1.1). Під час приготування шашликів або грилю при попаданні жиру на вугілля брикетів вони не спалахують, а продовжують тліти або горіти рівним низьким полум'ям.

Великою вигодою брикетів є **сталість температури** при згорянні протягом 4 годин. Тепловіддача брикетів: брикети з тирси 4400 ккал або 18 MJ/кг.

Екологічність. Паливні брикети - екологічно чистий продукт, тому що при їх виробництві не використовуються жодні добавки. Позитивним аспектом при використанні брикетів з біомаси у вигляді палива є їх мінімальний вплив на навколишнє середовище при згорянні, порівняно з класичним твердим паливом при однаковій теплотворній здатності, як, наприклад, вугілля, але в 15 разів меншим вмістом попелу (макс 1.0%), який можна використовувати у вигляді мінерального добрива.

Порівняльні технічні характеристики:

За вмістом золи:

- чорне вугілля 20% попелу

- буре вугілля 40% попелу

- брикети з агробіомаси та деревних відходів від 0,12% до 1% попелу.

Виділення CO₂ у повітряний простір при згорянні порівняно з біопаливними брикетами:

- рослинна олія в 20 разів вища
- вугілля-антрацит у 50 разів вищий
- кокс у 30 разів вищий
- природний газ у 15 разів вищий.

Брикети для опалення зручні в зберіганні і не схильні до гниття. Термін придатності не обмежений при захищеності від вологи. Паливні брикети популярні у країнах Європи понад 30 років, виготовляються на європейському устаткуванні та відповідають європейським стандартам якості, за що отримали назву "євродрова".

1.3. Механіко-технологічні характеристики паливних брикетів з біомаси

1.3.1. Брикети за формою та технологією виробництва. Існує кілька видів паливних брикетів. Брикети поділяють на три основні види за формою та технологією виробництва:

1. Прямокутні гідравлічні брикети у формі «цеглинки», що отримали «в народі» назву RUF (рис.1.2,б), завдяки найвідомішому виробнику цих пресів з Німеччини (засновник фірми – Hans Ruf).

Характеристика брикетів: брикети прямокутної форми, що виготовляються на гідравлічному пресі при тиску 300-400 бар з опорою на нерухому плиті.

Розмір брикетів – 150x90x60 мм. Пакують у поліетиленові мішки по 12 шт. загальною вагою 10 кг.

Брикетні преси цього типу випускають фірми в Литві, Польщі, Німеччині. У Німеччині виробляють фірми RUF та WEIMA, у Польщі – WROPOL, у Литві – UMP. Також брикети такого формату можуть виробляти преси цангового типу (як круглі гідравлічні брикети), але вони мають низькі характеристики міцності.



Рис. 1.2. Види біопаливних брикетів за формою і технологією

2. Брикетів у формі восьмигранника з отвором у середині, що отримали назву Pini-kay (Піні-кей), завдяки австрійській фірмі – виробнику такого обладнання (рис.1.2,в). Зараз ця фірма вже не виробляє обладнання для брикету.

Характеристика брикетів: пресування проводиться екструдерним способом шнеком за одночасного нагрівання поверхні ТЕНами. Тобто пресуються механічними (шнековими) пресами за допомогою поєднання дуже високого тиску – 1000-1400 бар – термічної обробки.

Мають форму чотирьох- шести- восьмикутників з отвором посередині, зовні покриті темною кіркою із-за випалу поверхні. Брикетів, євродрова Pini-kay або нарізають пилюкою торцювальною на відрізки певного розміру, найчастіше 25-30 см або спеціальним пристроєм (колесо-ламач або пневматичний відсікач) ламають на відрізки такої ж довжини.

3. Циліндричні брикетів, що виробляються на гідравлічних та ударно-механічних пресах при тиску 400-600 бар. Найчастіше виготовляються на ударно-механічних пресах, тому називаються або Nestro або Nielsen – за назвами фірм – виробників обладнання (рис.1.2,а).

НУБІП України

Характеристики цих брикетів такі: брикети, одержувані на ударно-механічних (кривошипно-шатунних) пресах, мають форму циліндра діаметром 40-110 мм частіше без отвору. Іноді бувають квадратні форми. Виходять із преса нескінченним циліндром/паралелепіпедом, потім або нарізаються спеціальною пилкою на мірні відрізки або ламаються на відрізки певної довжини, можуть бути у вигляді шайб довжиною 5-20 мм. Найбільш відомі європейські виробники пресів: C.F. Nielsen (Данія), Bogta (Швеція), Pawert-SPM AG (Швейцарія), DI-PIU (Італія). Також кілька виробників пресів є в Індії, Бразилії, Україні, США.

Циліндричні або круглі гідравлічні брикети. Виробляють на гідравлічних пресах із створенням протитиску цангою. Ці брикети бувають діаметром 50-90 мм, завдовжки 50-100 мм. Упаковуються зазвичай у мішки. Преса для такого типу брикетів – найпоширеніша, їх роблять кілька десятків заводів у Європі, у т.ч. кілька українських виробників. Іноді ці брикети називають Nestro від назви однойменної німецької фірми.

Також існують брикетні **валкові преса і кривошипні преси періодичної дії**, на них можливе виготовлення брикетів з сполучними навіть з біомаси і тирси природної вологості з подальшим просушуванням, але поширення для брикетування біомаси вони не отримали. Здебільшого ними роблять **вугільні брикети**, зокрема, із деревного вугілля.

Поділ за формою брикету умовний. **На гідравлічних пресах** можна виробляти як **циліндричні брикети з отвором і без нього**, так і цеглинки. Так і **на ударно-механічних пресах** можливі варіації за формою. **Шнековий спосіб** виробництва Pini-kaу робить тільки ці брикети унікальними за формою та щільністю. Проте виробництво на шнекових пресах потребує постійної заміни частин преса і може дозволити забезпечити режим безперервної роботи устаткування. У Європі цю технологію застосовують дуже рідко.

1.3.2. Види брикетів за призначенням. За цільовим призначенням паливні брикети поділяють також на два основні види:

- індустриальні (промислові) брикети;

- споживчі (побутові) брикети.

НУБІП України

1.4. Мета і завдання магістерської роботи

Мета магістерської роботи полягає у підвищенні ефективності виробництва паливних брикетів з соломистих матеріалів шляхом обґрунтування типорозміру і параметрів брикетного преса та розроблення заходів виробничої санітарії

Об'єкти досліджень – процеси і обладнання з елементами удосконалення для брикетування вторинної біомаси у паливо.

Предмети досліджень – конструктивно-технологічні параметри і режими роботи обраного брикетного преса.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан та перспективи брикетних виробництв;
- з'ясувати фізичну сутність процесу брикетування та визначити переваги паливних брикетів з соломистих матеріалів;
- обґрунтувати технологічні процеси та комплекси машин, прийнявши за основу схему типової технології брикетування біомаси;
- провести порівняльний аналіз робочих процесів і конструкцій обладнання для виробництва брикетів, обґрунтувати типи машин для прийнятої технологічної лінії;
- дослідити процес брикетування біомаси ударно-механічними робочими органами, розробити математичні моделі та визначити закономірності процесу;
- провести техніко-економічне обґрунтування проекту брикетного виробництва;
- розробити заходи виробничої санітарії для лінії брикетування.

НУБІП України

НУБІП України

ВИБІР ТИПУ РОЗМІРУ ПРЕСА ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ СОЛОМИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Розділ 2.

2.1. Огляд технологій виробництва брикетів з біомаси

Узагальнена схема технологічних процесів отримання біопаливних брикетів передбачає такі етапи виробництва (рис. 2.1).

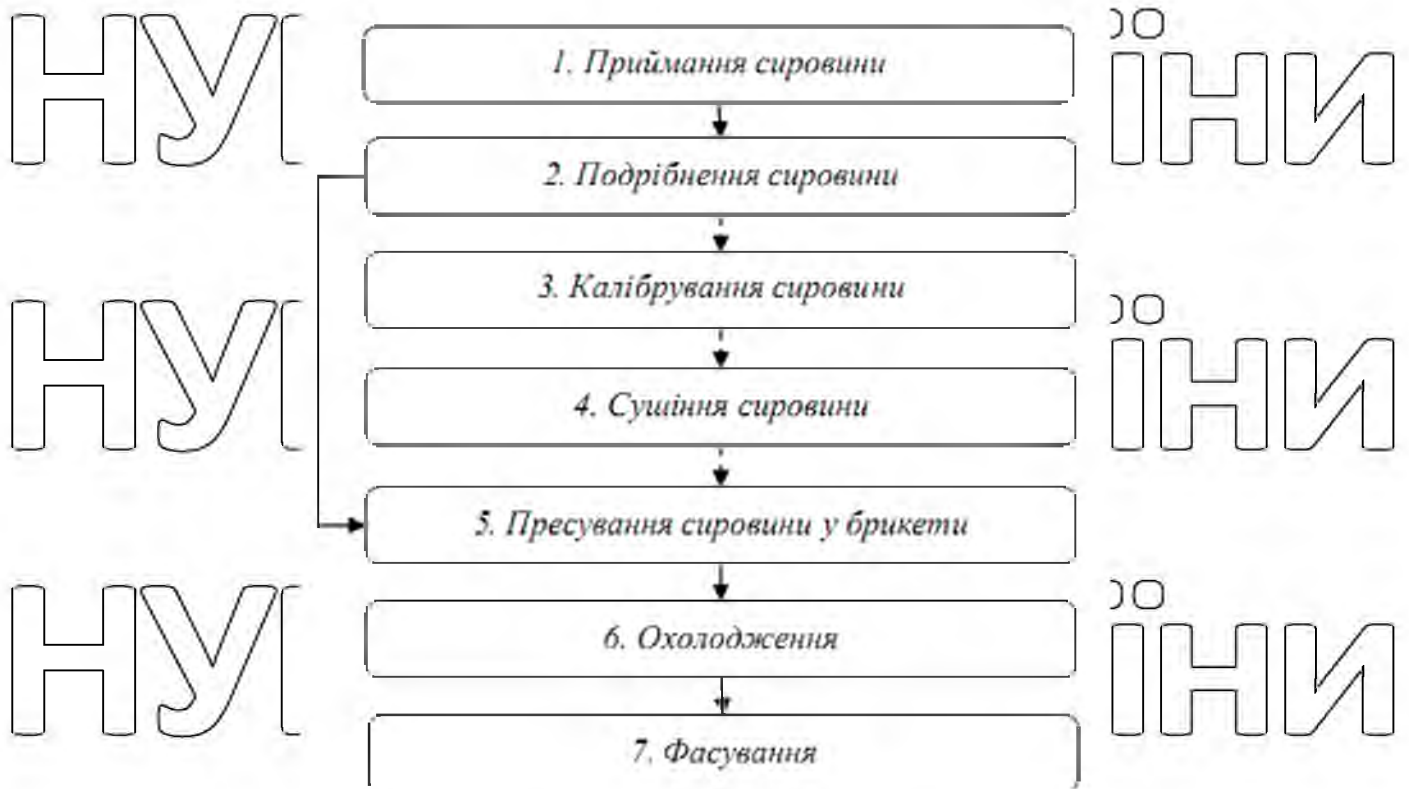


Рис. 2.1. Технологічні етапи отримання біопаливних брикетів

2.1.1. Приймання біомаси на брикетування здійснюється на відведеній технологічній ділянці з розмірами для логістики та накопичування проміжної кількості сировини для безперешкодної своєчасної подачі на наступні технологічні процеси. Необхідно прийняти до уваги вид сировинної біомаси: соломисті матеріали різних

культур, залишки переробки, деревні відходи тощо. Солома може бути у вигляді рулонних чи прямокутних тюків, крім того великої маси, що потрібно механізувати розвантажувально-завантажувальні процеси. Для цього доцільно використовувати візки вантажні.

Таким чином, до комплекту машин приймальної ділянки включене додаткове обладнання для переміщення сировинної біомаси. У разі малої потужності брикетного виробництва і розташування поруч з місцезнаходженням сировини (зернотік), то доцільно подавати вторинну біомасу на лінію у вигляді солом'яної січки чи здрібнених кукурудзяних і соняшникових стебел, качанів, листя і таке інше. Тобто доцільно виключити операції тюкування вторинної біомаси мати економічний ефект на цих процесах виробництва біопаливних брикетів.

2.1.2. Подрібнення вторинної біомаси. На цьому етапі виробництва виконується важливий за точністю процес здрібнення сировинної біомаси до технологічної фракції, що обов'язково має відповідати вимогам прийнятої певного типу брикетної машини. Можливо здійснювати процес подрібнення біомаси у два заходи (етапи). Знадто важливо і необхідно забезпечити очищення і контроль відсутності недопустимих сторонніх включень у сировинній біомасі (каміння, ґрунт, металеві і деревні домішки тощо).

2.1.3. Сортування за фракційним складом (калібрування) сировини необхідне для забезпечення рівномірного розміру частинок сировинної біомаси з певним вказаним за вимогами технології брикетування. Для виконання такого етапу брикетної технології переважно застосовують сортувачі-калібратори барабанного типу з ситами різних отворів, наприклад: 1; 3; 5; 6 мм. В деяких технологічних лініях використовують універсальні молоткові дробарки з ситами, які забезпечують функцію калібрування сировини.

2.1.4. Видалення вологи з подрібненої біомаси (сушіння). Подрібнена сировинна біомаса конвеєрами різних типів подається у сушильну камеру агрегату. Відбирання недопустимої вологи виконується гарячим повітрям, димом та іншим реагентом,

виробленим теплогенератором. Останній, як правило, працює на самій сировинній біомасі. Зазвичай вторинну біомасу потрібно сушити до вологості 8-14%. Також є брикетні преси, що можуть брикетувати біомасу, що має високу вологість понад 20 до 30 %. Таким чином, не потрібно сушити сировину в напруженому режимі, а також вимоги зберігання вторинної біомаси мають певні послаблення.

В подальшому підготовлений сировинний матеріал висушений і подрібнений подається секції циклонів, в яких протікають процеси очищення, а також поділення сировинної біомаси з теплоносієм. Відповідно відокремлений теплоносій видаляється в атмосферу або застосовується для місцевих технологічних потреб. Сировинний матеріал після сушіння прямує у приймальний бункер брикетного преса.

2.1.5. Брикетування: брикетування сировини у виробі Зі здрібненої рослиної сипкої маси формують брикети встановленої міцності з врахуванням як фізико-технологічних показників сировинної біомаси, так і параметрами виконання власно процесу отримання брикетів. Крім всього мають місце та їх необхідно дотримувати технологічні вимоги якості до брикетів, які необхідно виконати. По-перше, забезпечувати щільність брикетів $800-1300 \text{ кг/м}^3$, має зберігати стійку вологість, геометричні параметри, зокрема діаметр, довжина, а також правильність форми.

2.1.6. Зменшення температури (охолодження). Під час утворення брикетів сировинна біомаса нагрівається від тертя, напруги від тиску, нагрівальних пристроїв до температури $60-90^\circ\text{C}$. Чим більші зусилля брикетування, тим вища температура виробів та покращена якість. Зменшення температури до 40°C потрібне для завершального зміцнення і твердіння готових брикетних виробів. Показники якості створюють умови певного збереження та перевезення продукції. В більшості конструкційних схем брикетних пресів власно брикети після проходження з формують частиною матриці переміщується по подовжній напрямній, що сприяє ефективному охолодженню готових виробів.

2.1.7. Фасування й упакування необхідне для завершення технології брикетування з переходом у процеси збереження, транспортування, реалізації

вироблених паливних брикетів. Також товарний вигляд брикетної продукції є частиною маркетингу, тобто є невід'ємною частиною технології брикетування. Отже, на етапі завершальному, зокрема фасування брикетів для збереження і реалізації застосовують полімерну тару (мішки або поліетиленові пакети) та розміщують на піддони.

Таким чином, в технологічних лініях брикетування вторинної біомаси мають місце на існування зазначені сім технологічних процесів (рис. 2.2).

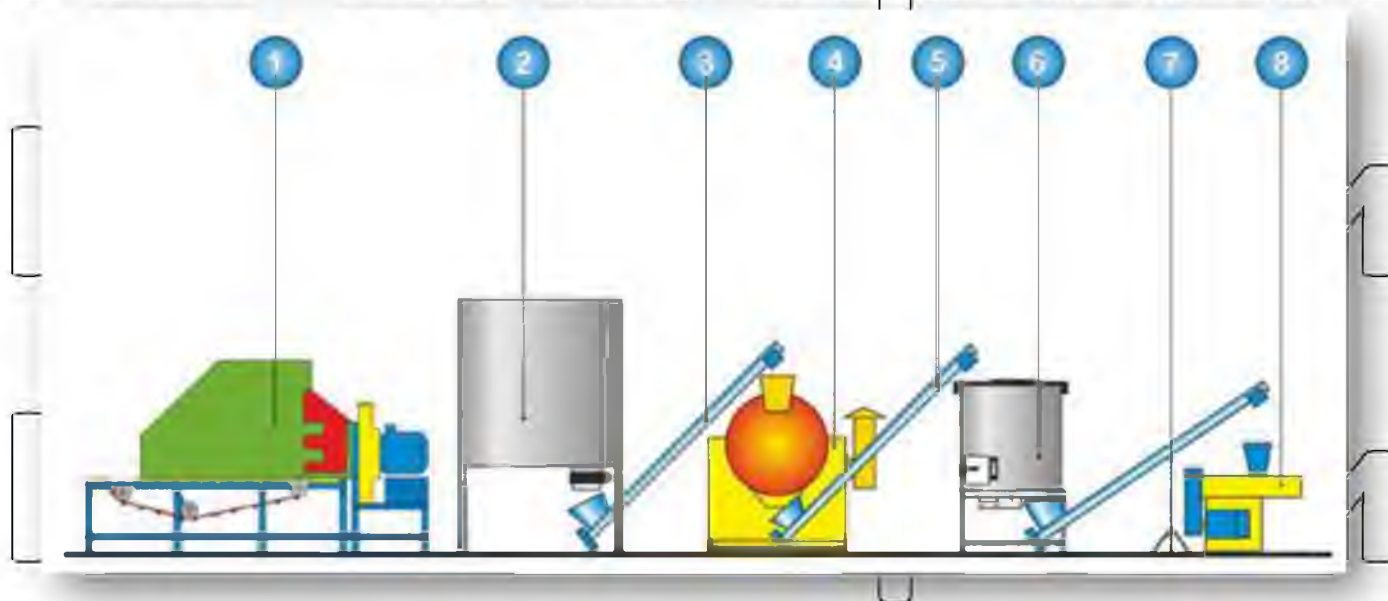


Рис. 2.2. Технологічна схема лінії брикетування ЛБС-1 соломистих матеріалів:
1 - горизонтальний здрібнювач соломи; 2 - бункер накопичувальний; 3, 5 - транспортери шнекові; 4 - барабанного типу сушарка; 6 - бункер проміжний; 7 - живильник з частотним регулятором; 8 - брикетний прес

За окремими технологіями виробничі лінії брикетування не передбачають первинного здрібнення соломистих матеріалів до фракційних параметрів зменш 1 см. Тому що брикетні преси у таких лініях здатні брикетувати соломисту масу з довжиною дискретного матеріалу 1-5 см.

Звісно, що основним процесом у технології виробництва біопаливних брикетів є

брикетування. Цей процес як і сушіння біомаси є занадто енергоємним і визначальним, нежієне протікання процесу брикетування остаточної властивості готової паливної продукції. Для брикетування соломистої маси застосовують, в основному, преси брикетні двох типів: з **поршнеvim і шнековим робочим органом**.

Переваги усіх типів поршневих пресів (гідравлічних, ударно-механічних): виконавчий орган пресувальний забезпечує функціональний довгий ресурс, знос незначний, не потребує проведення додаткових технічних обслуговувань та ремонтів.

Недоліки: висока матеріаломісткість, періодичність робочого процесу, значні габарити.

Переваги пресів шнекового типу: не висока матеріаломісткість, безперервний потоковий процес, порівняно невелика конструкторська маса машини, простота технічного обслуговування, незначна шумність, порівняно з поршневими пресами є можливість отримання брикетів більшої щільності.

Недоліки: технологічний прогрів перед запуском, швидке зношення шнеку.

В умовах аграрних господарств виробництво брикетів паливних із соломистих матеріалів переважно застосовують шнекові преси з принципом роботи екструдера. Підготовлена сировина подається в завантажувальний бункер преса. Далі сировинна біомаса за допомогою активатора поступає в робочу камеру брикетного преса, де ущільнюється за допомогою циліндричного та конічного шнеків. Для ефективності брикетування соломиста маса нагрівається нагрівальним пристроєм. Щільність готових брикетів регулюється на виході пристроєм.

2.2. Аналіз типорозмірів брикетних пресів та вибір перспективної моделі

Преси для брикетування випускаються різних типів:

- Штемпельні механічні преси з відкритою матрицею.
- Преси-екструдери з відкритою матрицею.
- Ударно-механічні преси із відкритою матрицею.

- Гідравлічні преси із закритою матрицею.

Найбільш якісні брикети отримують з використанням гідравлічних пресів із закритою матрицею. Практика показує, що пресове гідравлічне обладнання набуло на сьогодні найбільшого поширення.

Сучасні виробники брикетного обладнання постачають на ринок широкий спектр брикетних пресів різної продуктивності від 50 кг/год до 1500 кг/год. Вибір конкретного типу і технічної моделі залежить від багатьох факторів, властивостей сировинної біомаси. У таблиці 2.1 наведено перелік виробників, які в Україні пропонують обладнання для ліній брикетування соломистих матеріалів, а також інших видів біомаси. Продуктивність пресів брикетних становить від 150 до 500 кг/год по готовій брикетній продукції. Проведемо порівняльний аналіз цих пресів.

Вінницька компанія «АмеліАрт Україна» пропонує устаткування польської фірми ASKET. Це брикетні преси шнекові BIOMASSER типу BSX14. Наведена лінія (рис. 2.3) брикетування BIOMASSER DUO-SET тип DS7 має продуктивність близько 160 кг/год залежно від вологості і виду сировинної біомаси, ступені подрібнення. Склад лінії такий:

- подрібнювача TOMASSER тип RK7 для розсіпних соломистих матеріалів та в малих тюках 45×45×85 см; вологість біомаси допускається до 30 %;

- брикетного преса BIOMASSER DUO типу BS214C, який комплектуваний фільтраційним мішком, на бункері преса. Споживання енергії електричної сягає 70-80 кВт/год/т виробів.

Технологічні вимоги до сировинної біомаси в брикетний прес:

- солома, тростина, сіно. Сіра солома як більш сприятлива сировина - це біомаса, що знаходиться під впливом атмосферних факторів, опадів, сонця. Дана соломиста маса є зручною для подрібнення, ламкою, сприятливою для брикетування;

- частинки мають діапазон за довжиною від 1 до 5 см;

- вологість становить від 10 до 30 %.

Формуються паливні брикети діаметром 80 мм різної довжини типу Pini&Kay з

отвором всередині, щільність брикетів регулюється.

НУБІП України

Таблиця 2.1 Характеристики обладнання для отримання брикетів з біомаси

№ п/п	Найменування обладнання	Компанія	Продуктивність, кг/год	Вартість, грн. з ПДВ*	Примітки щодо сировини – соломи
1	BIOMASSER DUO-SET тип DS7	ТОВ "АмеліАрт Україна" (м. Вінниця) https://ameliart.com.ua/	160	598 950	солома-січка, малі тюки 45×45×85 см
2	BIOMASSER MULTI-3 Stationary тип BMPB614-PR18-SP4		480	2 870 600	тюки 1,20-1,50 м
3	Прес ПБУ-060-400 з бункером-дозатором 1,5 м ³ , сушаркою САД-0.4-0.8 та подрібнювачем ИТС-1	ПП "Брикетуючі технології" (м. Бердичів) http://press-udarnyi.com.ua	300-350	1 190 000	тюк до 1,8 м
4	Прес ПБУ-060-400 з бункером-дозатором 1,5 м ³ , сушаркою САД-0.4-0.8 та подрібнювачем ИТС-0,5		300-350	1 060 000	тюк до 0,5 м
5	Прес ПБУ-070-800М з сушаркою САД-0.6-1.2 та подрібнювачем ИТС-1		500-600	1 470 000	тюк до 1,8 м
6	Лінія брикетування ЛПТБ-200	Торговий дім "Топливо України"	150-250	234 000	відсутній подрібнювач тюків
7	Лінія брикетування ЛПТБ-350		350-400	312 000	

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

8	Лінія брикетування: БЕП-15, ВТ-60 Wektor	Біокопром (м. Полтава) www.bioekoprom.com.ua	350–500 (по соломі)	1 165 200	токи малі по 10-20 кг або насипом, прес реставрований
9	Прес SCORPION-SP 50- 350M, сушарка СП-500	ПП Федякин (с. Степове, Дніпропетровська обл.) http://pres88.com.ua	200–400	621 600	без подрібнювача соломи
10	Лінія брикетування AGL 300 із подрібнювачем	ТОВ «Політрейд» www.polytrade.com.ua	200–280	812 462	вологість сировини 7–20%
11	Прес РВ-500	Бронто (м. Черкаси) http://www.bronto.ua	400	732 000	вологість сировини 8–15%
12	Прес із сушаркою	ФОП Куликова Н.Д. («Біоенергія») http://www.agroteplo.com.ua/ http://zzory.com.ua/	200–400	660 000	без подрібнювача соломи
13	Брикетувальний прес ВР 500 А	ТОВ «Інволд» (м. Київ) http://www.inworld.com.ua/	450-500	1 730 040	---

Фірма «АмеліАрт Україна» пропонує брикетну лінію BIOMASSER MULTI-3 Stationary, продуктивність якої до 480 кг/год.



Рис. 2.3. Прес брикетний BIOMASSER DUO з подрібнювачем TOMASSER RK

Істотною перевагою преса BIOMASSER є використання біомаси-сировини вологістю до 30 %. Це дозволить скасувати або спростити процес сушіння сировини.

Вітчизняна компанія ПП "Брикетуючі технології" з міста Бердичів пропонує (рис. 2.4) три варіанти лінії брикетування соломистих матеріалів пресом ПБУ ударно-механічного типу. Продукція – паливні брикети діаметром 60 мм типу NIELSEN.

Перша комплектна лінія брикетування має продуктивність 300–350 кг/год.:

- подрібнювач тюків діаметром до 1,8 м марки ИТС-1 продуктивністю до 1200 кг/год.;

- універсальна сушарка марки САД-0.4-0.8;

- бункер-дозатор має об'єм 1,5 м³;

- прес ПБУ-060-400 з пристроєм підгріву та охолодження оливи;

Вимоги до сировинної біомаси: фракція – до 5 му, вологість – 8-12%.



Рис. 2.4. Перспективний брикетний прес ПБУ-060-400 з бункером-дозатором

Друга лінія брикетування має продуктивність 500 кг/год., з подрібнювачем тюків ИТС-0,5, застосовують тюки діаметром до 0,5 м.

Третя лінія брикетування має продуктивність до 600 кг/год., прес ПБУ-070-800М з пристроєм укомплектований пристроєм для підгріву та охолодження оливи, з

охолодженням цанг В комплекті сушарка САД-0.6-1.2 та подрібнювач тюків ИТС-1.

Брикетна лінія ЛПТВ-200 (фірма "Топливо України") має шнековий прес-екструдер ПШ-190 продуктивністю 150-250 кг/год для отримання брикетів Fini&Kay чотиригранної форми з розмірами 60 мм Лінія ЛПТВ-350 продуктивністю 350-400 кг/год. Біомаса як сировина – це деревні та аграрні відходи, вологість яких 8-12 %, фракція - до 5 мм. В склад лінії входять також: сортувальник-калібратор, сушарка в зборі, шнековий конвеєр, витяжка. Виробляються:

Компанія «БІОЕКОПРОМ» (м. Полтава) пропонує лінію брикетування соломи на базі ударно-механічного преса Wektor BT-60, прес BT-60, продуктивність якого 350-560 кг/год. Комплект обладнання (рис. 2.5) формує паливні брикети стандартне виконання типу NIELSEN діаметром 50, 60 і 70 мм та пелети діаметром 7-8, 11-12 та 17-18 мм.



Вис. 2.5. Лінія брикетування рослинної біомаси, прес Wektor BT-60

Сировинна біомаса вологістю 8-15 %, а саме: солома зернових, сої, лущиння соняшника, рису, сіно, стебла/стрижні кукурудзи, соняшника, тирса, торф тощо.

Брикети мають щільність 0,8-1,2 т/м³, довжина їх становить від 25 до 200 мм.

Ударно-механічні преси SCORPION-SP 50-350M випускає ПП Федякін (Дніпропетровська обл.). Ці машини виробляють паливні брикети типу NIELSEN, сировина – соломи та подібна, продуктивність 200-400 кг/год. Для зменшення вологості сировинної біомаси доцільно застосовувати сушарку СП-500 аеродинамічну, продуктивність до 500 кг/год.

Компанія ТОВ "Подітрейд" (м. Харків) виробляє брикетувальну лінію AGL 300 (рис. 2.6) соломистих матеріалів, сіна та подібних видів сировини. В основі шнеговий прес AG D, подріонювач соломи, циклон в комплекті. Лінія формує брикети довжиною 50-500 мм, діаметром 85 мм, типу Pini&Kau. Вологість сировинної біомаси в межах 7-26 %, розмір частинок має бути до 20 мм



Рис. 2.6. Загальний вигляд лінії брикетування AGL соломистих матеріалів

Відомий виробник екструдерної техніки ТОВ «Черкаси ЕлеваторМаш» (фірма «Бронто», м. Черкаси) пропонує ударно-механічний прес РВ-500 (рис. 2.7), продуктивність якого до 400 кг/год. Брикети типу NIELSEN41 щільністю 1-1,2 т/м³

діаметром 50 мм, довжиною 20-300 мм.



Рис. 2.7. Брикетний прес RB-500 ударної дії (загальний вигляд)

В комплект лінії брикетування входять також бункер НВ-4 накопичувальний, живильник, охолодник брикетів. Пристрій для упакування продукції у біг-беги.



Рис. 2.8. Загальний вигляд брикетного преса типу RUE марки BR 500 A

Перспективний гідравлічний брикетний прес BR 500 A (рис. 2.8) литовського виробництва пропонує ТОВ «Інволд» (м. Київ). Прес з продуктивністю 450-500 кг/год.

призначений для виготовлення брикетів типу RUF: довжина 40-105 мм, ширина 150 мм, висота 60 мм.

Провівши порівняльний аналіз засобів для отримання біопаливних брикетів, приймаємо рішення щодо комплектування технологічної лінії брикетування соломистих матеріалів в умовах господарства. Це має бути брикетний прес вітчизняного виробництва ПБУ-090-900М з продуктивністю до 2000 кг/год готових брикетів із соломистих матеріалів.

2.3. Вибір схеми перспективної лінії виробництва брикетів з біомаси

Лінії виробництва паливних брикетів за розміщенням обладнання можуть бути паралельні, послідовні або змішані.

Лінії послідовного агрегування є найбільш поширеними з розташуванням між засобами буферних засобів, які забезпечують гнучкий зв'язок між суміжним обладнанням (рис. 1, додаток Б). Буферні засоби - це з механізмами дозованої подачі біомаси бункери і циклони [25, 30, 34].

При ударно-механічному брикетуванні допускається вологість сировини до 15 %, а фракція частинок до 10 мм. При вологості > 20 % брикети руйнуються утвореним при стисненні матеріалу внутрішнім тиском вологи.

Температура нагріву біомаси має бути в межах 100-220°C. Тиск пресування в шнекових пресах досягає 60-100 МПа, а в ударних пресах - 110 МПа.

Потреба рослинної сировини в шнекових пресах на 1 т брикетів складає 2,6-2,8 м³, а в ударних пресах - 1,5-2,2 м³ [32, 35].

Схем типової технології виробництва брикетів з біомаси (рис. 2.9) соломи зернових та подібних культур. Соломиста маса подається на подрібнення, надходить в накопичувач. Далі після сортувальник сировини прямує у камеру сушарки, де змішується з топковими гарячими газами [28, 30, 33].

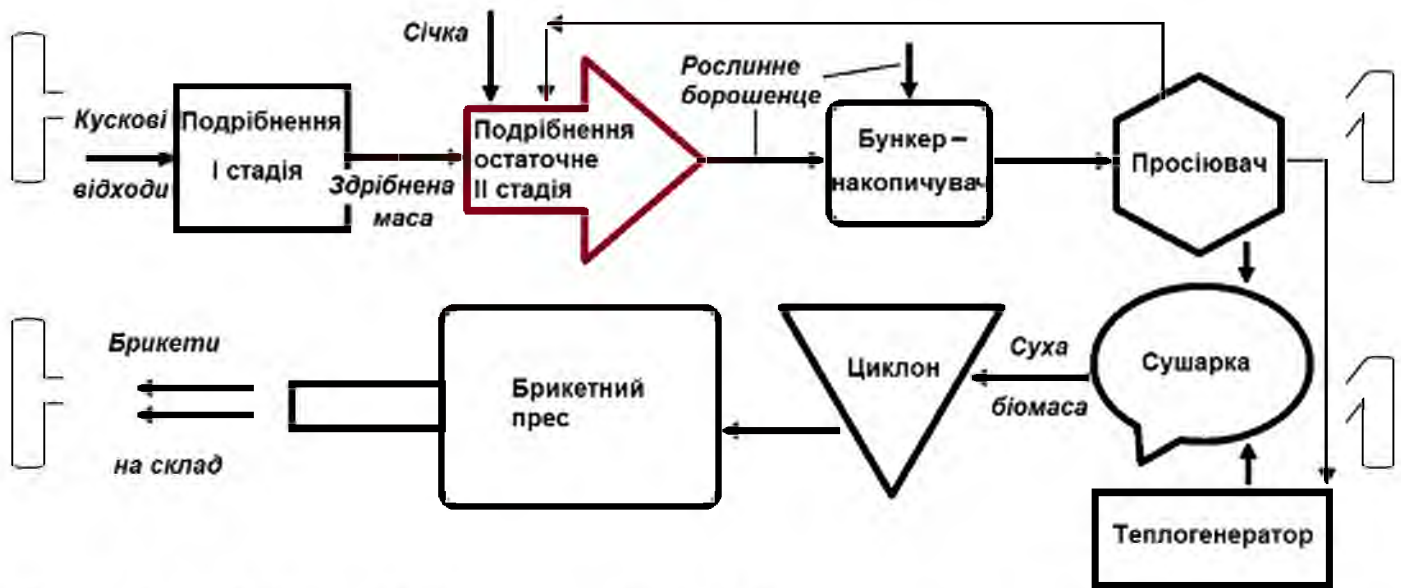


Рис. 2.9. Схема типової технології брикетування біомаси

З камери сушарки надходить в циклон, де здійснюється розділення біомаси від топкових газів. Біомаса соломиста маси осідає на днище і шлюзовим затвором подається у приймальний бункер преса брикетного [32, 37].

Утворені на пресі брикети охолоджуються і прямують на пункт фасування, де відбувається укладання на піддон чи пакування.

Для умов підприємств малої і середньої потужності широко застосовують гнучкі міні-лінії виробництва паливних брикетів з біомаси [35, 37], що забезпечують поповнення паливно-енергетичного ресурсу для господарства (див. додаток Б). Проектування брикетної технологічної лінії виконується з урахуванням особливостей підприємства та основними техніко-економічними критеріями. Завдання на етапі проектування і початкового аналізу результатів впровадження вирішуються за методами і критеріями бізнес-планування [40-45].

Прийнявши за основу загальноприйняті способи і критерії проекту лінії брикетування, проведені інженерні розрахунки, визначені технологічні параметри лінії брикетування соломистих матеріалів, здійснено підбір і компоновка технологічного обладнання з брикетним пресом ударної дії ПБУ-090-900М (додаток В).

Розділ 3.

НУВІП України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОДЕРЖАВНИХ БРИКЕТІВ УДАРНИМ СПОСОБОМ

В цьому розділі описані об'єкт та методи дослідження, закономірності протікання процесу брикетування, методика оцінки енергетичного потенціалу содомистих матеріалів.

3.1. Визначення закономірностей пресування біомаси в брикети

Фізична сутність процесу пресування полягає у витісненні газоподібної фази, зближенні частинок матеріалу, що ущільнюється, і збільшенні молекулярних сил зчеплення між поверхнями окремих частинок [37]. Весь процес ущільнення можна поділити на три етапи.

На **першому етапі** значно зменшується обсяг матеріалу, що супроводжується переміщенням його в поздовжньому та поперечному напрямках каналу пресування. При цьому з маси, що пресується, витісняється повітря, частинки матеріалу зближуються між собою, їх взаємне розташування стабілізується, і збільшується площа дотику частинок між собою. Збільшення густини матеріалу відбувається при незначному зростанні тиску. Енергія, що підводиться до матеріалу на цьому етапі, витрачається, в основному, на подолання тертя між частинками матеріалу, на тертя його стінки пресувального каналу і на витіснення повітря. У зв'язку з розсіюванням енергії деформація матеріалу необоротна цьому етапі.

Другий етап характеризується інтенсивним розвитком пружно-в'язких деформацій та швидким збільшенням тиску пресування. Порівняно з першим етапом тиск зростає у багато разів за меншої деформації матеріалу. Частина енергії, що підводиться, витрачається на подолання внутрішнього тертя і руйнування частинок, інша частина накопичується в спресованому матеріалі.

НУВІП України

На третьому етапі стискається вже сформований моноліт. Це супроводжується швидким зростанням тиску при незначному збільшенні щільності. Залежність між деформацією матеріалу і тиском цього етапі практично лінійна, у своїй деформація носить пружний характер. Енергія, підведена до матеріалу на цьому етапі, накопичується як потенціал пружної енергії.

Основним показником, що характеризує процес пресування різних матеріалів, є щільність одержуваних брикетів, яка залежить від тиску, що прикладається до матеріалу, що стискається [41]. Залежність між цими величинами дозволяє визначати зусилля, що діють у деталях та механізмах машин, та енергію, потрібну для ущільнення.

Для отримання залежності тиску пресування P від щільності матеріалу приймаємо наступні припущення.

- початкова щільність матеріалу ρ однакова у всьому обсязі пресувального каналу;

- початкові напруги у матеріалі, за відсутності зовнішнього тертя, дорівнюють нулю;

- нормальні напруги у кожній точці будь-якого поперечного перерізу каналу пресування рівні;

- щільність матеріалу в процесі стиснення зростає безперервно.

Це дає підставу вважати, що збільшення тиску, що відповідає деякому інтервалу деформації матеріалу, залежить лише від щільності, тобто похідна тиску за щільністю є безперервною функцією прикладеного тиску $dP/d\rho = f(P)$. Дослідження процесу пресування тирси дає підстави вважати, що функція $f(P)$ – лінійна, тобто $dP/d\rho = aP + b$.

Розділяючи змінні та інтегруючи праву та ліву частини цього рівняння в межах від 0 до P та від ρ_0 до ρ , отримуємо:

$$P = C(e^{a(\rho - \rho_0)} - 1) \quad (3.1)$$

де $C = b/a$. При $P = C(e - 1)$, $\rho = \rho_0 + 1/a$ величина $1/a$ є збільшення початкової щільності матеріалу. Коефіцієнти C й a залежать від початкової щільності матеріалу.

матеріалу стінки матриці. Таким чином, пуансон у процесі переміщення долає не тільки опір матеріалу стиску, а й тертя його стінки каналу. Після ущільнення матеріал займає в каналі об'єм, рівний $u/L \cdot S$, і його щільність буде ρ .

За час робочого ходу пуансона тиск його на матеріал зростає від нуля в точці O (рис. 3.2) до максимального значення P у точці B кривою OB , яка описується рівнянням (3.1). Внаслідок тертя матеріалу стінки каналу на упор передається менший тиск, ніж тиск, що діє на матеріал з боку пуансона.

Щоб встановити закономірність розподілу тисків уздовж осі каналу, розглянемо рівновагу елементарного шару матеріалу завтовшки dx , віддаленого від пуансона на відстань x (рис. 3.2). Зліва на нього діє тиск P_x , праворуч - $P_x + dP_x$, а по периметру - тиск dL і обумовлена ним сила тертя F . Тоді рівняння рівноваги шару в проекції на вісь каналу має вигляд:

$$P_x u - (P_x + dP_x) u - f q_x dx = 0, \quad (3.4)$$

де f - коефіцієнт тертя матеріалу об стінки каналу.

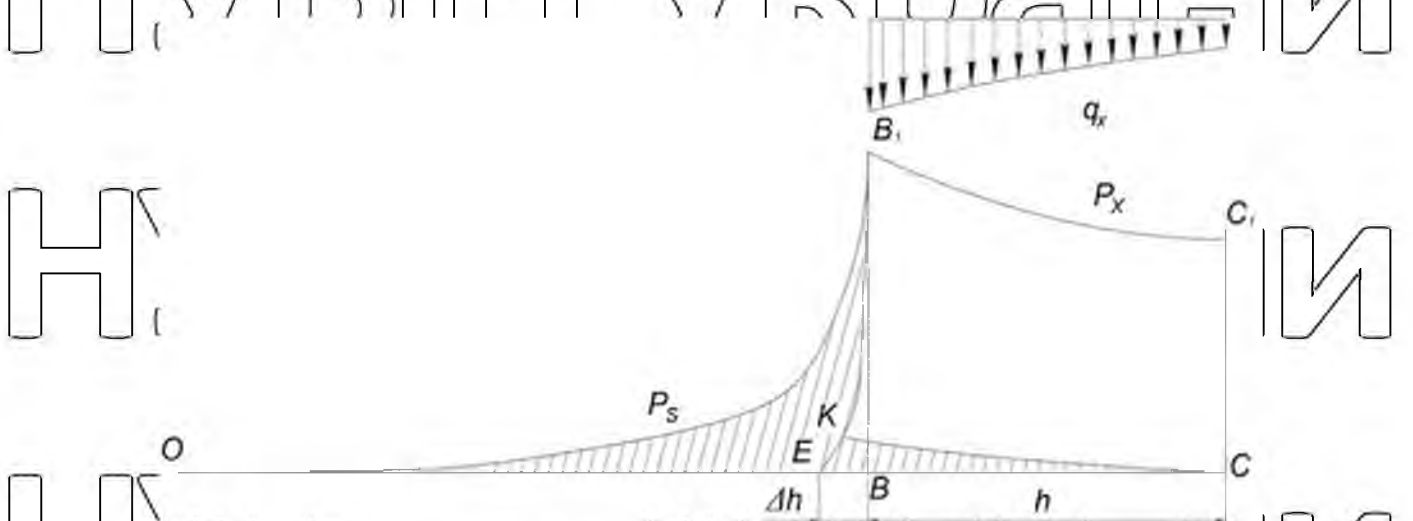


Рис. 3.2. Діаграма процесу брикетування соломистої маси

Після підстановки q_x та відповідних перетворень рівняння (3.4) набуває вигляду.

Вирішивши це рівняння щодо ρ_x , отримуємо вираз:

$$P_x = [P + q_0 / \mu] \exp[-f \mu x / u] - q_0 / \mu \quad (3.5)$$

Тут P залежить від положення пуансона та визначається за рівнянням (3.3). Таким чином, користуючись рівнянням (3.5), можна визначити тиск P_x на будь-якій відстані від пуансона, і він є рівнянням кривої B_1C_1 , що показує падіння тиску від P у точці B до P_1 у точці C (упор каналу).

Для визначення тиску P_1 на упорі підставимо в рівняння (3.5) замість x величину $L-S$, що дорівнює відстані між пуансоном і упором:

$$P_x = [P + q_0 / \mu] \exp[-f \mu (L - S) / u] - q_0 / \mu \quad (3.6)$$

З цього рівняння випливає, що зі збільшенням висоти сформованого брикету тиск на упорі зменшується, а значить, і щільність брикету від пуансона до упору знижується. Чим менше висота брикету, тим щільність стає більш рівномірною.

Час, протягом якого матеріал перебуває під навантаженням, є одним із факторів, що впливають на пружне розширення брикетів після звільнення їх із пресувальних каналів. Чим більший цей час, тим менше збільшуються в обсязі брикети після розвантаження. Це свідчить, що з витримці під навантаженням енергія пружних деформацій, накопичена спресованим матеріалом, розсіюється. Чим довше матеріал перебуває під тиском, тим більше енергії встигає розсіюватися, і тим менше він розширюється після навантаження. Внаслідок розсіювання енергії напруги в спресованому матеріалі зменшуються, отже, має місце **релаксація напруги**.

Таким чином, в результаті проведених досліджень та математичних розрахунків можна зробити такі висновки:

- залежність збільшення тиску пресування зі збільшенням ущільнення матеріалу дозволяє отримувати брикети із заданими властивостями;

- отримані залежності дозволяють визначити режимні параметри та основні конструктивні характеристики обладнання реалізації процесу брикетування.

3.2. Дослідження процесу формування брикетів з біомаси

Для проведення досліджень та визначення впливу основних фізико-механічних властивостей соломи на пресування паливних брикетів було використано лабораторну установку (рис. 3.3).

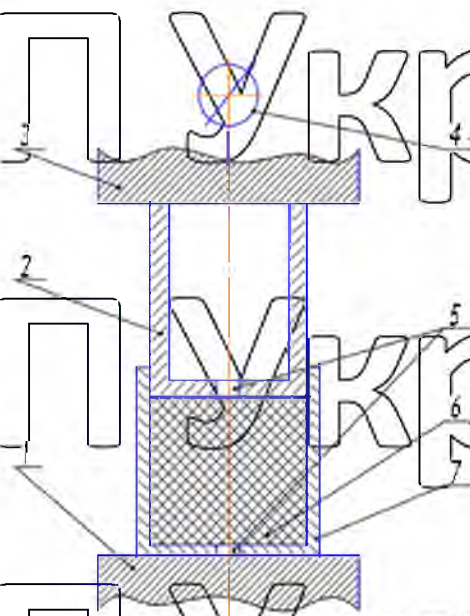


Рис. 3.3. Схема установки для пресування брикетів з соломистих матеріалів:

1 – нижня плита преса; 2 – пуансон; 3 – верхня плита преса; 4 – вимірювач сили; 5 – технологічні отвори; 6 – солома; 7 – пустотілий циліндр (матриця)

Використання соломи в енергетичних цілях можливе взагалі лише при її більш компактному зберіганні (зберіганні в ущільненому вигляді) [39].

Технологічний процес пресування соломи складається з наступних основних послідовних операцій: кондиціонування сировини (при необхідності), подачі матеріалу в прес і розподіл його по робочій поверхні матриці та пресування матеріалу. Пресування, будучи основною операцією в процесі, виконується з метою отримання з розсипних матеріалів брикетів необхідної щільності і міцності шляхом формування їх в закритій або відкритій камері (каналі) пресування під дією докладеного зусилля.

Механізм основної стадії брикетування, пресування в загальному вигляді,

представляється таким чином. При невеликому тиску відбувається зовнішнє ущільнення матеріалу за рахунок порожнеч між частками. Потім, по мірі зростання тиску, ущільнюються і деформуються самі частки, між ними виникає молекулярне зчеплення. Високий тиск у кінці пресування призводить до переходу пружних деформацій частинок в пластичні, внаслідок чого структура брикету зміцнюється і зберігається задана форма.

Слід відмітити, що в значній мірі на характер деформації впливають фізико-хімічні властивості матеріалу.

Залежно від початкового матеріалу брикетування проводиться з в'язкими речовинами при тисках 10-50 МПа і без в'язких речовин при тисках 100-200 МПа. Для отримання брикетів високої якості матеріал, що направляється на пресування, повинен відповідати певним технологічним вимогам (фракційний склад, вологість, температура та ін.).

Характеристикою здатності брикетуватися служить міра ущільнення $\lambda_{ущ}$, що є відношення об'єму V порції матеріалу до пресування до об'єму V_k отриманого брикету. При ущільненні в камері з постійною площею поперечного перерізу.

$$\lambda_{ущ} = V / V_k = h / h_k, \quad (3.7)$$

де h і h_k - висота шару до і після пресування в камері постійного перерізу.

Якщо щільність вихлоного матеріалу позначити через ρ_0 (кг/м³), а щільність отриманого виробу ρ (кг/м³), то міра ущільнення:

$$\lambda_{ущ} = \rho / \rho_0. \quad (3.8)$$

Крім того, на ефективність процесу ущільнення рослинних матеріалів великий вплив чинить форма зв'язку вологи з частинками.

Початкові властивості матеріалів, особливо фізико-механічні, чинять вирішальний вплив на вибір конструктивних параметрів обладнання. По виду прикладених зусиль або напруги до матеріалу, що пресується, ці властивості ділять на три групи: об'ємні, поверхневі і здвигові [25]. Об'ємні властивості визначають поведінку об'єму тіла при дії на нього нормальної напруги в замкнутій формі. До їх

числа відносяться щільність, пористість та ін.

Поверхневі властивості характеризують поведінку поверхні тіла на межі розділу з іншими твердими матеріалами при дії нормальній (адгезія) і дотичній (зовнішнє тертя) напруги. Ці властивості виражаються різними видами тертя: зовнішнім і внутрішнім.

При пресуванні матеріалу уздовж осі каналу діє осьове зусилля P_o пресування, яке на одиницю площі S_k поперечного перерізу каналу чинить осьовий тиск (Па) P_o/S_k . Всебічне нерівномірне стискання здійснюється так, що у стадії пружних деформацій за рахунок наявності пор і порожнин між частками відбувається

поперечне подовження будь-якого елемента моноліту, в результаті виникає дотична напруга зрушення [28].

Таким чином, визначення раціонального ступеню подрібнення соломи, тиску та зміни щільності від часу при виробництві соломистих брикетів необхідне для оцінки їх стійкості до зберігання, транспортування та подальшого використання.

Для проведення дослідів використовувалась солома озимої пшениці, подрібнена і розділена на фракції розмірами 10, 20, 30, 40, 50 мм.

Виготовлення зразків брикетів виконувалось гідравлічним пресуванням на пресі.

Для забезпечення формування брикетів із соломи була виготовлена форма внутрішнім діаметром 70 мм, зовнішнім діаметром 80 мм та висотою 250 мм. Форма складається із двох частин – пуансона (2) та пустотілого циліндра (7) (див. рис. 3.3).

Формування зразків брикетів виконувалось наступним чином. В пустотілий циліндр (7) набивалася солома, після чого циліндр встановлювався на нижню плиту преса (1). В подальшому проходило стискання соломи пуансоном (2) в циліндрі (7).

Зусилля пресування контролювалось електронним силовимірником пресу ИИ-1000 з похибкою $\pm 1\%$. Вимірювання щільності брикетів. Визначався об'єм брикету, а потім проводилось зважування брикетів. Вологість соломи визначали за допомогою вологоміра ИВДМ-2-К з точністю вимірювання $\pm 2,5\%$. Кількість дослідів для визначення кожної залежності становила десять.

Дослідження були проведені з метою визначення оптимального ступеню подрібнення соломи озимої пшениці, яка використовується для виготовлення брикетів, залежності щільності брикетів від тиску та визначення залежності щільності брикетів соломи від часу їх зберігання.

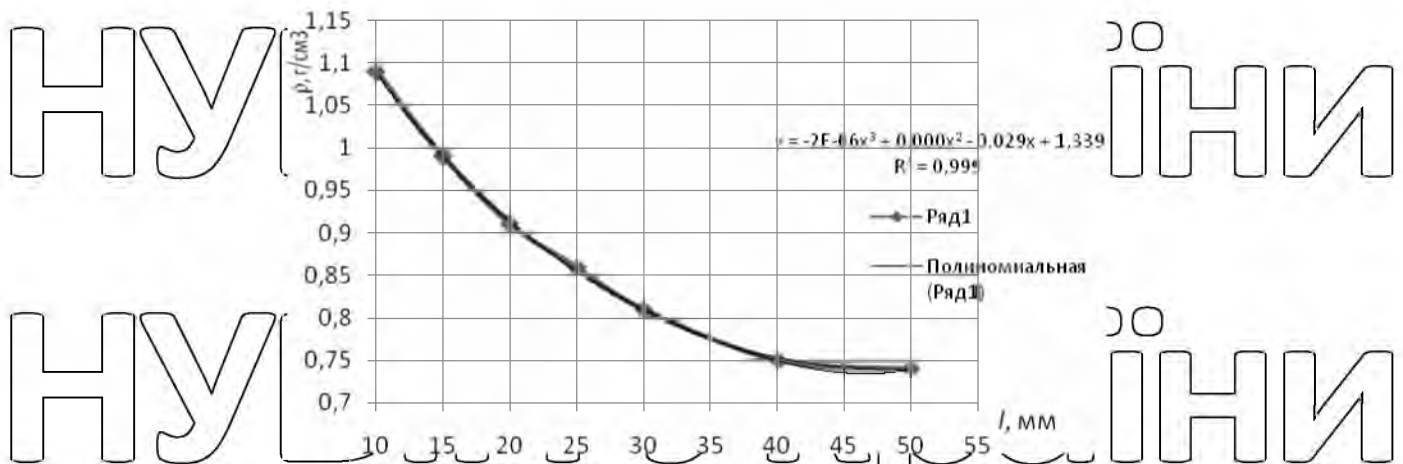


Рис. 3.4. Залежність щільності брикетів із соломи озимої пшениці (W=14%) від ступеню подрібнення при тиску 110 МПа

Як видно з рисунку, найбільша щільність брикетів (1,09 г/см³) була отримана при ступеню подрібнення 10 мм. По мірі зростання ступеню подрібнення від 10 до 50 мм щільність брикетів плавно зменшувалась і при 50 мм складала 0,74 г/см³. Досліди з більшою за 50 мм довжиною фракції не проводились. Таким чином, для наступних досліджень використовувалась солома з довжиною фракції 10 мм.

З метою більш точного визначення впливу часу зберігання брикетів на щільність, проводились досліді по визначенню залежності щільності від часу зберігання в інтервалі від 6 до 72 годин.

В результаті проведення дослідів було виявлено, що щільність на протязі даного проміжку часу зменшується незначно. За 66 годин зменшення щільності складало приблизно 3,3% від початкової щільності соломистих брикетів.

У результаті проведення експериментальних досліджень було встановлено оптимальну ступінь подрібнення соломи - 10 мм при тиску пресування 110 МПа і

вологості 14%. Встановлено оптимальне значення тиску пресування, 110 МПа, при якому не порушується цілісність брикетів із часом зберігання. Була встановлена залежність зміни щільності брикетів, отриманих із фракції соломи 10 мм при тиску 110 МПа та вологості 14% на протязі п'яти годин після пресування та протягом трьох діб.

3.3. Вплив основних факторів процесу на щільність брикетів

Рационально впроваджувати результати проведених дослідів для підвищення ефективності брикетних пресів ударно-механічної дії. Проводили досліди брикетування пшеничної соломи, полови та їх сумішей зі здрібненими зерновими відходами проведені на дослідній установці ударного преса ПБУ-090-900М з круглою матрицею діаметром 60 мм. Результати дослідів свідчать, що показники щільності брикетів з соломистих матеріалів мають різні значення. Загальні закономірності [34] щодо збільшення щільності зі збільшенням навантаження підтверджуються в більший мірі на брикетуванні суміші з зерновідходами (рис. 3.5, а).

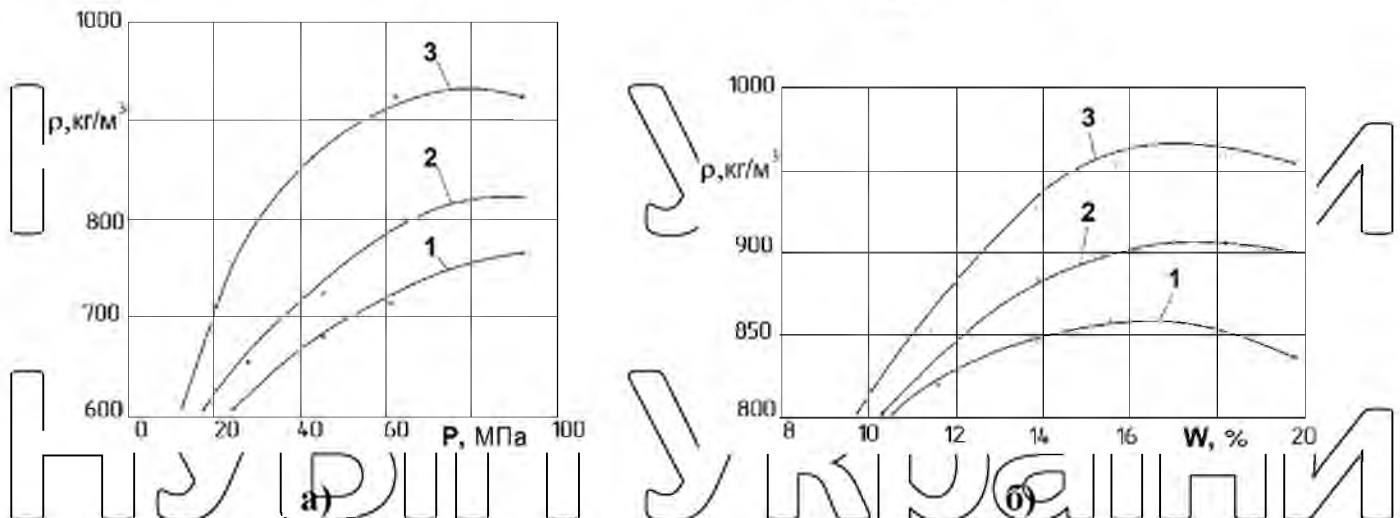


Рис. 3.5. Залежності щільності брикетів від тиску (а) пресування та від вологості (б) сировини: 1 – солома; 2 – половина; 3 – суміш соломи і зерновідходів

Найбільш щільні брикети 900 кг/м^3 отримані з суміші соломи і зерновідходів при тиску пресування 65 МПа . Меншу щільність біля 830 кг/м^3 мають брикети з полови, отримані при більш високому тиску пресування – 90 МПа . Брикети найменшої щільності до 800 кг/м^3 одержані зі стеблової соломистої частини, яку, як встановлено дослідями, доцільно брикетувати ударним способом при тисках понад 100 МПа .

З підвищенням вологості щільність брикетів зростає, а при вологості $W=17\%$ щільність має найбільші значення (рис. 3.5,б). Подальше зволоження призводить до зменшення щільності, Практикою [25] встановлено, що брикети з вологістю понад 17% незадовільно зберігаються, зокрема уражаються мікроорганізмами, частково руйнуються і тому втрачають свою кормову та паливну цінність.

Одним з важливих показників процесу брикетування є фактор тривалості перебування матеріалу в матриці у стислому стані для послаблення внутрішнього напруження (релаксації). Цей показник залежить від кількості матеріалу, що подається у пресову камеру, та від довжини матричного каналу. Щільність брикетів визначається даними параметрами, що треба враховувати при розробці конструкції преса.

З підвищенням продуктивності преса за рахунок збільшення подачі матеріалу в камеру пресування, щільність брикетів знижується із-за коротшого терміну перебування в матриці соломистої маси. Зниження щільності брикетів також спостерігається при зменшенні довжини каналу матриці.

При визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя f_T встановлено, що найменші значення мають показники сукупностей стеблової соломи. Величина коефіцієнта більша у полові та у суміші полови і зерновідходів. Досліди показали, що в межах прийнятих навантажень (тисків) до 60 МПа на соломисті матеріали спостерігається зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя f_T майже за прямолінійною залежністю зі збільшенням навантаження.

НУБІП України

Розділ 4.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

НУБІП України

4.1. Визначення основних економічних показників виробництва брикетів з біомаси

НУБІП України

Нині на українському ринку спостерігається обмежена пропозиція брикетів з соломистого матеріалу. Актуальні ціни реалізації брикетів з соломи становлять від 80 до 90 євро/т з ПДВ, а для брикетів з деревини – від 90 до 150 євро/т з ПДВ.

Приймемо орієнтовну ціну брикетів з побічної продукції (ПП) зернових культур (соломи) 90 євро/т з ПДВ, оскільки їхні паливні характеристики кращі, ніж у брикетів з торфу.

В Україні відсутні чинні національні стандарти на брикети із соломи, але за необхідності підприємства-виробники брикетів можуть розробляти Технічні умови. Для стандартизації брикетів із недеревної біомаси Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) у 2014 р. прийнято стандарт ISO 17225-7 «Тверді біопалива. Технічні характеристики та класи. Частина 7. Сортування недеревних брикетів».

Для техніко-економічної оцінки виробництва паливних брикетів були вибрані три рівня продуктивності:

1) 0,5 т/год на базі лінії брикетування приватного підприємства «Брикетуючі технології» (Україна) з продуктивністю 500-600 кг/т [24] (подрібнювач ІТС 1, аеродинамічна сушарка САД-0,6-1,2 та прес-брикетувальник ПБУ-070-800М);

2) 2 т/год для лінії, укомплектованої обладнанням різних вітчизняних виробників, включаючи 2 прес-брикетувальники ПБУ-090-900М та барабанну сушарку;

3) 4 т/год для лінії, укомплектованої німецьким та українським обладнанням (5 прес-брикетувальників RUF R6 та барабанна сушарка).

Основні вхідні дані для техніко-економічної оцінки виробництва брикетів із

НУБІП України

соломистих матеріалів:

- у початковий рік підприємство буде виробляти 50% річної кількості брикетів;
- для операцій з завантаження тюків буде придбано телескопічний навантажувач;
- використання існуючої будівлі та лінії електропередач;
- 2 особи адміністративного персоналу для продуктивності 2 та 4 т/год;
- закупівельна ціна великих тюків ПП зернових культур – 40 євро/т с.р. з ПДВ;
- основний склад розташований поблизу із виробництвом брикетів;
- витрати на зберігання тюків соломистих матеріалів – 3,1 євро/т с.р.;
- відпускна ціна брикетів з ПП зернових культур – 90,0 євро/т с.р. з ПДВ.

Виробничі витрати на переробку ПП зернових культур у паливні брикети складають 62,7 євро/т при продуктивності лінії 2 т/год, 63,2 євро/т – при 4 т/год і 70,6 євро/т – при 0,5 т/год. Результати ТЕО виробництва брикетів з ПП зернових культур (соломи) наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Техніко-економічне обґрунтування виробництва брикетів з ПП зернових культур (соломи)

Показники	Продуктивність лінії брикетування, т/год		
	0,5	2,0	4,0**
Річні обсяги виробництва брикетів, т/рік	3000	12000	24000
Капітальні витрати, тис. євро	147,5	598,8	1572,0
Експлуатаційні витрати, тис. євро/рік	193,4	677,5	1319,5
Кредитні кошти, як частка капітальних витрат, %		70	
Строк кредитування, років		5	
Вартість тюків соломи на підприємстві, євро/т с.р.		36,4	
Собівартість брикетів, євро/т	70,6	62,7	63,2

Ціна реалізації брикетів з соломи, євро/т з ПДВ	90		
Чиста приведена вартість (NPV), тис. євро	39,2	677,9	1214,1
Термін окупності капітальних витрат* років	6,0	3,7	4,4
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	13,9	34,7	26,1

* У перший рік лінія брикетування виробляє 50% від річного обсягу брикетів.

** Лінія продуктивністю 4 т/год з німецькими прес-брикетувальниками RUF.

З огляду на вихідні дані та припущення, для проєкту з пресами інеземного виробництва продуктивністю 4 т/год внутрішня норма дохідності становить 26,1%; термін окупності капітальних витрат – 4,4 роки. Економічні показники проєкту з продуктивністю виробництва брикетів 2 т/год на базі українського обладнання моделі ПБУ-090-900М (рис. 4.1) значно кращі, зокрема, IRR – 34,7%, термін окупності капітальних витрат – 3,7 років.



a)

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 4.1. Загальний вигляд преса ПБУ-090-900М (а) та пульт керування

брикетною лінією (б)

Таким чином, ми приймаємо у проєкті прес ударно-механічної дії моделі ПБУ-090-900М для технологічної лінії виробництва брикетів з соломистих матеріалів у умовах господарства. Такі преси ударно-механічного типу призначені для отримання брикетів паливних циліндричної форми. Планується переробляти на нашому підприємстві рослинну біомасу, яка придатна як паливо – солома зернових, круп'яних та ін. культур, лушпиння, тирса тощо, подрібнену до 3-4 мм та вологістю до 8-12 %. Брикетують без додавання клеючих речовин. Ударно-механічний прес розроблено для промислової переробки сировини - для безперервної та безперебійної роботи.

Розділ 5.

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ВИРОБНИЧОЇ САМТАРІЇ

5.1. Аналіз небезпечних чинників на виробництві брикетів

Лінія для отримання біопаливних брикетів складається з такого обладнання, як бункер-накопичувач, скребковий і стрічковий транспортер, циклон, сушарка барабанного типу, дробарка, брикетний прес, охолоджувач брикетів та торцювальний пристрій. У цьому обладнанні відбуваються складні технологічні процеси, які мають цілий комплекс шкідливих та небезпечних факторів та ризиків, які негативно впливають на організм людини, навколишнє середовище. Найбільш значимими ризиками є фізичні та хімічні небезпеки та ризики. Ці небезпеки наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Фізичні та хімічні фактори небезпек, які характерні для обладнання лінії для отримання біопаливних брикетів з рослинної біомаси

Фактор небезпеки/ назва обладнання	Бункер-накопичувач	Транспортер	Циклон	Сушарка	Дробарка	Прес брикетів	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 робочому місці рівень шуму на		+	+		+	+		+
Підвищений робочому місці рівень вібрації на		+	+	+	+	+		+

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини	+	+	+	+	+	+
Підвищений рівень статичної електрики	+	+	+	+	+	+
Підвищений рівень електромагнітних випромінювань			+	+	+	+
Токсичні речовини			+		+	+
Подразнюючі речовини			+		+	+

Найбільш небезпечним є прес для отримання біопаливних 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.

Для аналізу були обрані провідні підприємства України такі, як ЧеркасиЕлеваторМаш [45].

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах. **Шкідлива речовина** — це речовина, що контактуючи з організмом людини, може викликати захворювання чи відхилення у стані здоров'я як під час впливу речовини, так і в подальший період життя.

Шкідливі речовини можуть потрапити в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки. Через дихальні шляхи потрапляють пари, газо- та пилоподібні речовини, а через шкіру — переважно рідини.

Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини під час ковтання, або при внесенні їх у рот забрудненими руками.

Основним шляхом, яким найчастіше потрапляють промислові шкідливі речовини в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній (понад 90 м²)

всмоктувальній поверхні легень утворюються сприятливі умови для надходження шкідливих речовин у кров, якою вони разносяться по всьому організму. Слід

зазначити, що ураження шкіри (порізи, рани) прискорюють потрапляння шкідливих речовин у організм людини.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не лише накопичуватись в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати «накопичення» функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

В санітарно-гігієнічній практиці прийнято поділяти шкідливі речовини на хімічні речовини та промисловий пил.

5.1.1. Небезпечні чинники технологічного процесу брикетування (рис. 5.1).

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

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

Маховик з кривошипне-шагунним 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.

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 холестого ходу.

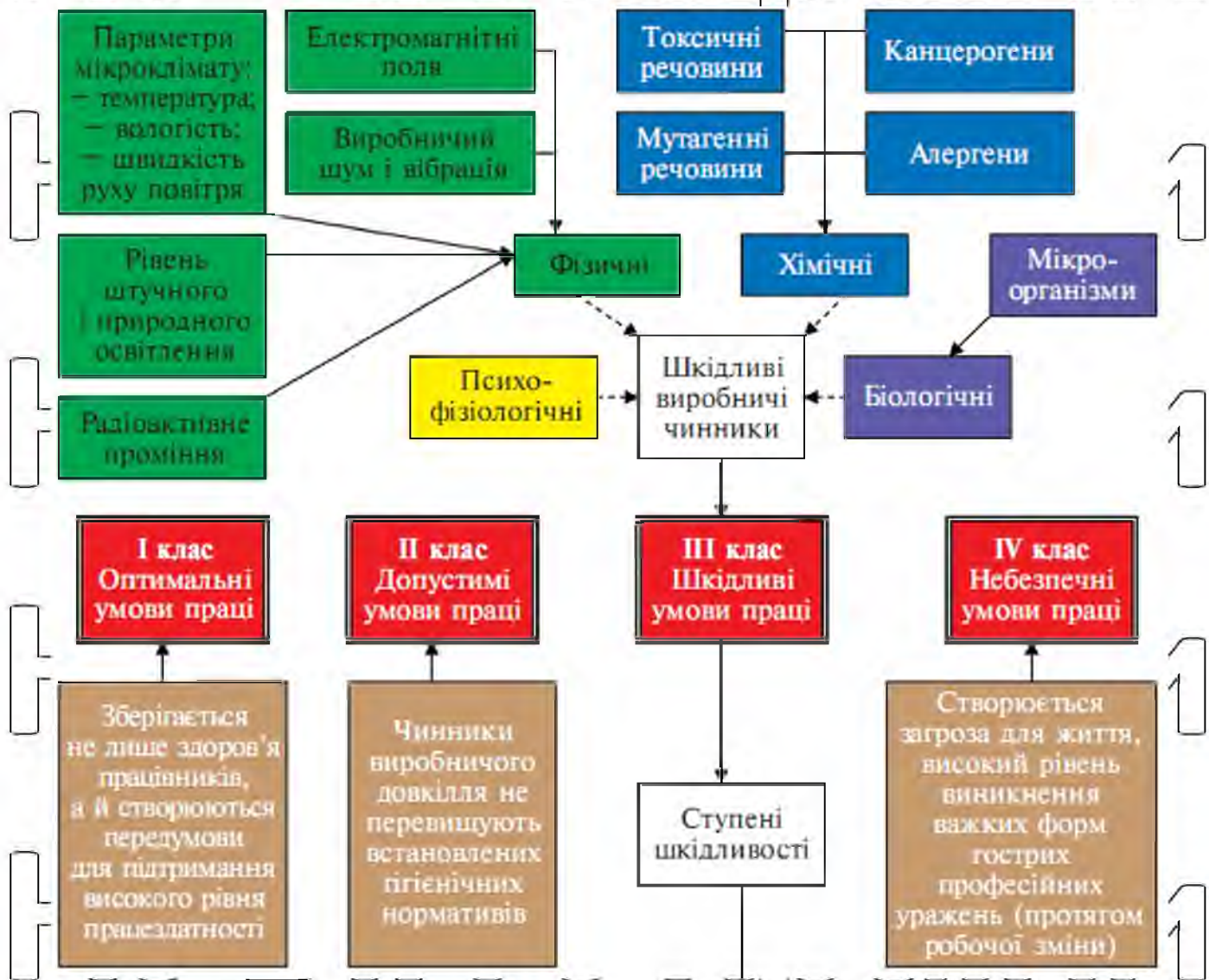


Рис. 5.1. Визначення класів небезпечних і шкідливих чинників на біопаливних лініях

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.

5.2. Визначення шкідливих факторів брикетного виробництва

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

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

– потрапляння до очей літаючого пилу – 40;

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

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

– травмування пальців рук при збиранні сировини – 2;

– інші випадки травмування – 2.

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

– потрапляння до очей літаючого пилу – 40;

– травмування рук або ніг при налагодженні обладнання, установки та демонтажі оброблюваної деталі, кріпленні і знятті 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 пилу служать екструзійні, сушильні 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.

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій у легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Шкідливість виробничого пилу зумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, у першу чергу пневмоконіози.

Уражаюча дія пилу, в основному, визначається дисперсністю (розміром) частинок пилу, їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею і т.п.

Необхідно враховувати, що у виробничих умовах працівники, як правило, зазнають одночасного впливу кількох шкідливих речовин у тому числі й пилу. При цьому їхня спільна дія може бути взаємо-підсиленою, взаємо-послабленою. На дію шкідливих речовин впливають також інші шкідливі і небезпечні чинники. Наприклад, підвищена температура і вологість як і значне м'язове напруження, в більшості випадків підсилюють дію шкідливих речовин.

Суттєве значення мають індивідуальні особливості людини. З огляду на це для робітників, які працюють у шкідливих умовах проводяться обов'язкові попередні (при прийнятті на роботу) та періодичні (1 раз на 3, 6, 12 та 24 місяці, залежно від токсичності речовин) медичні огляди.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію шкідливої речовини в повітрі робочої зони, яка при щоденній роботі протягом 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) не призводить до зниження працездатності і захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не справляє несприятливого впливу на здоров'я нащадків.

За величиною ГДК у повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки.

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

При переробці органічних матеріалів відбуваються 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 пожежо-вибухонебезпечними, 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 – пневмоконіозів- 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 отримання біопаливних 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 (різаку).

Рівень звукової потужності на робочому місці оператора не повинен перевищувати гранично-допустимий рівень 80 дБА, тобто необхідно виконувати

заходи безпеки для зменшення дії цього фактору.

Таблиця 5.3. Рівні шумової небезпеки обладнання

Тип обладнання	Середньо-геометрична частота, Гц								Рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Дробарка	84±4	85±4	87±5	94±1	97±0	94±1	88±4	86±4	102
Прес брикетний	87±3	90±3	93±3	89±5	90±3	90±3	87±3	80±3	95
Різак	78±4	90±5	84±4	85±5	85±6	94±5	80±5	80±5	90
Допустиме	95	87	82	78	75	73	71	95	80

На робочих місцях під час роботи з транспортером, суцаркою, дробаркою, пресом, циклоном та торцювальним пристроєм утворюється вібрація, рівень якої та вплив на організм людини нормовано.

5.3. Розроблення заходів зменшення небезпеки виробничого пилу

Одним з різновидів шкідливих речовин на брикетуванні є виробничий пил – зважені в повітрі повільно осідаючі тверді частки розміром від декількох десятків до часток мікрметра. Пил являє собою дисперсну систему, тобто аерозоль.

Класифікують пил за походженням, способом утворення, розмірами і формою часток, ступенем токсичності, електричним зарядом та ін.

За походженням: органічний, неорганічний, змішаний. **Органічний пил** є природний від залишків рослин, частинок ґрунту, агрохімікатів, мікробіологічний, роботи механізмів тощо.

За способом утворення: аерозолі дезінтеграції та аерозолі конденсації.

Аерозолі дезінтеграції утворюються, у тому числі, при механічному пресуванні в брикети рослинної біомаси. Аерозолі конденсації утворюються при термічних

процесах за участю твердих речовин,

За розмірами часток: видимий – розміром більше 10 мкм; мікроскопічний, розміром від 10 до 0,25 мкм; ультрамікроскопічний – при розмірах менше 0,25 мкм.

За ступенем токсичності: пил отрутний і дратівний.

За електрозарядженістю: нейтральний, заряджений однойменними та різнойменними зарядами.

Вплив пилу на організм працівника на брикетуванні створює у виробничих умовах в плані санітарно-гігієнічної оцінки впливу на здоров'я людини хімічний склад, розчинність, дисперсність, форма, електричний заряд, вибухонебезпечність.

Залежно від хімічного складу пил може справляти на організм людини фіброгенну, дратівливу, токсичну чи алергенну дію.

Розчинність пилу, в сукупності з характеристикою хімічного складу, також значною мірою впливає на організм людини. Нерозчинний, наприклад волокнистий пил від органічних залишків рослин, довго затримується в організмі, часто призводячи до захворювань дихальних шляхів. У той же час добра розчинність, у випадку токсичного пилу, сприяє його негативній дії на здоров'я людини. Значно впливає і вид розчинника (середовища розчинення) пилу (вода, кислоти, жири), тому що цим визначається шлях попадання його в організм людини – через шкірний покрив, органи дихання чи шлунково-кишковий тракт.

У легені при диханні проникає пил 0,2-5 мкм. Більш великі частинки затримуються у верхніх дихальних шляхах, а більш дрібні – циркулюють відповідно до циклу дихання людини.

Найбільшою активністю стосовно негативного впливу на легені людини (фіброгена активність) мають частинки пилу наступних розмірів: для пилу дезінтеграції – 1-5 мкм, і 0,3-0,4 мкм для пилу конденсації.

Підвищення активності часток стосовно негативного впливу на організм людини в порівнянні з активністю вихідного матеріалу пояснюється різким збільшенням їхньої сумарної площі поверхні. Так, якщо кубик речовини з розміром ребра рівним 1 см і,

отже, площею поверхні 6 см^2 роздібнити на частинки з ребром 1 мкм , то сумарна поверхня частинок, що утворилися, збільшиться в 1000 разів, склавши $0,6 \text{ м}^2$. Таке збільшення сумарної площі частинок речовини викликає значне підвищення кількості найбільш активних поверхневих молекул та зростання фізичної й хімічної активності пилу, підвищення його адсорбційної здатності.

Форма насток пилу впливає як на тривалість їх перебування в повітрі, так і на ступінь негативного впливу на організм людини. При цьому частки неправильної форми (пил дезінтеграції) мають здатність більш тривалий час зберігатися в повітрі. Аерозолі конденсації, що мають, як правило, сферо подібну форму, більш легко осідають з повітря за умови, що їхній розмір перевищує $5-10 \text{ мкм}$.

До шкідливого впливу на організм людини пил може призводити до аварійних вибухонебезпечних ситуацій на брикетному виробництві.

Пил може бути носієм мікробів, грибків і т.п., які можуть бути причиною захворювання працюючих. Так, у цехах переробки рослинної та тваринної продукції виявлено в 1 м^3 повітря близько 37 тисяч бактерій.

Основними типами професійних захворювань при впливі пилу є пневмоконіози, хронічний бронхіт та захворювання верхніх дихальних шляхів. Пил може також шкідливо впливати й на органи зору, викликаючи кон'юнктивіт, професійну катаракту; шкірну тканину, сприяючи розвиткові екзем, алергійним захворюванням.

5.3.1. Визначення гранично допустимої концентрації (ГДК) пилу. Метою нормування є визначення гранично допустимої концентрації (ГДК) пилу (мг/м^3). ГДК це концентрація, що при щоденній роботі протягом не більше 8 годин, але не більше 40 годин в тиждень протягом усього стажу не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які виявляються сучасними медичними методами дослідження в процесі роботи або у віддалений термін життя дійсного і наступного покоління. До першої категорії методів відносяться ваговий, фотоелектричний і, частково, рахунковий.

Ваговий метод є найбільш розповсюдженим. Його суть полягає у тому, що через

спеціальний аерозольний фільтр пропускають визначений обсяг запиленого повітря (V). При цьому визначають масу фільтра до експерименту (P1) та після нього (після протягування запиленого повітря) (P2). Концентрацію пилу в повітрі розраховують за такою спрощеною формулою:

$$C = (P2 - P1) / V \quad (5.1)$$

Визначення допустимості умов праці за параметром запиленості повітря робочої

зони виконують після проведення експерименту та відповідних розрахунків методом порівняння величини C з ГДК. Якщо концентрація $C < \text{ГДК}$, то умови праці приймають, як допустимі.

Таблиця 5.4. Класи умов праці залежно від вмісту в повітрі шкідливих речовин

Шкідливі речовини	Класи умов праці					
	Допустимі	Шкідливі				Небезпечні
		Ступені шкідливості				
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Шкідливі речовини 1–2 класів небезпеки, за винятком перерахованих нижче	≤ГДК	1,1–3,0	3,1–6,0	6,1–10,0	10,1–20,0	>20,0
Шкідливі речовини 3–4 класів небезпеки, за винятком перерахованих нижче	≤ГДК	1,1–3,0	3,1–10,0	>10,0		
Речовини, здатні спричинити гостре отруєння (з гостро-спрямованим механізмом дії) або які мають подразнювальні властивості	≤ГДК	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–10,0	>10,0
Канцерогени	≤ГДК	1,1–3,0	3,1–6,0	6,1–10,0	>10,0	
Алергени	≤ГДК		1,1–3,0	3,1–10,0	>10,0	
Речовини переважно фіброгенної дії	≤ГДК	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	>10,0	
Наркотичні анальгетики			+			

5.3.2. Методи захисту працюючих від шкідливого впливу виробничого пилу.

Основним методом захисту працюючих від впливу пилу є дотримання ГДК, установлених ДСТУ СН. При неможливості дотримання ГДК використовують організаційні, медико-профілактичні та технічні заходи й засоби захисту працюючих.

До організаційних заходів відносяться: обмеження мінімального віку працюючих (20 років); введення скороченого робочого дня, додаткові відпустки, більш ранній вихід на пенсію й ін..

Серед медико-профілактичних заходів необхідно вказати на обов'язковий контроль за станом здоров'я працюючих при вступі й під час роботи. Це виконується шляхом періодичних медичних оглядів.

Заборонено використовувати на роботі, пов'язаною з підвищеною запиленістю повітря, персонал з хронічним захворюванням органів дихання, серцево-судинної системи. Медичні огляди повинні проводитися 1 раз у 12 або 24 місяці, залежно від виду пилу.

Вся сукупність технічних методів та засобів захисту від підвищеної запиленості повітря робочої зони брикетування поділяється на дві основні групи – **колективні та індивідуальні.**

Колективні технічні заходи: удосконалення технології, впровадження автоматизації, дистанційного керування, герметизація устаткування, різні види вентиляції приміщень.

Індивідуальні засоби захисту: місцева витяжна вентиляція з очищенням повітря, протипилові респіратори, окуляри з герметичною оправою.

Припливна вентиляція слугує для подачі чистого повітря ззовні у приміщення. При витяжній вентиляції повітря вилучається з приміщення, а зовнішнє надходить через вікна, двері, нещільності будівельних конструкцій. Припливно-витяжна вентиляція поєднує першу й другу.

Загально обмінна вентиляція підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого приміщення. За допомогою місцевої вентиляції

шкідливі виділення виділяються або розчиняються шляхом припливу чистого повітря безпосередньо у місцях їх утворення. Комбінована вентиляція поєднує загальнообмінну та місцеву.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрязабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною. Остання повинна передбачатися у виробничих приміщеннях, де можливе раптове надходження у повітря значної кількості шкідливих чи вибухонебезпечних речовин. Аварійна вентиляція повинна вмикатись автоматично при досягненні граничної концентрації небезпечних виділень і забезпечувати швидке їх вилучення із приміщення. Як правило, аварійна вентиляція повинна забезпечувати 8—12-кратний повітрообмін за годину в приміщенні.

Робоча вентиляція може бути загальнообмінною, місцевою чи комбінованою.

5.3.3. Загальнообмінна штучна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла при відсутності токсичних виділень, а також у випадках, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування виключають можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вгору, знизу вгору, знизу вниз (рис. 5.2).

Схеми зверху вниз (рис. 5.2.б, а) та зверху вгору (рис. 5.2.б, б) цільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис. 5.2.в та 5.2.г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища за температуру внутрішнього повітря.

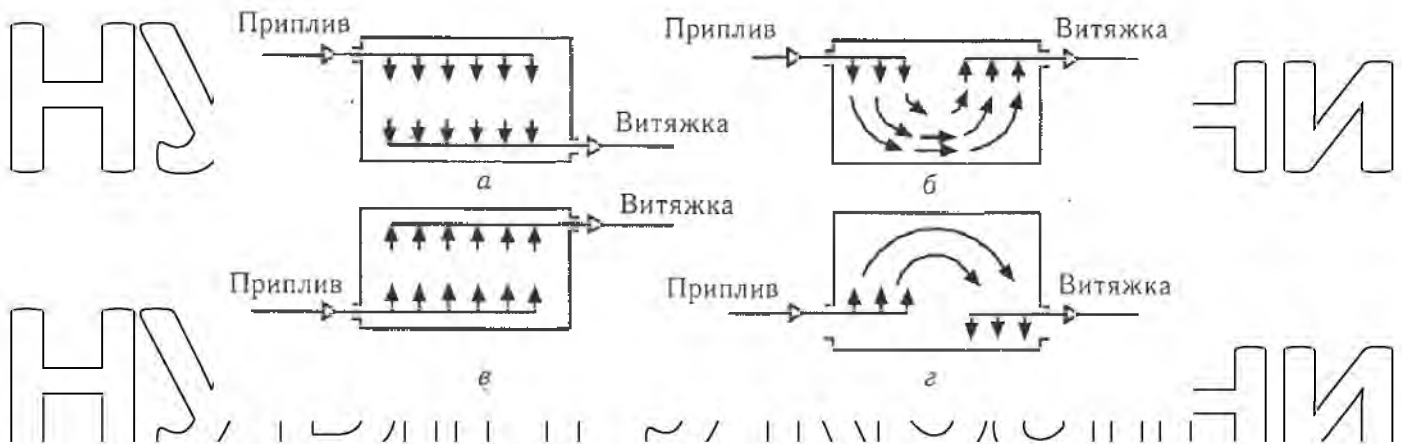


Рис. 5.2. Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад, пари кислот, гасу тощо), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої. Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

Загальнообмінна штучна вентиляція може бути припливною, витяжною чи припливно-витяжною.

Припливна загальнообмінна вентиляція забезпечує подачу чистого зовнішнього повітря у приміщення. При цьому видалення забрудненого повітря здійснюється через вентиляційні отвори, фрамуги, дефлектори. Даний вид механічної вентиляції

застосовується у виробничих приміщеннях зі значним тепловиділенням і низькою концентрацією шкідливих речовин. Схема припливної механічної вентиляції (рис. 5.3) включає: повітрязабірний пристрій 1; фільтр для очищення повітря 2; повітрянагрівач (калорифер) 3; вентилятор 5; мережу повітроводів 4 та припливних патрубків з насадками 6. Якщо немає необхідності підігрівати припливне повітря, то його пропускають безпосередньо у виробничі приміщення через обвідний канал 7.

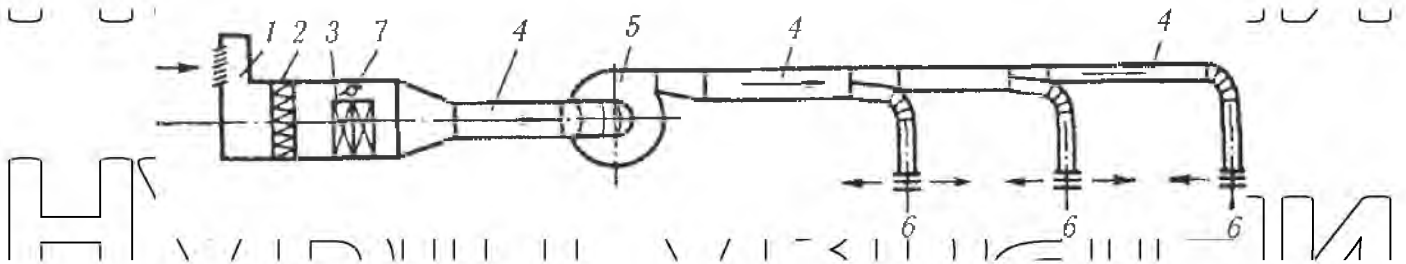


Рис. 5.3. Схема припливної вентиляції

Повітрязабірні пристрої необхідно розташовувати в місцях, де повітря не забруднене пилом та газами. Вони повинні знаходитись не нижче 2 м від рівня землі, а від викидних каналів витяжної вентиляції по вертикалі — нижче 6 ж і по горизонталі — не ближче 25 м.

Припливне повітря подається в приміщення, як правило, розсіяним потоком для чого використовуються спеціальні насадки.

Витяжна загальнообмінна вентиляція застосовується у виробничих приміщеннях, в яких відсутні шкідливі речовини, а необхідна кратність повітрособміну є невеликою, а також у допоміжних, побутових та складських приміщеннях. Витяжна вентиляція (рис. 5.4) складається із очисного пристрою 1, вентилятора 2, центрального 3 та відсмоктувального повітроводів 4.

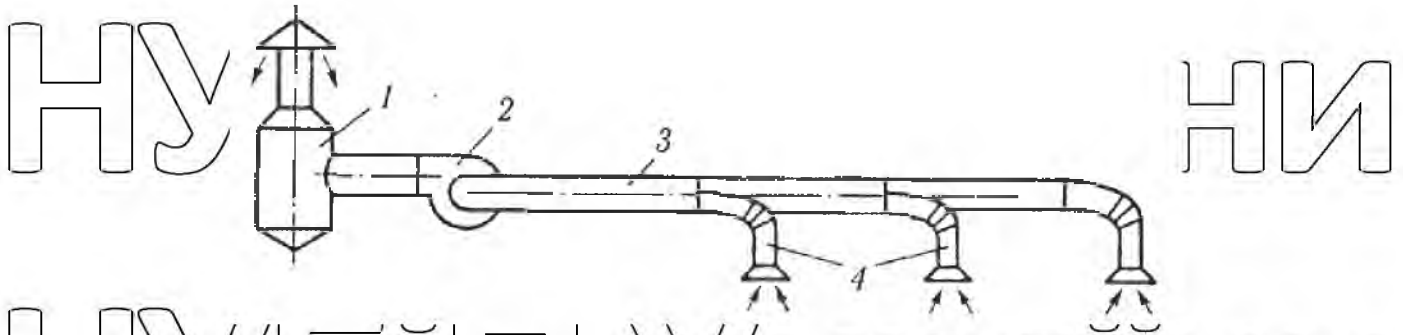


Рис. 5.4. Схема витяжної вентиляції

Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1 м над гребнем даху. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо у вікнах.

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 (°C) – оксид сірки 10–16; кисень 8–15; оксид азоту 9–16; метан 0–0,01; діоксид вуглецю 5–9 та температура димових газів 70–250.

Під час отримання біопаливних брикетів, у зоні пресування утворюється дим [43, 44], склад якого наведений у табл. 5.5.

Таблиця 5.5. Склад диму на виробництві брикетів біопаливних

Назва речовини, яка визначається	Швидкість аспирації, 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 2719-83
Діоксид азоту	0,2	5	3,5	2	МУ 1638-77
Діоксид вуглецю	0,2	5	19,0	20	ГОСТ 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. 5.5 видно, що під час отримання брикетів біопаливних в зоні пресування утворюються сполуки, рівень яких перевищує гранично-допустимі концентрації та які негативно впливають як на організм людини, так і на навколишнє середовище.

5.4. Розроблення заходів зменшення виробничого шуму і вібрації

Джерелами шуму на брикетуванні біомаси є коливання, що виникають при зіткненні, терті, ковзанні твердих тіл, витіканні газів, при роботі брикетного пресу, ручних інструментів.

Шумом називається будь-який небажаний звук або сукупність звуків різної частоти й інтенсивності, що несприятливо впливають на організм людини.

За фізичною сутністю шум – це механічні коливання часток пружного середовища (газу, рідини, твердого тіла), що виникають під впливом будь-якої зовнішньої сили (рис. 5.5).

Пружні коливання часток середовища частотою 16 Гц-20 кГц називаються звуковими, коливання частот нижче 16 Гц – інфразвуковими, а коливання частотою вище 20 кГц – ультразвуковими.

За часовими характеристиками:

1. Постійний – рівень звуку якого за 8-часовий робочий день змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ А.
2. Непостійний – рівень звуку якого за 8-часовий робочий день змінюється в часі більше ніж на 5 дБ А.

Постійний шум на робочих місцях оцінюється рівнем звукового тиску в дБ, що вимірюється на середньо-геометричних частотах ($F_{ср}$) октавних смуг зі значеннями 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Середньо-геометричну частоту ($F_{ср}$) октавної полоси обчислюють за формулою:

НУБІП України

$$F_{c2} = \sqrt{f_1 \cdot f_2},$$

(3.2)

де f_1, f_2 – відповідно верхня і нижня частоти октавної полоси



Рис. 5.5 Класифікація засобів і засобів колективного захисту від високих рівнів виробничого шуму

Як одночислову характеристику шуму використовують параметр рівня звуку в дБ А, що являє собою середньозважену величину частотних характеристик звукового тиску з урахуванням біологічної дії на організм людини.

Інтенсивний шумовий вплив викликає в звуковому аналізаторі людини зміни, які спричиняють відповідну реакцію всього організму. Характерною рисою звукового аналізатора людини є ефект адаптації, який виражається в часовому зсуві (підвищенні) порогів слухової чутливості. Цей ефект викликається тривалим впливом акустичних коливань (шуму) підвищеного рівня. Підвищення слухових

порогів, тобто постійне зміщення порогу слуху, виражається в розвитку професійного захворювання, яке називається **глухуватістю** (погіршенням слуху).

Серед численних проявів несприятливого впливу шуму на організм людини виділяють: погіршення слуху, **зниження розбірливості мови**, розвиток **втомлення, порушення сну, серцебиття**.

Заходи і засоби захисту працюючих від шкідливої дії виробничого шуму

Заходи з боротьби із шумом: **організаційні, медико-профілактичні, архітектурно-планувальні, технічні**.

Технічні засоби захисту від шкідливої дії шуму передбачають використання

трьох головних напрямків:

- а) усунення причин виникнення шуму або зниження його рівня в джерелі;
- б) ослаблення шуму на шляху його поширення;
- в) індивідуальний захист працюючих.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму застосовують спеціальні вкладиші у вушну раковину – **беруші**, а також шумозахисні **навучиники**.

Вібрація – цей коливальний пружний рух точки твердого тіла (механічної системи).

Вібрація характеризується такими параметрами (рис. 5.6):

- амплітудою (зсувом щодо точки спокою) (a), мм;
- частотою (f), Гц;
- віброшвидкістю (V) м/с;
- віброприскоренням (W) м/с².

За способом передачі на організм людини вібрація підрозділяється на загальну й локальну. Загальна вібрація діє на організм людини через опорні поверхні – сидіння, ноги людини. Відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги» існують наступні види загальної вібрації:

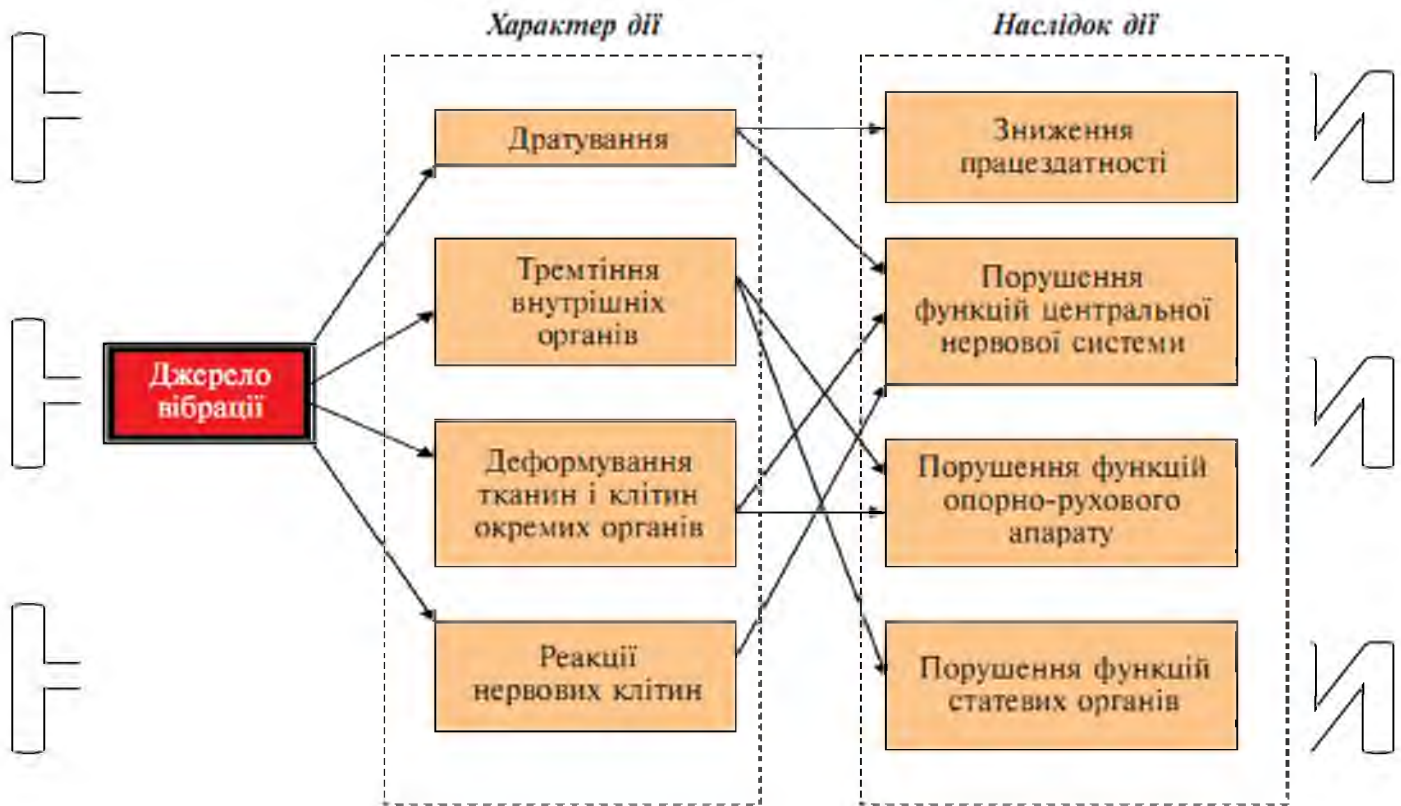


Рис. 5.6. Характер та наслідок дії вібрації на організм людини

Метод зниження інтенсивності вібрації на шляху її поширення

На шляху поширення вібрацію знижують за рахунок таких технічних рішень:

- використання додаткових пристроїв, що вбудовують в конструкцію брикетного преса (віброізоляційні, віброгасні);
- застосування покриття, що демпфує вібрацію;
- використання антифазної синхронізації джерел вібрації.

Ефективним методом зниження рівня вібрації є динамічне віброгасіння.

Засоби динамічного віброгасіння за принципом дії підрозділяються на динамічні й ударні

Існують пружинні, маятникові, ексцентрикові та гідравлічні динамічні віброгасники. Вони являють собою додаткову коливальну систему, що кріпиться на вібруючому агрегаті і набудовану таким чином, що в кожен момент часу збуджуються коливання, що знаходяться у протифазі з коливаннями агрегату.

Ефективність дії віброгасників обмежується агрегатами з дискретною вібрацією практично однієї частоти

Як ударні застосовують віброгасники маятникового, пружинного, плаваючого й камерного типу. Як правило, маятникові ударні віброгасники використовують для зниження вібраційних коливань з частотою 0,4-2 Гц, пружинні – 2-10 Гц, плаваючі – понад 10 Гц.



Рис. 5.7. Класифікація заходів та засобів віброзахисту

Під час отримання цукристих брикетів з рослинної біомаси трапляються опіки рук та можуть трапитися надзвичайні ситуації, причиною яких є гаряча поверхня сушарки, дробарки, пресу та торцювального при-строю. Особливо небезпечними є поверхня головки пресу та паливні брикети після пресування, які можуть тліти і є пожежо-вибухонебезпечними.

Також трапляються опіки, якщо вологість сировини перевищує 8%, це

пов'язано з тим, що під час пресування утворюються парові пробки, сировина вилітає з голівки преса та травмує робітників. Технічне обслуговування преса та пакування брикетів заборонено, якщо їх температура перевищує 40 °С. Під час пресування під великим тиском та високою температурою відбувається термічна деструкція, піроліз поверхні біопаливних брикетів.

Процеси брикетування повинні бути організовані відповідно до нормативно-технічної документації, передбаченою ГОСТ 3.1130. Небезпечні зони дільниць, де здійснюється технологічний процес, повинні позначатися знаками безпеки відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026. Технологічний процес повинен бути організований, щоб відсутній був долік працівників з сировиною та готовими виробами, які перебувають в русі зі швидкістю більше 0,3 м/с (додаток Д).

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

Гарячий прес та інше обладнання, що виділяє тепло, повинно бути обладнане екранами, щоб інтенсивність теплового заручення на робочих місцях не перевищувало 100 Вт/м² відповідно до вимог ГОСТ 12.3.042-88.

Таким чином, аналіз факторів небезпек та оцінка ризиків вибухонебезпечного отримання твердого біопалива з необхідні для модернізації заходів зі зменшення дії небезпечних факторів на організм людини та довкілля (додаток Д), що може призвести до нещасних випадків та надзвичайних ситуацій.

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Біомаса становить 14 % загальносвітового споживання первинних енергоносіїв, за прогнозами експертів застосування біомаси перевищує 800 млн. т у.п., що є 45 % від викопних палив. Біомаса, зокрема солома, є вагомим джерелом відновлювальних ресурсів АПК, надлишки якої спалюються на полях. Упровадження технологій переробки соломи у брикетне паливо дає змогу поповнити паливно-енергетичний потенціал, зменшити витрати на утилізацію відходів та одержати додатковий економічний та екологічний ефекти.

2. Основними перевагами паливних брикетів з аграрної біомаси є такі:

- виготовляються з місцевої біомаси, яка є відновлюваним джерелом енергії і CO_2 -нейтральною;

- замінюють вугілля у тих регіонах, де вугілля є дорогим (5 тис. грн./т і більше), вартість одиниці енергії в брикетах з соломи/лушпиння соняшника може бути до 2 разів менше, ніж у вугілля;

- відповідають вимогам котельних установок, мають вищу екологічність;

- можливість широкого використання в твердопаливних котлах (15-150 кВт), а також у потужних котельнях до ~1 МВт;

- є більш економічними, ніж дрова, при зберіганні й перевезенні за рахунок більшої енергетичної щільності.

- теплотворна здатність в 1,2-1,5 рази більша, ніж в деревини, зрівняна з бурим вугіллям і становить 4,5-5,0 кВт·год./кг.

3. Аналіз технологічних ліній отримання біопаливних брикетів свідчить про їх перспективу, зокрема з продуктивністю 1,5-2 т/год. Для підприємств малої і середньої потужності застосовують гнучкі міні-лінії виробництва паливних брикетів з біомаси, що забезпечують поповнення паливно-енергетичного ресурсу господарства.

4. Важливим показником процесу брикетування є фактор тривалості перебування матеріалу в матриці у стислому стані для **послаблення внутрішнього напруження (релаксації)**. Цей показник залежить від кількості матеріалу, що подається у пресову камеру, та від довжини матричного каналу.

З підвищенням продуктивності преса за рахунок збільшення подачі матеріалу в камеру пресування, щільність брикетів знижується із-за коротшого терміну перебування в матриці соломистої маси.

5. В результаті досліджень та математичних розрахунків визначено:

- залежність збільшення тиску пресування зі збільшенням ущільнення матеріалу дозволяє отримувати брикети із заданими властивостями;

- отримані залежності дозволяють визначити режимні параметри та основні конструктивні характеристики обладнання реалізації процесу брикетування.

- доведена ефективність пресів ударної дії (на брикетуванні соломистих матеріалів, яким притаманні пружні властивості). При тиску пресування 60 МПа найбільшу щільність понад 900 кг/м^3 мали брикети з сумішею завдяки незначній пружній післядії порівняно з соломою. Брикети з «чистої» соломи з фракційним складом біля 80 мм доцільно брикетувати під тиском понад 100 МПа.

- в межах осьових тисків до 60 МПа на соломисті матеріали спостерігається зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя f , майже за прямолінійною залежністю;

- на дослідній установці формувались брикети з щільністю $0,8-1,0 \text{ т/м}^3$ при частоті 200 ударних рухів штемпеля (пуансона) за хвилину, продуктивність для соломи становила 1,5 т/год.; полови - 1,7 т/год.; суміші полови і 30 % зерновідходів - 1,9 т/год.

6. Виконано техніко-економічне обґрунтування виробництва брикетів з соломистих матеріалів для ліній продуктивності 0,5; 2 і 4 т/год. Для проекту з пресами іноземного виробництва продуктивністю 4 т/год внутрішня норма дохідності складає 26,1%, термін окупності капітальних витрат – 4,4 роки. Економічні показники проекту з продуктивністю виробництва брикетів 2 т/год на базі українського обладнання вищі, зокрема, IRR – 34,7%, термін окупності капітальних витрат – 4,2 років. За умови продажу брикетів з соломи зернових культур (за ціною 90 євро/т з ПДВ для продуктивності брикетування 2,0 т/год. термін окупності складає 3,7 років, IRR 34,7%. Таким чином, виробництво брикетів з соломи зернових, круп'яних та подібних культур є економічно доцільним видом діяльності. Приймаємо у проекті прес ударно-механічної дії моделі ПБУ-090-900М для технологічної лінії виробництва брикетів з соломистих матеріалів умовах господарства. Такі преси ударно-механічного типу призначені для отримання брикетів паливних циліндричної форми. Планується переробляти на підприємстві рослинну біомасу, яка придатна як паливо – солома зернових, круп'яних та ін культур, лушпиння, тирса тощо, подрібнену до 3-4 мм та вологістю до 8-12 %.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про альтернативні види палива», ст. 1
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
2. Гелетуха Г.Г., Петрова Ж.О., Корінчук Д.М. та ін. Технології та обладнання для виробництва і споживання альтернативних видів палива. К.: Інститут технічної теплофізики НАН України, 2020. 375 с.
3. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив: монографія / Я.Б. Блюм, І.П. Григорюк, К.В. Дмитрук, В.О. Дубровін та ін. / Держ. Установа «Ін-т харч. біотехнології та геноміки НАН України». Нац. універ. біоресурсів і природокористування України, Вінницький нац. аграр. універ. К.: "Аграр Медіа Груп", 2014. 360 с. ISBN 978-617-646-207-1.
4. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г.М. Забарний, А.В. Шурчков; НАН України. Ін-т техн. теплофізики. К., 2002. 210 с.
5. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А. та ін. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних пелет і брикетів: монографія. К.: НУБІП України, 2021. 248 с.
6. Заміщення природного газу альтернативними паливами: наук. видання / І.М. Карп, Є.Є. Нікітін, К.Є. П'яних, К.К. П'яних; НАН України. Ін-т газу. К.: Наук. думка, 2019. 231 с.
7. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М.В. Роїк, В.Л. Курилю, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик // Цукрові буряки. 2012. № 2-3. С. 6-8. Режим доступу http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2012_2-3_3
8. Альтернативна енергетика: навч. посібник / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, та ін. К.: «Аграр Медіа Груп», 2012. 244 с.
9. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / М.В. Роїк, В.Л. Курилю, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик // Біоенергетика. 2013. № 1. С. 5-10. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_1_2.
10. Global Bioenergy Statistics. WBA, 2019

https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_HQ.pdf

11. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / Лакіда П.І., Гелету́ха Г.Г., Васи́лишин Р.Д. та ін. // ННІ лісового і садово-паркового господарства НУБІП України. К.: Видавничий центр НУБІП України, 2011. 28 с.

12. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, С.В. Драгнєв, та ін. К.: ТОВ «Віодпринт», 2013. 25 с.

13. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка* БАУ №7 / Біоенергетична асоціація України, 2014.

<https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-7-ua.pdf>

14. Кухарець С.М., Ярош Я.Д., Ярош С.В. Оцінка потенціалу сировини рослинного походження для теплових потреб у Житомирській області. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 1 (58), т. 1. С. 230–240.

15. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник, К.: НТУУ "КПІ", 2012. 492 с.

16. Niclas Scott Bentsen, Claus Felby, Bo Jellesmark Thorsen Agricultural residue production and potentials for energy and materials services / *Progress in Energy and Combustion Science* 40 (2014) 59–73.

17. Кудря С.О., Резцов В.Ф., Суржик Т.В. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2008. 55 с.

18. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А., Драгнєв С.В., Баштовий А.І. Потенціал та перспективи енергетичного використання агробіомаси в Україні. *Теплофізика та Теплоенергетика*: Том 42 № 1 (2020), с. 42-51. <https://doi.org/10.311472/tpe.1.2020.5>

19. Peter A. Vadas, Matthew F. Digman Production costs of potential corn stover harvest and storage systems / *Biomass and bioenergy* 54 (2013) 133–139.

НУБІП України

20. Утилізація промислових відходів переробки деревини шляхом створення біопалива: автореф. дис. канд. техн. наук / Р.Я. Батюк; Нац. ун-т "Львів. політехніка" Л., 2008. 18 с.

21. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І. Аналіз можливостей виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси сільськогосподарського походження в Україні. Частина 2. *Термофізика та Теплоенергетика*: Том 41 № 1 (2019), с. 67-73. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.9>

22. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І., Роговський І.Л. Обґрунтування типових проектів виробництва і споживання паливних брикетів з агробіомаси в Україні. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка і енергетика АПК*. 2018, вип. 282, с. 173-181.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2018_282_16

23. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І. Аналіз можливостей виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси сільськогосподарського походження в Україні. Частина 1. *Промислова теплотехніка*. 2018, т. 40, № 4, с. 62-68
<https://doi.org/10.31472/ipte.4.2018.09>

24. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Дроздова О.І. Комплексний аналіз технологій виробництва енергії з твердої біомаси в Україні. Частина 1. Солома. *Промислова теплотехніка*, 2013, т. 35, № 3, с. 56-63
<https://uabio.org/wp-content/uploads/2013/06/complex-analysis-article-zheliezna.pdf>

25. Семірненко С.Л. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від деяких факторів // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. Харків: 2011. Вип. 111. С. 112-120..

26. Хайлис П.А. Механика растительных материалов. К: УААН, 2002, 374с

27. Гелетуха Г.Г. Науково-технічні засади виробництва енергії з біологічних видів палива: дис. ... д-р техн. наук: 05.14.08. Київ, 2021. 332 с.

28. Сарана В.В., Кухарець С.М., Гудзенко М.М. Багато-критеріальна оцінка сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів

переробки сільськогосподарських культур і деревини. *Науковий вісник НУБіП України.*

Серія техніка та енергетика АПК. 2010. Вип. 14, ч. 3. С. 190-197.

29. Єременко О.І., Лук'янець В.О. Дослідження та вдосконалення живильного

пристрою перспективного брикетного преса. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь: 2014. Вип. 4, Т. 2. С.

146-156. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>

30. 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.

31. Патент на корисну модель № 141514 Україна. МПК В30В 9/28. Пристрій ударної дії для отримання біопаливних брикетів. О.І. Єременко, О.В. Войналович. Опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8. 4 с. іл.

32. 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.

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

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

35. Єременко О.І., Субота С.В. Аналіз віброударного пресування рослинної маси

з уточненням математичної моделі процесу. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ».* Глеваха, 2021. Вип. № 14 (113). С. 173-183.

36. 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.

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

38. Hughes, C.E., Bailey, C.D. 2019. The evolutionary history of *Leucaena*: Recent research, new genomic resources and future directions. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(2), 65-73.

39. Патент на корисну модель № 141614 Україна МПК В30В 9/28. Шнековий живильник-ущільнювач ударного брикетного преса. О.І. Єременко, О.В. Войналович, В.О. Лукянець. Опубл. 2021, Бюл. № 3 с. іл.

40. Єременко О.І., Паянок О.В. Перспективи розвитку засобів для виготовлення паливних брикетів // *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки*. Вінниця: ВНАУ, 2012. № 11, т. 1. С. 327-331.

41. Проскурня О.М. Ганус О.І. Економіка в енергетиці: навч. посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2012. 272 с.

42. Електронний ресурс: Техніко-економічне обґрунтування в енергетиці.
Режим доступу: <http://iknet.com.ua>

43. Електронний ресурс: Техніко-економічне обґрунтування. Оцінка впливу на навколишнє середовище. Заключний звіт № 1606-69-Т7, 2015р . Режим доступу: http://uhe.gov.ua/content/files/zakluchniy_zvit_kah2.pdf

44. Агафонова Л.Г., Рога О.В. Підготовка бізнес-плану: практикум. К.: Знання, 2001. 278 с.

45. Ярошенко Т.Ф. Безпека життєдіяльності в інженерних рішеннях: навчальний посібник. Суми, Довкілля, 2003. 390 с.

46. Працезохоронні засади у схемах, таблицях і графіках / О.В. Войналович. К.: Основа, 2014. 88 с.

47. Основи охорони праці: підручник / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. К.: Основа, 2003. 472 с.

48. Войналович О.В. Працезохоронні засади у схемах, таблицях і графіках. К.: Основа, 2014. 142 с.

49. Жидецький В.І., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: навч. посібник. Львів: Афіша, 2000. 348 с.

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

51. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник. 2-ге вид. Д.: НГУ, 2014.

271 с.

НУБІП України

НУБІП України


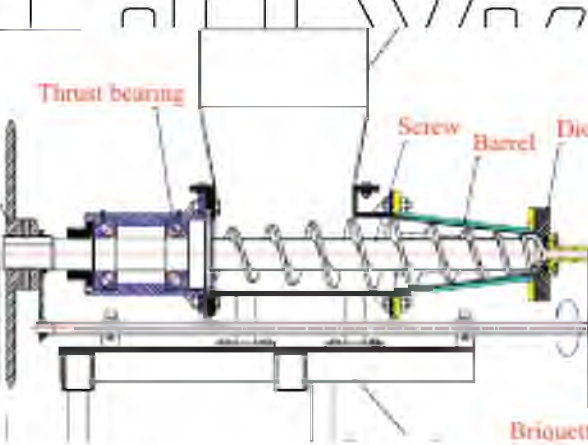
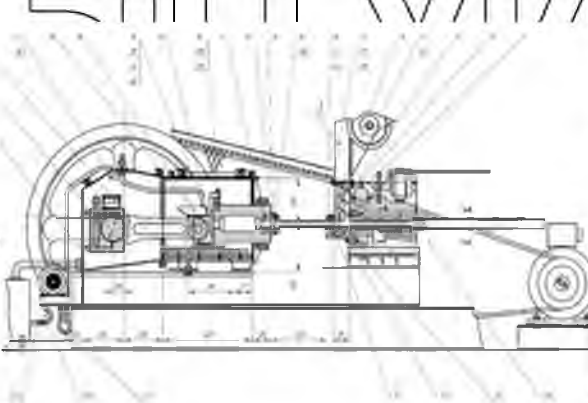
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А – Класифікація брикетних пресів біомаси

Типи пресів	Схема, принцип роботи	Короткий опис
Гідравлічні поршневі		<p>Принцип дії полягає у подачі вертикальним штовхачем сировини 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 активізатором направляється в зону шнекового попереднього ущільнення. Далі протікає процес подальшого пресування в камері конусного шнека. Брикет формується з одночасним нагріванням у технологічному каналі матриці</p>
Ударно-механічної дії (штемпельні, пуансонні)		<p>Завантаження камери пресування з попереднім ущільненням матеріалу виконується живильником дозатором. Штемпельний або пуансонний робочий орган ударно-механічною дією пресує і проштовхує брикет у формувальному каналі матриці.</p>

Додаток Б – Типові лінії брикетування рослинних матеріалів у паливо

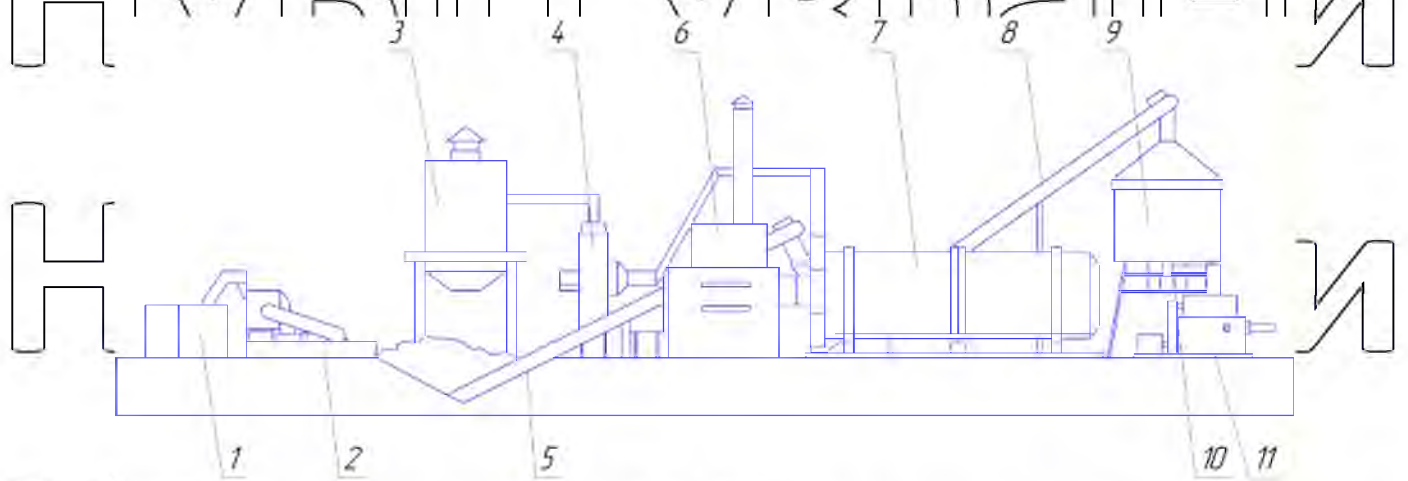


Рис. Б1. Схема технологічної лінії брикетування на базі преса ударної дії:

1 – бункер сировини; 2 – подрібнювач; 3 – циклон; 4 – вентилятор; 5, 8 – транспортери шнекові; 6 – теплогенератор; 7 – барабанна сушарка; 9 – бункер накопичувач; 10 – живильник; 11 – брикетний прес

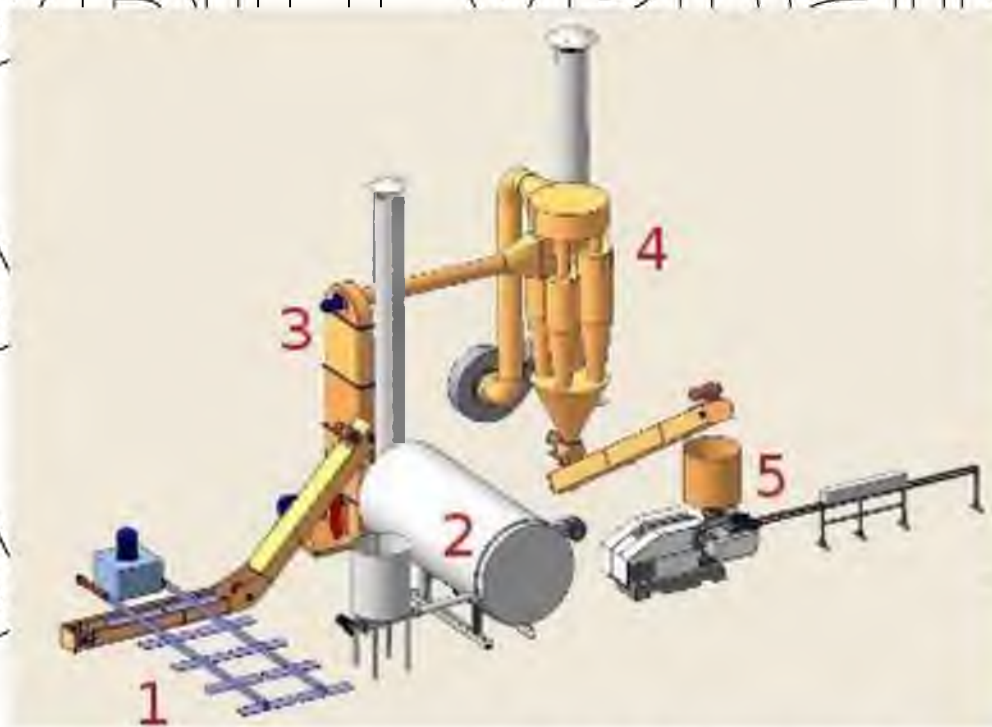


Рис. Б2. Схема універсальної технологічної лінії брикетування біомаси

Сировина надходить на «рухливе дно» 1. Матеріали подрібнюються дробаркою і сінка фракція і переміщуються на склад. Біомаси надходить в еушарку 3, де повітря, нагріте у теплогенераторі 2. Висушена маса до вологості 8-12% осідає в цинлоні 4. Сировина подається в бункер преса 5, наприклад, C.F. Nielsen BP 6500 (Данія) (рис. Б3) або EB-350 Bronto (Україна). Для повного комплектування такої лінії брикетування потрібні охолоджувач та пристрій упаковки.

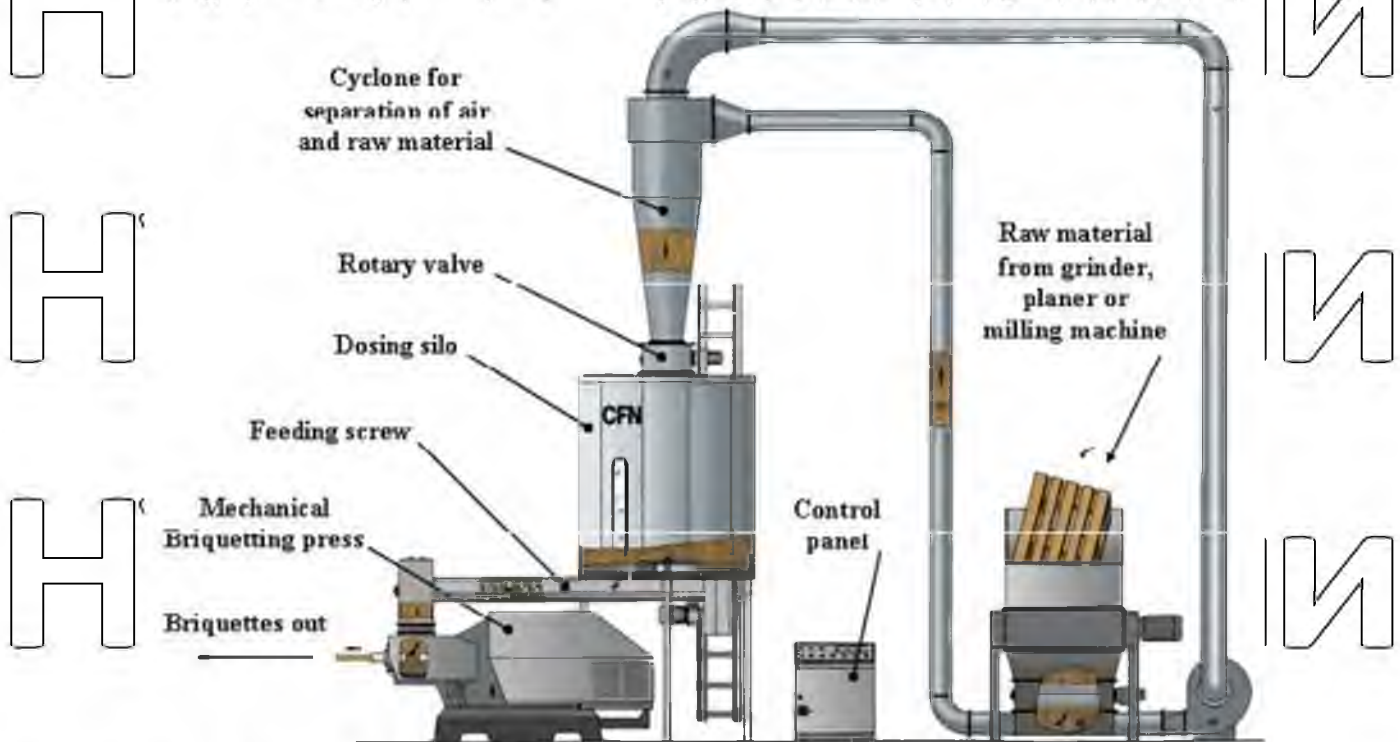


Рис. Б3. Схема брикетної лінії на базі фірми C.F. Nielsen

Також набувають поширення лінії (рис. Б4), де соломка в рулонах надходить на приймальний стіл (19), потім - на подрібнювач рулонів (18). Подрібнена соломка пневмотранспортом направляється на механізований склад (1). Сировинна біомаса прямує до підйомника (2), а далі надходить на дисковий сепаратор (3). Потім біомаса потрапляє у секцію сушіння-подрібнення (4).

Динамічний класифікатор, частота якого задається з пульта керування (15), пропускає підготовлену сировину, а неліквідні частинки біомаси повертає до агрегату.

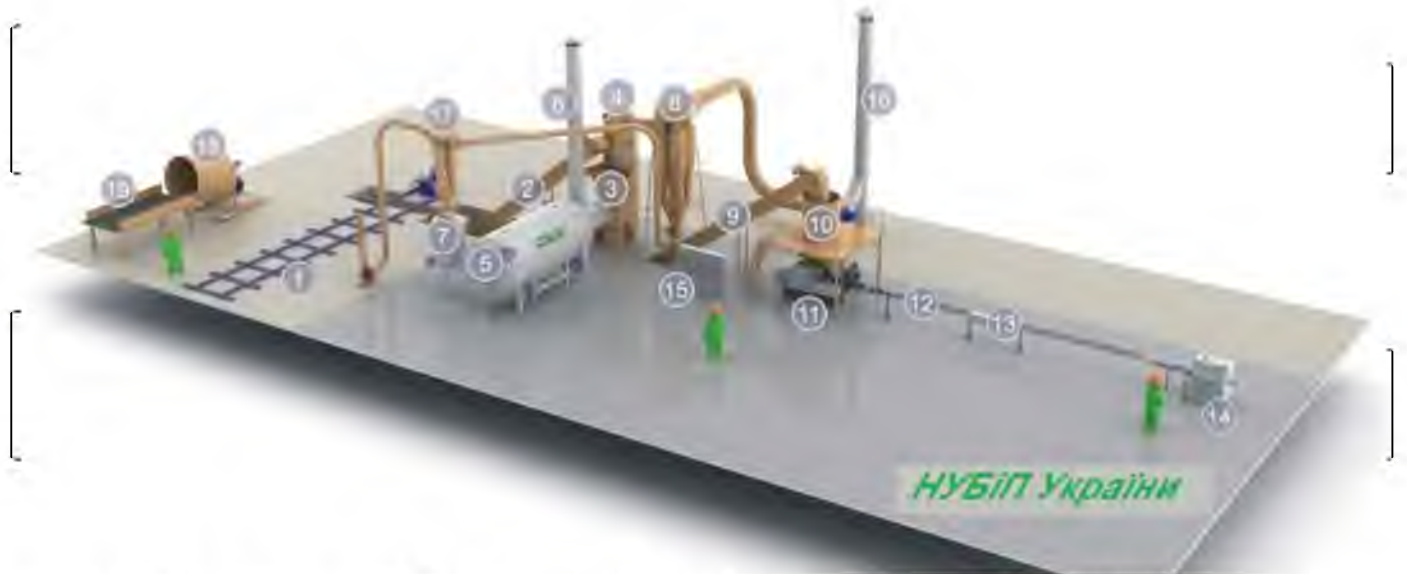


Рис. Б4. Схема лінії виробництва паливних брикетів з соломистих матеріалів

НУБІП України

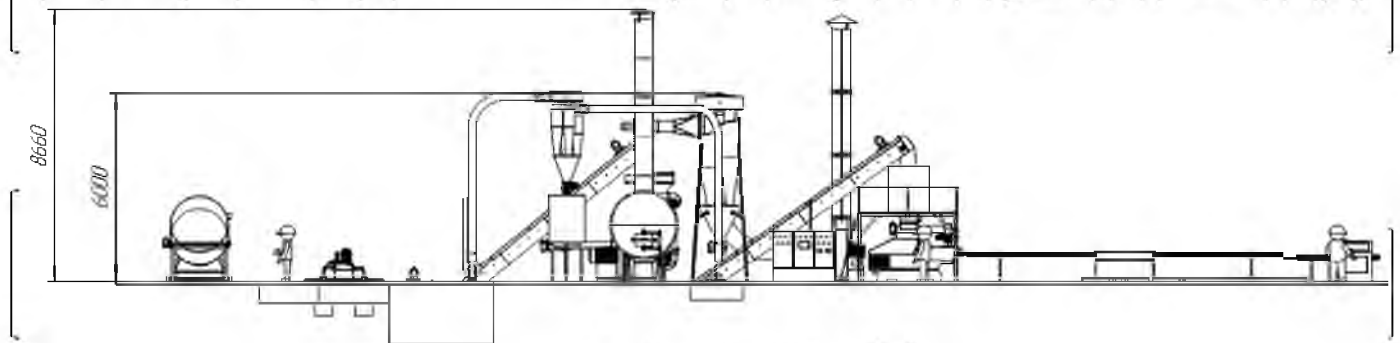
Подрібнена і висушена сировина засмоктується в циклон (8). З циклону сировина через шлюзовий затвор подається в транспортер (9) і далі надходить в бункер брикетного преса (10). З бункера біомаса направляється в брикетний прес (11) в камеру брикетування. Брикети, що виходять із преса, мають високу температуру, тому направляються у тунельний охолоджувач брикетів (12). В результаті вони набувають необхідну твердість, вологість і температуру. Потім брикети надходять на пункт упакування, на склад готової продукції.

НУБІП України

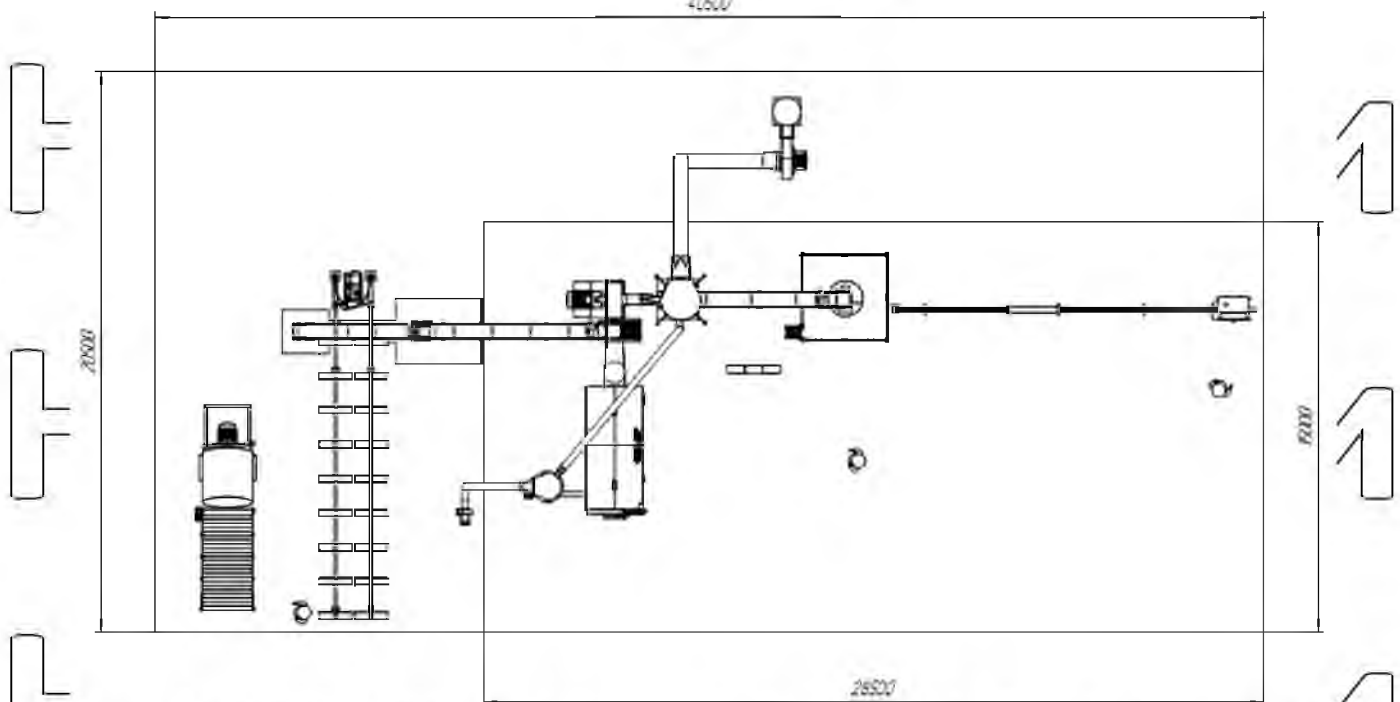
НУБІП України

НУБІП України

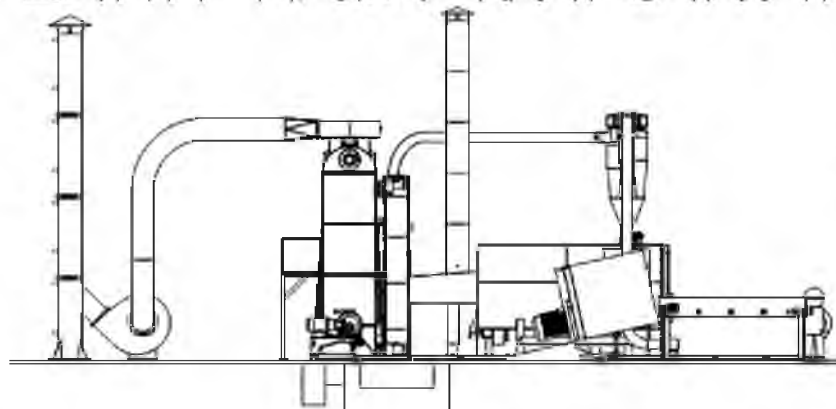
Додаток В – Розроблена у проєкті технологічна лінія виробництва паливних брикетів із соломистих матеріалів: продуктивність 1,5-2,0 т/год.



а) вид основний



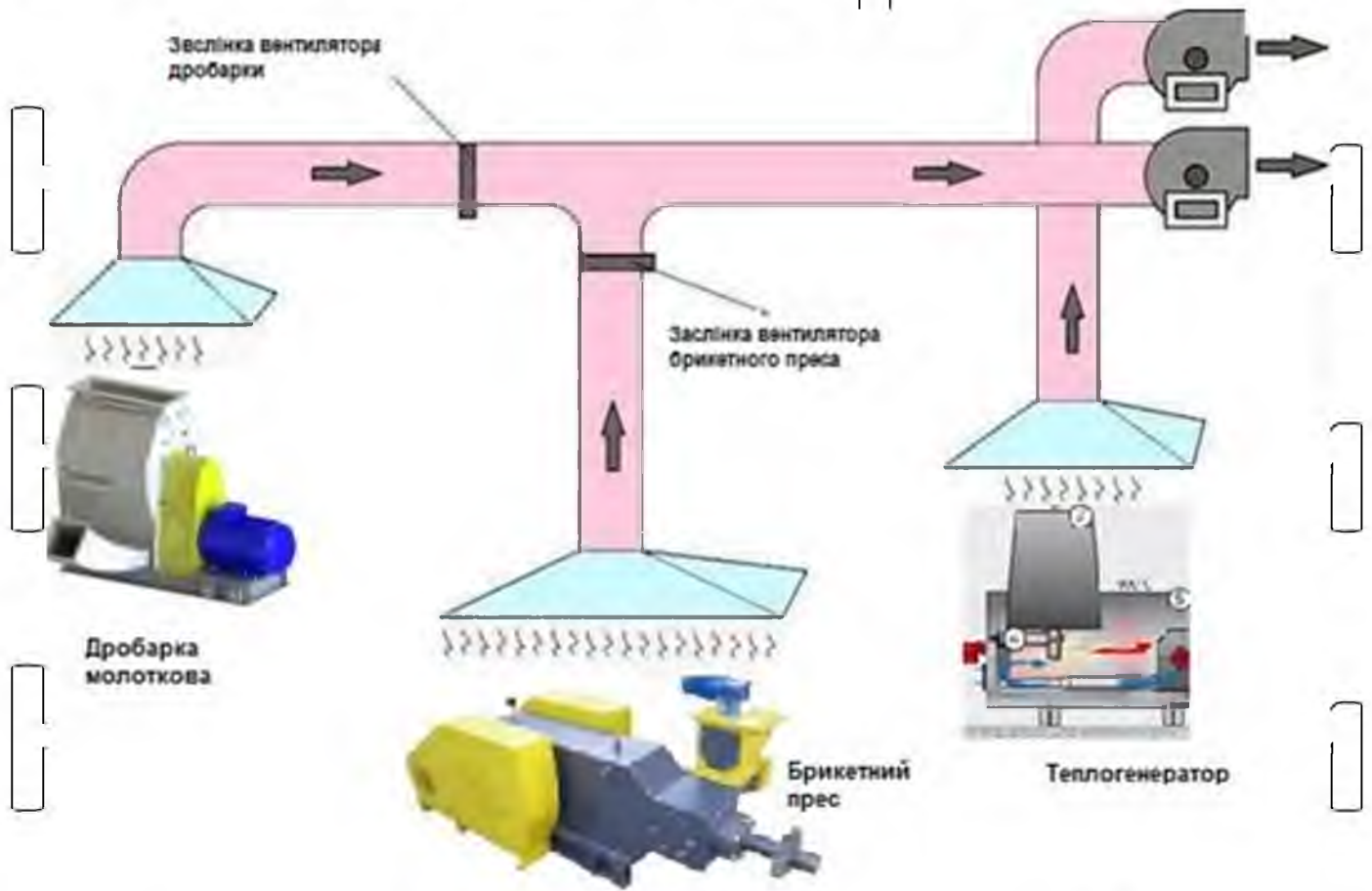
б) проєкція зверху



в) вид з боку

НУБІП України

Додаток Д – Схема до зниження впливу шкідливих чинників на брикетуванні ударним пресом соломистих матеріалів



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України