

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення преса для виготовлення брикетів із побічної
продукції кукурудзи**

Виконав: здобувач 4 курсу групи АІ-2-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Задікіян Станіслав Русланович _____

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Задікіян Станіслав Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення преса для виготовлення брикетів із побічної продукції кукурудзи

Керівник роботи Золотовська Олена Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз виробничої діяльності підприємства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту. Аналіз конструктивно-режимних параметрів преса для виробництва брикетів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Обґрунтування існуючих технологій, конструкцій та обґрунтування теми дипломного проєкту 2. Обґрунтування пресів для виготовлення брикетів. 3 Конструкторська проробка проєкту. 4. Охорона праці та захист навколишнього

середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проєктних рішень. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Огляд пресів для брикетування (A1). 2. Прес. Загальний вигляд. (A1). 3. Шнек зі змінним кроком (A2). Матриця шнека. Брикетувальний елемент (A2). 4. Прес камера. (A2). Вузол виходу брикету (A3). Фланець кріплення прес-камери (A3). 5. Економічна оцінка проєкту.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,5	Золотовська О.В., доцент		
Нормо-контроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: 09.03.2026 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика господарства	11.03.26-11.04.26	
2	Аналіз актуальності проєкту	13.03.26-13.05.26	
3	Технологічно-конструктивний	14.04.26-21.05.26	
4	Охорона праці	15.04.26-20.05.26	
5	Економічний	19.04.26-7.06.26	
6	Графічна частина	10.05.65-7.06.65	

Здобувач

(підпис)

Задікіян С.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Золотовська О.В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Задікіян С.Р. Удосконалення преса для виготовлення брикетів із побічної продукції кукурудзи/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026

У дипломній роботі розглянуто питання ефективного використання побічної продукції кукурудзи шляхом її переробки у паливні брикети. Проведено аналіз існуючих способів утилізації рослинних залишків та обґрунтовано доцільність застосування брикетування як найбільш ефективного напрямку їх використання.

Виконано огляд конструкцій пресів для брикетування біомаси та обґрунтовано вибір шнекового преса. Розроблено конструкцію удосконаленого преса з конічною прес-камерою, що забезпечує поступове ущільнення матеріалу, підвищення стабільності процесу та покращення якості брикетів.

Проведено інженерний розрахунок основних конструктивних параметрів преса, визначено продуктивність, потужність приводу та умови ефективної роботи обладнання. Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Виконано техніко-економічне обґрунтування, за результатами якого встановлено, що річний обсяг виробництва становить 144 т, прибуток - понад 160 тис. грн, а економічний ефект від удосконалення конструкції преса - близько 113 тис. грн на рік.

Отримані результати підтверджують ефективність використання побічної продукції кукурудзи як альтернативного джерела енергії та доцільність впровадження розробленого обладнання.

Ключові слова: біомаса, побічна продукція кукурудзи, брикетування, прес-камера, ущільнення, паливні брикети, енергоефективність

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	7
1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСТВА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРЕСА ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КУКУРУДЗИ	9
1.1 Загальна характеристика господарства	9
1.2 Земельні ресурси та структура посівних площ	10
1.3 Виробнича діяльність господарства	11
1.4 Матеріально-технічна база господарства	12
1.5 Аналіз утворення та використання побічної продукції кукурудзи	13
1.6 Енергетичні потреби господарства та можливість використання брикетів	14
Висновки	15
2 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	16
2.1 Характеристика побічної продукції кукурудзи як сировини для брикетування	16
2.2 Аналіз способів використання побічної продукції кукурудзи	21
2.2.1 Спалювання побічної продукції	21
2.2.2 Компостування	22
2.2.3 Використання побічної продукції кукурудзи у біогазових установках	24
2.2.4 Брикетування побічної продукції кукурудзи	26
2.3 Огляд пресів для брикетування біомаси	27
Висновки	30
3 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО ПРЕСА	31
3.1 Конструктивний розрахунок пристрою	34
Висновки	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	46
4.1 Загальні положення з охорони праці	46
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	46
4.3 Вимоги безпеки при експлуатації преса	47
4.4 Заходи щодо зниження впливу шкідливих факторів	47
4.5 Екологічні переваги удосконаленого преса	48
Висновки	50
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	52
Висновки	64
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Сільське господарство України щороку виробляє значні обсяги продукції, серед яких важливе місце займає кукурудза. Разом із зерном утворюється велика кількість рослинних залишків - стебел, качанів, обгорток. У більшості випадків ця побічна продукція або залишається на полях, або використовується неефективно, хоча вона має значний енергетичний потенціал.

У сучасних умовах, коли зростає вартість енергоресурсів і актуальним стає питання енергозбереження, особливого значення набуває використання біомаси як альтернативного джерела енергії. Одним із найбільш зручних способів її використання є виготовлення паливних брикетів. Таке паливо легко транспортувати, зберігати та використовувати, а також воно є більш екологічним порівняно з традиційними видами палива.

Разом з тим, процес брикетування кукурудзяних залишків має свої труднощі. Сировина є пухкою, волокнистою і часто має нерівномірну вологість, що ускладнює її ущільнення. Через це існуючі преси не завжди забезпечують достатню щільність брикетів і потребують значних енерговитрат. У деяких випадках процес стає нестабільним, а якість готової продукції - нерівномірною.

Саме тому виникає необхідність удосконалення пресів для брикетування, з урахуванням особливостей кукурудзяної сировини. Покращення конструкції обладнання та правильний вибір режимів роботи дозволять підвищити ефективність процесу, зменшити витрати енергії та отримати якісні брикети.

Таким чином, тема дипломного проєкту є актуальною і спрямована на вирішення практичного завдання - більш ефективного використання побічної продукції кукурудзи.

Метою роботи є вдосконалення преса для виготовлення брикетів та обґрунтування його основних параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати існуючі способи брикетування, дослідити властивості сировини, запропонувати конструктивні зміни преса, виконати необхідні розрахунки та оцінити ефективність запропонованого рішення.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСТВА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРЕСА ДЛЯ БРИКЕТУВАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КУКУРУДЗИ

1.1 Загальна характеристика господарства

Базою для виконання дипломного проєкту є сільськогосподарське підприємство, діяльність якого пов'язана з вирощуванням зернових і технічних культур, зокрема кукурудзи на зерно. Господарство розташоване в зоні, сприятливій для ведення аграрного виробництва, має достатній земельний фонд, виробничу базу та матеріально-технічне забезпечення для виконання основних технологічних операцій.

Природно-кліматичні умови регіону характеризуються помірно континентальним кліматом, теплим літом та відносно м'якою зимою. Такі умови є сприятливими для вирощування кукурудзи, яка належить до теплолюбних культур і потребує достатньої кількості тепла упродовж вегетаційного періоду. Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами, що мають високий природний потенціал родючості та забезпечують формування стабільних урожаїв сільськогосподарських культур.

Основним напрямом діяльності господарства є виробництво продукції рослинництва. У структурі посівних площ важливе місце займають зернові культури, серед яких кукурудза є однією з провідних. Саме вирощування кукурудзи забезпечує не лише отримання товарного зерна, але й формування значної кількості побічної продукції у вигляді стебел, листя, обгорток і стрижнів качанів.

Господарство має виробничі приміщення, машинно-тракторний парк, зерносклади, транспортні засоби та іншу інфраструктуру, необхідну для ведення виробничої діяльності. Водночас аналіз існуючого технологічного забезпечення показує, що питання раціонального використання рослинних залишків залишається недостатньо вирішеним. Значна частина побічної

продукції кукурудзи або залишається на полі, або використовується неефективно, що обумовлює актуальність розробки та впровадження технічних рішень для її переробки.

1.2 Земельні ресурси та структура посівних площ

Земельні ресурси є основою виробничої діяльності будь-якого аграрного підприємства, оскільки саме вони визначають можливості вирощування сільськогосподарських культур, спеціалізацію та обсяги виробництва. Загальна площа земель господарства включає рілля, сіножаті, пасовища, господарські двори та інші угіддя. Провідне місце в структурі землекористування займає рілля, що є характерним для підприємств зернового напрямку.

Структура посівних площ формується з урахуванням спеціалізації господарства, агротехнічних вимог, економічної доцільності та сівозмін. Основу посівів становлять зернові культури, серед яких кукурудза посідає важливе місце завдяки своїй високій урожайності та значному попиту на зерно. Крім того, вона характеризується високим рівнем формування побічної продукції, що створює додаткову сировинну базу для виробництва твердого біопалива.

Таблиця 1.1

Структура посівних площ

№	Культура	Площа, га	Частка, %
1	Кукурудза	1400	43,8
2	Пшениця	900	28,1
3	Соняшник	600	18,8
4	Ячмінь	200	6,3
5	Інші культури	100	3,0
	Разом	3200	100

Найбільшу частку у структурі посівних площ займає кукурудза - 43,8 %, що підтверджує її ключову роль у виробничій діяльності господарства. Саме

це забезпечує значний обсяг побічної продукції, яка може бути використана для брикетування.

Збільшення площ під кукурудзою сприяє не лише зростанню валового збору зерна, а й накопиченню значних обсягів рослинної маси. За середнім співвідношенням маси побічної продукції до маси зерна на рівні 1,3 можна зробити висновок, що при вирощуванні кукурудзи господарство щорічно отримує великий обсяг сировини, придатної для брикетування.

Аналіз структури посівних площ дозволяє стверджувати, що господарство має достатню сировинну базу для впровадження технології брикетування. Вирощування кукурудзи на значних площах забезпечує регулярне надходження біомаси, що є важливою передумовою ефективної роботи преса.

1.3 Виробнича діяльність господарства

Основним показником ефективності діяльності господарства є обсяги виробництва сільськогосподарської продукції. У рослинництві вони визначаються посівною площею, урожайністю культур та валовим збором. Для кукурудзи характерна висока продуктивність, що забезпечує їй важливе місце в економіці господарства.

Виробнича діяльність підприємства спрямована передусім на отримання зерна як товарної продукції. Проте разом із зерном утворюється велика кількість побічної продукції, яка часто не розглядається як самостійний цінний ресурс. У традиційній практиці господарювання після збирання кукурудзи рослинні залишки подрібнюються і залишаються на полі, частково використовуються як органічна маса або взагалі не знаходять подальшого застосування. Такий підхід призводить до втрати значного енергетичного потенціалу.

Аналіз виробничої діяльності показує, що при стабільному вирощуванні кукурудзи підприємство має можливість щорічно накопичувати достатню

кількість рослинної сировини для подальшої переробки. Це створює передумови для організації додаткового напрямку діяльності, пов'язаного з виготовленням паливних брикетів. Таким чином, побічна продукція кукурудзи може бути розглянута не як відхід, а як вторинний ресурс, здатний приносити господарству додатковий економічний ефект.

1.4 Матеріально-технічна база господарства

Ефективність виробничої діяльності значною мірою залежить від рівня забезпеченості господарства технічними засобами. Машинно-тракторний парк підприємства включає трактори різних тягових класів, зернозбиральні комбайни, ґрунтообробні машини, сівалки, транспортні засоби та обладнання для післязбиральної обробки зерна. Така технічна база дозволяє виконувати основні польові та транспортні операції у встановлені агротехнічні строки.

Разом з тим, у структурі технічного забезпечення часто відсутнє спеціалізоване обладнання для переробки побічної продукції рослинництва. Унаслідок цього частина біомаси не залучається до господарського обороту. Впровадження шнекового преса для брикетування дозволить розширити функціональні можливості господарства та забезпечити більш повне використання сировинного потенціалу.

Таблиця 1.2

Склад матеріально-технічної бази

№	Найменування техніки	Марка, модель	Кількість, шт
1	Трактор	МТЗ-82	4
2	Трактор	МТЗ-1221	2
3	Трактор	John Deere 8430	1
4	Зернозбиральний комбайн	CLAAS Lexion 580	1
5	Зернозбиральний комбайн	Нива СК-5	1
6	Сівалка зернова	СЗ-3,6	3
7	Сівалка просапна	УПС-8	2
8	Культиватор	КПС-4	3
9	Культиватор міжрядний	КРН-5,6	2
10	Дискова борона	БДТ-7	2

11	Плуг	ПЛН-5-35	2
12	Подрібнювач рослинних решток	ПР-2,6	2
13	Причіп тракторний	2ПТС-4	4
14	Автомобіль вантажний	КамАЗ-5511	2
	Разом		31

Наявність транспортних засобів і механізмів для збирання та подрібнення рослинних решток полегшує організацію технологічного процесу брикетування. Якщо господарство має складські приміщення або майданчики для зберігання сировини і готової продукції, це додатково підвищує перспективи впровадження розроблюваного обладнання.

Таким чином, існуюча матеріально-технічна база господарства створює необхідні передумови для використання удосконаленого преса, а відсутність спеціалізованого обладнання для брикетування визначає актуальність даної розробки.

1.5 Аналіз утворення та використання побічної продукції кукурудзи

Побічна продукція кукурудзи включає стебла, листя, стрижні качанів та обгортки. Усі ці компоненти мають значний енергетичний потенціал і можуть використовуватися як сировина для виробництва паливних брикетів. Обсяг утворення такої продукції безпосередньо залежить від урожайності зерна та площі посіву культури.

У більшості господарств після збирання кукурудзи побічна продукція залишається на полі. Частково це має позитивне значення для ґрунту, однак надмірне накопичення рослинних решток ускладнює подальші агротехнічні операції та не завжди є економічно виправданим. Крім того, значна частина біомаси втрачається як потенційне паливо.

З погляду енергетичного використання побічна продукція кукурудзи має ряд цінних властивостей. Після висушування та подрібнення вона може бути ущільнена у вигляді брикетів, які мають високу щільність, зручні для

транспортування і зберігання та можуть використовуватися як паливо в твердопаливних котлах. Таким чином, використання цієї сировини дозволяє отримати додаткову товарну продукцію та підвищити рівень енергонезалежності господарства.

Таблиця 1.3

Утворення побічної продукції кукурудзи

Показник	Значення
Площа посіву кукурудзи, га	1400
Урожайність, т/га	7,5
Валовий збір зерна, т	10500
Коефіцієнт побічної продукції	1,3
Обсяг побічної продукції, т	13650

Таблиця 1.4

Напрями використання побічної продукції

Напрямок	Частка, %
Залишається на полі	60
Як добриво	20
Втрачається	15
Використовується ефективно	5

З розрахунків видно, що обсяг побічної продукції кукурудзи перевищує 13650 тонн на рік, що є значним ресурсом для виробництва біопалива. Навіть часткове використання цієї сировини забезпечує ефективну роботу преса.

Саме тому впровадження преса для брикетування є технічно та економічно обґрунтованим рішенням.

1.6 Енергетичні потреби господарства та можливість використання брикетів

Сучасне аграрне підприємство потребує значних обсягів енергії для опалення виробничих і складських приміщень, сушіння зерна, забезпечення роботи майстерень та інших господарських потреб. У традиційному варіанті

для цього використовуються природний газ, вугілля, дрова або електроенергія, що потребує значних фінансових витрат.

В умовах зростання вартості енергоносіїв та нестабільності їх постачання все більшої актуальності набуває використання місцевих альтернативних видів палива. Паливні брикети з побічної продукції кукурудзи можуть частково або повністю замінити традиційне тверде паливо, що дозволяє скоротити витрати на енергозабезпечення.

Крім прямої економії коштів, використання брикетів має й організаційні переваги. Брикети є зручними в обігу, мають стабільні розміри, достатню міцність і високу щільність, що значно полегшує їх транспортування, зберігання та дозовану подачу в топки. Для господарства це означає можливість створення власної паливної бази на основі відходів основного виробництва.

Таким чином, упровадження преса для брикетування дозволяє не тільки розв'язати проблему утилізації побічної продукції кукурудзи, але й сприяє формуванню власного енергетичного ресурсу підприємства.

Висновки

Проведений аналіз господарства показав, що підприємство має достатню земельну площу, спеціалізується на вирощуванні зернових культур і, зокрема, кукурудзи, що забезпечує стабільне утворення значної кількості побічної продукції. Наявна матеріально-технічна база дозволяє організувати збирання, транспортування та підготовку рослинної сировини до переробки.

Встановлено, що побічна продукція кукурудзи в господарстві використовується недостатньо ефективно, хоча має значний енергетичний потенціал. У зв'язку з цим її переробка у паливні брикети є доцільним напрямом підвищення ефективності виробництва. Використання брикетів дозволить зменшити витрати на енергоносії, підвищити рівень енергонезалежності підприємства та покращити екологічні показники виробництва.

2 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Характеристика побічної продукції кукурудзи як сировини для брикетування

Кукурудза є однією з найбільш поширених та високопродуктивних сільськогосподарських культур в Україні. Вона формує значну кількість як основної продукції (зерна), так і побічної біомаси - стебел, листя, обгортки і стрижнів качанів.

Завдяки широкому поширенню культури у різних агрокліматичних зонах України (Степ, Лісостеп, Полісся) щорічно утворюються значні обсяги рослинних залишків, які можуть бути використані як сировина для виробництва твердого біопалива.

Важливе значення для формування та подальшого використання побічної продукції мають технології збирання кукурудзи на зерно. Від способу збирання залежить кількість, склад і стан рослинної маси, яка може бути використана для брикетування.

Існує кілька основних технологічних схем збирання кукурудзи (рис.2.1) [55]:

- збирання кукурудзозбиральними комбайнами з отриманням качанів (з обгортками або без них) з подальшою доробкою;
- збирання зернозбиральними комбайнами з кукурудзяними жатками;
- збирання із застосуванням спеціалізованих технологій (ЗСС).

На сучасному етапі найбільш поширеним є збирання зернозбиральними комбайнами з кукурудзяними жатками, при якому відбувається обмолот качанів безпосередньо в полі, а стеблова маса подрібнюється і розкидається по поверхні ґрунту. Такий спосіб є економічно вигідним, оскільки дозволяє зменшити витрати праці та палива.

Разом з тим, при такій технології значна частина побічної продукції залишається на полі і не використовується. Це створює передумови для її збору та подальшої переробки у біопаливо.

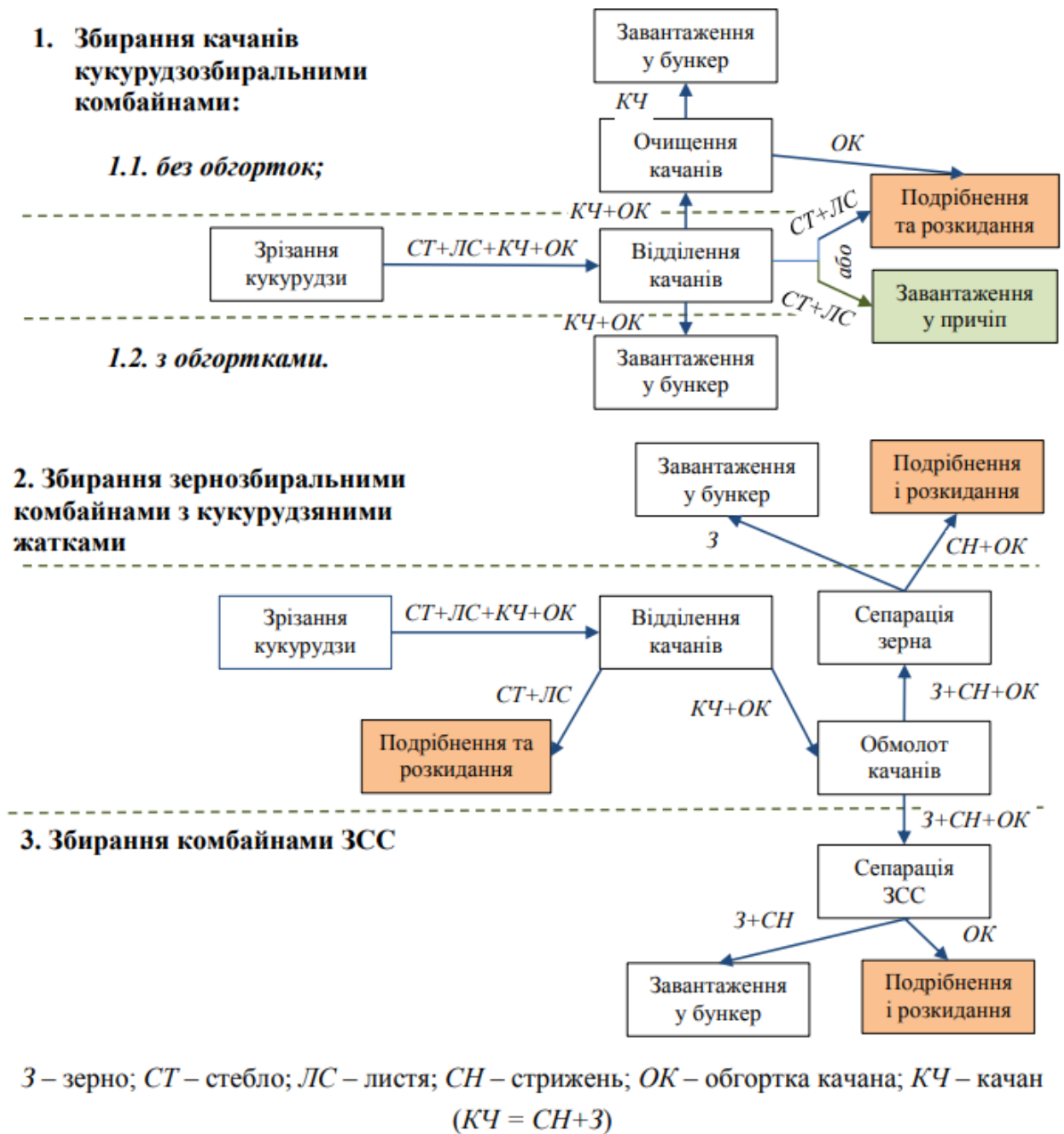


Рисунок 2.1 – Технології збирання кукурудзи на зерно

На рисунку 2.1 наведено основні технологічні схеми збирання кукурудзи на зерно, які відрізняються способом обробки качанів та поведінням з побічною продукцією.

Перша схема передбачає збирання кукурудзи у вигляді качанів із подальшою доробкою на стаціонарі. При цьому можливі два варіанти: без очищення качанів від обгорток або з їх попереднім очищенням. У цьому випадку формується потік матеріалу у вигляді качанів, що містять зерно, стрижень і обгортки. Побічна продукція може частково відбиратися та використовуватися окремо. Друга схема, яка є найбільш поширеною, передбачає збирання кукурудзи зернозбиральними комбайнами з кукурудзяними жатками. У процесі роботи відбувається зрізання рослин, відділення качанів, їх обмолот, сепарація зерна та подрібнення стеблової маси. При цьому зерно накопичується у бункері комбайна, а побічна продукція (стебла, листя, обгортки, стрижні) подрібнюється і розкидається по полю. Третя схема базується на використанні спеціалізованих технологій, при яких здійснюється більш повне використання біологічного врожаю. У цьому випадку можливе отримання суміші зерна, стрижнів та обгорток з подальшою сепарацією. Аналіз представлених схем показує, що при сучасних технологіях збирання основна частина побічної продукції залишається на полі у подрібненому вигляді. Це створює значний резерв біомаси, який може бути використаний для виробництва твердого біопалива. Разом з тим, подрібнення і розкидання рослинних залишків ускладнює їх подальший збір, що потребує додаткових технологічних операцій. Крім того, така біомаса характеризується низькою щільністю та підвищеною вологістю, що ускладнює її транспортування і переробку. Таким чином, технології збирання кукурудзи безпосередньо впливають на можливість використання побічної продукції як сировини для брикетування та визначають вимоги до обладнання для її ущільнення. Збирання кукурудзи здійснюється при вологості зерна в межах 20–40%, що суттєво впливає і на вологість побічної продукції. Підвищена вологість рослинних залишків ускладнює їх подальшу переробку, зокрема процес брикетування, і вимагає додаткового сушіння. Крім того, строки збирання мають важливе значення. Затримка збирання призводить до втрат врожаю, але водночас може сприяти зниженню вологості біомаси. У практиці

господарств інколи свідомо відкладають збирання для зменшення вологості зерна, що впливає і на властивості рослинних залишків.

Таким чином, технологія збирання кукурудзи безпосередньо впливає на:

- кількість доступної біомаси;
- її фізичний стан;
- вологість та придатність до переробки.
- Побічна продукція кукурудзи характеризується:
- низькою насипною щільністю;
- волокнистою структурою;
- неоднорідністю складу;
- змінною вологістю.

Ці властивості значно ускладнюють процес ущільнення та вимагають застосування спеціалізованого або удосконаленого обладнання для брикетування.

Отже, побічна продукція кукурудзи є перспективною сировиною для виробництва твердого біопалива, однак її ефективне використання потребує вдосконалення технологічних процесів і конструкцій пресів.

Побічна продукція кукурудзи, що утворюється під час вирощування та збирання культури, включає стебла, листя, стрижні та обгортки качанів. Ці компоненти формують значний обсяг біомаси, який може бути використаний у різних напрямках, зокрема для виробництва енергетичного палива.

Співвідношення маси побічної продукції до маси зерна залежить від гібриду, умов вирощування та агротехнічних заходів, однак у середньому може бути прийняте на рівні 1,3. Це означає, що при отриманні 1 т зерна утворюється близько 1,3 т рослинних залишків.

Структура кукурудзяної рослини та співвідношення її основних частин наведено на рисунку 2.2.

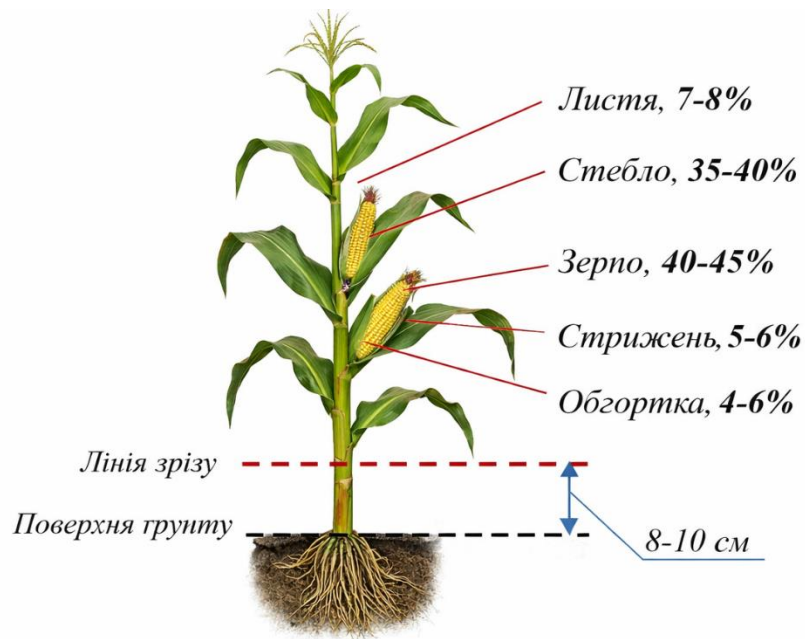


Рисунок 2.1 – Співвідношення основних частин кукурудзи

Аналіз структури рослини показує, що найбільшу частку становить стеблова маса (35–40%), зерно 40–45%, листя 7–8%, стрижень 5–6% та обгортки качанів 4–6%.

У сучасних технологіях збирання кукурудзи на зерно побічна продукція, як правило, подрібнюється та розкидається по поверхні поля. У випадку відсутності подрібнювачів на комбайнах застосовуються додаткові машини - мульчувачі, які забезпечують подрібнення і рівномірний розподіл рослинних решток.

Такий підхід має агротехнічні переваги, оскільки сприяє поверненню органічної речовини у ґрунт, однак з енергетичної точки зору призводить до втрати значного потенціалу біомаси.

Згідно з розрахунковими даними, загальний потенціал побічної продукції кукурудзи в Україні є дуже значним і обчислюється десятками мільйонів тонн щорічно. Основну частку становлять стебла та листя, які можуть бути використані як сировина для виробництва біопалива.

Побічна продукція кукурудзи може використовуватися у таких напрямках: як органічне добриво; для виробництва кормів; у біогазових установках; для виробництва твердого палива (брикети, пелети).

Серед наведених напрямів найбільш перспективним з точки зору енергетичної ефективності є переробка біомаси у тверде паливо. Це дозволяє підвищити щільність матеріалу, полегшити транспортування та зберігання, а також забезпечити стабільні теплотехнічні характеристики.

Разом з тим, безпосереднє використання подрібненої кукурудзяної біомаси є малоефективним через її низьку насипну щільність та складність у транспортуванні. Саме тому виникає необхідність у її ущільненні шляхом брикетування.

Таким чином, значні обсяги побічної продукції кукурудзи та її енергетичний потенціал обґрунтовують доцільність розробки та удосконалення обладнання для виробництва паливних брикетів.

2.2 Аналіз способів використання побічної продукції кукурудзи

Побічна продукція кукурудзи, яка утворюється у значних обсягах під час її вирощування та збирання, може бути використана у різних напрямках залежно від технічних можливостей господарства, економічної доцільності та екологічних вимог. Основними способами використання є спалювання, компостування, переробка у біогаз та виготовлення твердого біопалива.

2.2.1 Спалювання побічної продукції

Спалювання є найпростішим і найшвидшим способом утилізації рослинних залишків. Воно може здійснюватися безпосередньо на полі або у спеціальних теплогенераторах. Процес включає: подачу біомаси; горіння; утворення теплової енергії; викиди продуктів згоряння (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Процес спалювання біомаси

До основних переваг спалювання побічної продукції кукурудзи належить простота реалізації даного процесу, оскільки він не потребує складного обладнання та може здійснюватися безпосередньо в польових умовах. Крім того, спалювання забезпечує швидке звільнення площі від рослинних залишків, що дозволяє оперативно підготувати ґрунт до подальших агротехнічних операцій. Важливою перевагою є також можливість отримання теплової енергії, яка може бути використана для господарських потреб.

Разом з тим, даний спосіб має суттєві недоліки. Зокрема, при спалюванні відбуваються значні втрати органічної речовини та поживних елементів, що негативно впливає на родючість ґрунту. Процес супроводжується викидами шкідливих речовин у атмосферу, що погіршує екологічний стан навколишнього середовища. У багатьох регіонах спалювання рослинних залишків обмежене або заборонене на законодавчому рівні. Крім того, такий підхід є нераціональним з точки зору використання енергетичного потенціалу біомаси.

2.2.2 Компостування

Компостування є одним із поширених способів утилізації побічної продукції кукурудзи, який передбачає її біологічне розкладання під дією мікроорганізмів із утворенням органічного добрива - компосту. Даний процес

належить до аеробних, тобто відбувається за наявності кисню, і супроводжується виділенням тепла, вуглекислого газу та водяної пари.

Схема процесу компостування включає кілька основних етапів (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Процес компостування кукурудзяних залишків

На першому етапі здійснюється збирання та подрібнення рослинних залишків кукурудзи, що забезпечує підвищення площі контакту сировини з мікроорганізмами. Далі підготовлена біомаса укладається у бурти або спеціальні компостні ємності, де відбувається її зволоження та перемішування. У процесі аеробного розкладання органічна речовина поступово мінералізується, температура в товщі компосту підвищується до 50–70 °С, що сприяє знищенню патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів. Завершальним етапом є дозрівання компосту, в результаті чого утворюється стабілізований продукт, придатний для внесення в ґрунт.

До основних переваг компостування належить підвищення родючості ґрунтів за рахунок повернення органічної речовини та поживних елементів. Компост сприяє покращенню структури ґрунту, підвищенню його вологоутримуючої здатності та біологічної активності. Крім того, даний спосіб є екологічно безпечним і дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи без утворення шкідливих викидів.

Разом з тим, компостування має ряд недоліків. Процес є досить тривалим і може займати від кількох місяців до року, що ускладнює його використання

у виробничих умовах. Для організації компостування необхідні значні площі та додаткові трудові витрати на обслуговування буртів (перемішування, зволоження). Важливим недоліком є також те, що при компостуванні не використовується енергетичний потенціал біомаси, оскільки енергія органічної речовини втрачається у вигляді тепла.

Таким чином, компостування є доцільним способом використання побічної продукції кукурудзи з точки зору агрономії, однак не забезпечує ефективного енергетичного використання біомаси.

2.2.3 Використання побічної продукції кукурудзи у біогазових установках

Використання побічної продукції кукурудзи у біогазових установках є одним із сучасних способів її енергетичної переробки. Даний процес базується на анаеробному зброджуванні органічної сировини під дією мікроорганізмів без доступу кисню з утворенням біогазу, основними компонентами якого є метан (CH_4) і вуглекислий газ (CO_2).

Схема процесу виробництва біогазу (рис.2.5) включає кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснюється підготовка сировини, яка полягає у подрібненні, зволоженні та змішуванні побічної продукції кукурудзи з іншими органічними компонентами для забезпечення оптимальних умов зброджування. Далі підготовлена маса подається у біореактор (метантенк), де відбувається анаеробне зброджування при контрольованій температурі (зазвичай 35–55 °C). У результаті біохімічних процесів органічна речовина розкладається з утворенням біогазу, який накопичується у газгольдері або безпосередньо подається на використання. Отриманий біогаз може застосовуватися для виробництва теплової та електричної енергії. Побічним продуктом процесу є дигестат - стабілізована органічна маса, яка може використовуватися як добриво.

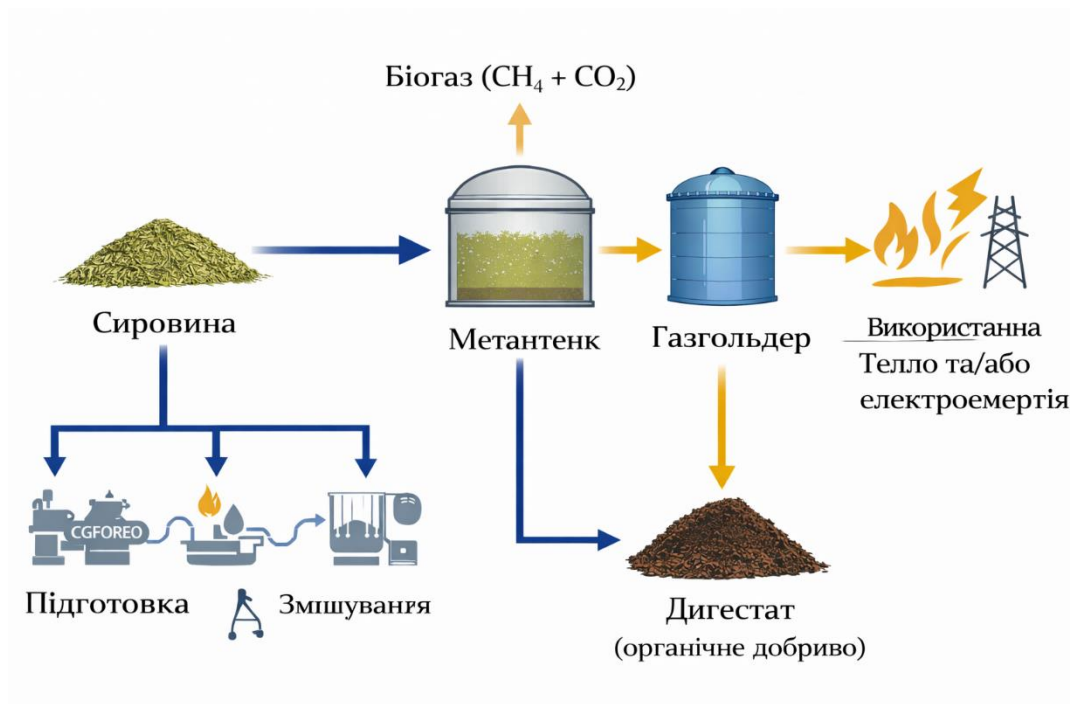


Рисунок 2.5 – Процес виробництва біогазу

До основних переваг використання побічної продукції кукурудзи у біогазових установках належить можливість отримання відновлюваного енергетичного ресурсу у вигляді біогазу, що сприяє зниженню залежності від традиційних енергоносіїв. Процес дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи та зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище. Додатковою перевагою є отримання дигестату, який може використовуватися як органічне добриво, що підвищує ефективність використання сировини.

Разом з тим, даний спосіб має ряд суттєвих недоліків. Технологія анаеробного зброджування є складною і потребує спеціалізованого обладнання та постійного контролю параметрів процесу. Впровадження біогазових установок супроводжується значними капітальними витратами. Побічна продукція кукурудзи, як лігноцелюозна сировина, має низьку біорозкладність, що ускладнює процес зброджування і знижує вихід біогазу без попередньої обробки. Крім того, для стабільної роботи установки необхідно забезпечити безперервність подачі сировини та підтримання оптимальних умов (температура, вологість, pH).

Таким чином, використання побічної продукції кукурудзи у біогазових установках є ефективним способом отримання енергії, однак через складність технології та високі витрати найбільш доцільним є його застосування на великих агропромислових підприємствах.

2.2.4 Брикетування побічної продукції кукурудзи

Брикетування є одним із найбільш ефективних способів використання побічної продукції кукурудзи, що дозволяє перетворити малощільну рослинну біомасу у компактне тверде паливо з високими енергетичними характеристиками. Даний процес базується на механічному ущільненні сировини під дією високого тиску, внаслідок чого утворюються брикети заданої форми та щільності.



Рисунок 2.6 – Процес брикетування

Схема процесу брикетування (рис.2.6) включає кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснюється підготовка сировини, яка передбачає подрібнення побічної продукції кукурудзи до необхідної фракції. Далі проводиться сушіння сировини до оптимальної вологості (зазвичай 10–15%), що є важливою умовою якісного пресування. Після цього підготовлена біомаса подається у прес, де під дією тиску та, в окремих випадках, підвищеної температури, відбувається ущільнення матеріалу. У результаті формується

брикет, який виходить із матриці преса та охолоджується. Готова продукція може зберігатися, транспортуватися та використовуватися як паливо.

До основних переваг брикетування належить значне підвищення щільності біомаси, що дозволяє зменшити витрати на транспортування та зберігання. Отримані брикети мають стабільні геометричні розміри та паливні характеристики, що забезпечує їх ефективне використання у твердопаливних котлах. Важливою перевагою є можливість перетворення відходів рослинництва у цінний енергетичний ресурс, що сприяє підвищенню енергонезалежності господарств.

Разом з тим, процес брикетування має певні недоліки. Для його реалізації необхідне спеціалізоване обладнання, що потребує початкових капіталовкладень. Важливою умовою є дотримання оптимальної вологості сировини, оскільки її відхилення негативно впливає на якість брикетів. Крім того, процес ущільнення супроводжується витратами енергії, що необхідно враховувати при оцінці ефективності технології.

Таким чином, брикетування є найбільш раціональним способом використання побічної продукції кукурудзи з точки зору енергетичної ефективності та практичного застосування. Воно дозволяє максимально використати потенціал біомаси, забезпечує зручність транспортування та зберігання, а також створює умови для широкого використання альтернативного палива.

Саме тому вдосконалення конструкції преса для брикетування є актуальним завданням, що і визначає напрямок даного дипломного проєкту.

2.3 Огляд пресів для брикетування біомаси

Преси для брикетування біомаси класифікуються за принципом дії, конструктивними особливостями та характером навантаження на сировину. Основними типами пресів, що використовуються у виробництві паливних брикетів, є поршневі (ударні), шнекові (гвинтові) та гідравлічні преси.

Кожен із зазначених типів має свої технічні особливості, які визначають їх ефективність, продуктивність та доцільність застосування для різних видів біомаси, зокрема побічної продукції кукурудзи.

Шнекові преси (рис.2.7) працюють за принципом безперервного ущільнення матеріалу. Основним робочим органом є шнек, який обертається в прес-камері та переміщує сировину в напрямку матриці. При цьому об'єм простору поступово зменшується, що призводить до підвищення тиску.



Рисунок 2.7 – Шнековий прес

Перевагами шнекових пресів є безперервність процесу, рівномірність формування брикетів та можливість отримання виробів складної форми (наприклад, з центральним отвором). Вони добре працюють з волокнистою сировиною, зокрема кукурудзяними рештками.

До недоліків належать підвищене енергоспоживання, значний знос шнека та необхідність використання зносостійких матеріалів. Також важливим є точне дотримання вологості сировини.

Гідравлічні преси здійснюють ущільнення матеріалу за рахунок тиску робочої рідини, який передається на поршень. Процес відбувається повільніше, ніж у механічних пресах, але дозволяє досягти високої точності та якості брикетів.



Рисунок 2.8 – Гідравлічні преси

Основними перевагами гідравлічних пресів є стабільність процесу, низький рівень шуму та можливість регулювання тиску. Вони часто використовуються для виробництва брикетів високої якості невеликими партіями.

Недоліками є низька продуктивність, висока вартість обладнання та складність гідравлічної системи.

Поршневі преси (рис.2.9) працюють за принципом періодичної дії. Основним робочим органом є поршень, який здійснює зворотно-поступальний рух у прес-камері. Сировина подається у камеру, після чого поршень під високим тиском ущільнює її та проштовхує через матрицю.



Рисунок 2.9 – Поршневий прес

До основних переваг поршневих пресів належать висока щільність отриманих брикетів, надійність конструкції та відносна простота

обслуговування. Вони добре підходять для виробництва паливних брикетів промислового масштабу.

Разом з тим, такі преси мають істотні недоліки. Вони характеризуються значними динамічними навантаженнями, що призводить до підвищеного зношування деталей, а також високим рівнем шуму і вібрацій. Крім того, процес має циклічний характер, що знижує рівномірність продуктивності.

Висновки

У результаті аналізу існуючих конструкцій пресів встановлено, що основними проблемами при брикетуванні побічної продукції кукурудзи є нестабільність подачі сировини, високі енерговитрати та недостатня щільність брикетів. Це обумовлено фізико-механічними властивостями біомаси, зокрема її волокнистою структурою та низькою насипною щільністю.

З метою підвищення ефективності процесу брикетування пропонується удосконалення конструкції шнекового преса шляхом застосування шнека зі змінним кроком, конічної прес-камери та регульованого вихідного каналу.

Застосування шнека зі змінним кроком дозволяє забезпечити поступове ущільнення матеріалу та рівномірну подачу сировини до зони пресування. Конічна форма прес-камери створює додатковий тиск, що сприяє підвищенню щільності брикетів. Регульований вихідний канал дозволяє змінювати опір пресування залежно від властивостей сировини.

Запропоноване технічне рішення забезпечує підвищення щільності брикетів, зниження енерговитрат та покращення стабільності процесу брикетування.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО ПРЕСА

Запропонований шнековий прес для брикетування побічної продукції кукурудзи є установкою безперервної дії, конструкція якої розроблена з урахуванням особливостей перероблюваної сировини. Прес складається з електродвигуна 1, редуктора 2, муфти 3, завантажувального бункера 4, прес-камери 5, корпусу шнека 6, матриці 7, шнека 8, вузла виходу брикету 9, рами 10 та підшипникового вузла 11. Усі елементи змонтовані на рамі 10, що забезпечує жорсткість конструкції та стійкість під час роботи.

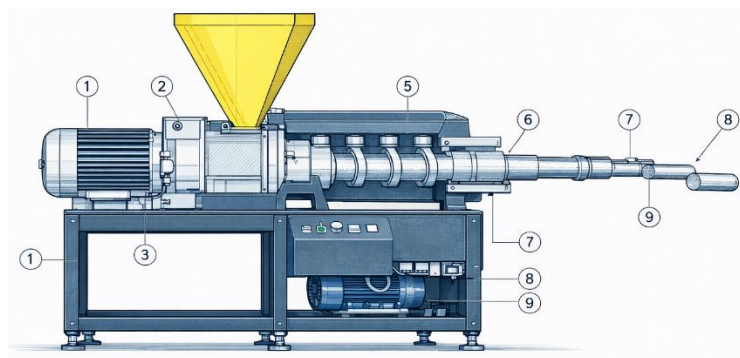


Рисунок 3.1 – Схема удосконаленого преса

Принцип роботи преса полягає у безперервному ущільненні біомаси за рахунок її переміщення вздовж прес-камери 5 під дією обертового шнека 8. Обертання шнека здійснюється від електродвигуна 1 через редуктор 2 та муфту 3, що забезпечує необхідний крутний момент і оптимальну частоту обертання.

Підготовлена сировина надходить у завантажувальний бункер 4, звідки під дією сили тяжіння потрапляє у зону захоплення шнека. Далі матеріал переміщується вздовж корпусу шнека 6 і прес-камери 5. У процесі руху об'єм, зайнятий матеріалом, поступово зменшується, що призводить до зростання тиску. Внаслідок інтенсивного тертя між частинками сировини та зі стінками камери підвищується температура, що сприяє переходу лігніну у пластичний стан і забезпечує зв'язування частинок.

У кінцевій частині прес-камери 5 встановлена матриця 7, через яку ущільнений матеріал видавлюється назовні через вузол виходу брикету 9 у

вигляді сформованого виробу. Підшипникові вузли 11 забезпечують надійну опору шнека 8 та його стабільне обертання.

Аналіз існуючих конструкцій шнекових пресів показує, що їх ефективність значною мірою залежить від геометрії прес-камери 5, параметрів шнека 8 та умов взаємодії матеріалу з робочими поверхнями. При переробці побічної продукції кукурудзи, яка характеризується волокнистою структурою та низькою насипною щільністю, традиційні конструкції не забезпечують достатнього ущільнення матеріалу, що призводить до нестабільної якості брикетів і підвищених енерговитрат.

З метою усунення зазначених недоліків у даному проєкті запропоновано удосконалення конструкції преса. Основним напрямком удосконалення конструкції преса є оптимізація геометрії прес-камери 5 шляхом введення конічної ділянки, яка забезпечує поступове зменшення внутрішнього діаметра по довжині зони ущільнення. Необхідність такого конструктивного рішення обумовлена особливостями процесу брикетування біомаси, зокрема побічної продукції кукурудзи, яка характеризується низькою початковою щільністю, високою пористістю та волокнистою структурою.

У традиційних пресах із циліндричною прес-камерою ущільнення матеріалу відбувається переважно в кінцевій зоні перед матрицею 7, що призводить до різкого зростання тиску на невеликій ділянці. Такий характер навантаження спричиняє нерівномірне ущільнення, локальні перевантаження шнека 8 та значні енергетичні витрати. Крім того, різкий стрибок тиску може викликати зворотний рух частини матеріалу, його проковзування або навіть заклинювання робочих органів.

Введення конічної ділянки у прес-камері 5 дозволяє змінити характер ущільнення матеріалу з різкого на поступовий. У міру переміщення біомаси вздовж шнека 8 внутрішній об'єм камери плавно зменшується, що забезпечує рівномірне зростання тиску. У таких умовах матеріал ущільнюється поетапно: спочатку відбувається заповнення пустот між частинками, далі - їх зближення і деформація, а вже потім - формування щільної структури брикету.

Поступове зростання тиску має важливе значення для енергетичної ефективності процесу. Оскільки навантаження розподіляється по всій довжині конічної ділянки, зменшуються пікові значення крутного моменту на валу шнека, що дозволяє знизити енергоспоживання та підвищити ресурс роботи обладнання. Крім того, більш рівномірний режим навантаження зменшує зношування витків шнека та внутрішньої поверхні прес-камери.

Ще одним важливим фактором є тепловий режим процесу. При поступовому ущільненні матеріалу тертя між частинками зростає плавно, що забезпечує рівномірне підвищення температури по довжині прес-камери. Це сприяє більш ефективній активації лігніну, який виконує роль природного зв'язуючого компонента. У результаті формуються брикети з більш однорідною структурою та підвищеною механічною міцністю.

Крім того, конічна геометрія прес-камери дозволяє зменшити явище пружного відновлення біомаси після виходу з матриці 7. Оскільки матеріал піддається тривалому та рівномірному ущільненню, внутрішні напруження розподіляються більш рівномірно, що зменшує розпушення брикету після його формування.

Таким чином, введення конічної ділянки у прес-камері 5 забезпечує більш раціональний розподіл тиску, покращує умови ущільнення матеріалу, знижує енерговитрати та підвищує якість готових брикетів, що робить дане конструктивне рішення обґрунтованим і доцільним для використання у шнекових пресах для переробки кукурудзяної біомаси.

Крім того, передбачено зміну параметрів шнека 8, зокрема зменшення кроку витків у напрямку до матриці 7, що сприяє інтенсивнішому ущільненню матеріалу. Важливим є також забезпечення раціонального зазору між шнеком 8 та корпусом 6, що дозволяє зменшити втрати матеріалу та підвищити ефективність процесу.

Додатково обґрунтовано вдосконалення вузла формування, а саме матриці 7, яка забезпечує стабільну геометрію брикету та зменшує його

розпушення після виходу. Це особливо важливо при переробці кукурудзяної біомаси, яка має схильність до пружного відновлення.

Таким чином, запропоноване удосконалення конструкції шнекового преса базується на врахуванні фізико-механічних властивостей сировини та спрямоване на підвищення продуктивності, зниження енерговитрат і покращення якості брикетів, що підтверджує доцільність подальших інженерних розрахунків і конструкторської розробки.

3.1 Конструктивний розрахунок пристрою

Для виконання технічного розрахунку приймається, що прес призначений для брикетування побічної продукції кукурудзи після попереднього подрібнення та сушіння. Сировина має волокнисту структуру, низьку насипну щільність і значну пружність, що ускладнює ущільнення. Тому при розрахунку необхідно враховувати не лише геометрію робочих органів, а й ступінь ущільнення матеріалу та енергетичні витрати на формування брикету.

Для розрахунку приймаються такі вихідні дані: матеріал – побічна продукція кукурудзи; вологість сировини після сушіння – $W = 12 \%$; насипна щільність сировини – $\rho_0 = 110 \text{ кг/м}^3$; щільність готового брикету – $\rho_{бр} = 950 \text{ кг/м}^3$; продуктивність преса – $Q = 80 \text{ кг/год}$; зовнішній діаметр шнека – $D = 75 \text{ мм}$; діаметр вала шнека – $d = 30 \text{ мм}$; довжина шнека – $L_{ш} = 600 \text{ мм}$; крок шнека на вході – $t_1 = 80 \text{ мм}$; крок шнека в середній зоні – $t_2 = 60 \text{ мм}$; крок шнека на виході – $t_3 = 40 \text{ мм}$; довжина прес-камери – $L_{пк} = 400 \text{ мм}$; внутрішній діаметр прес-камери на вході – $D_{пк1} = 78 \text{ мм}$; внутрішній діаметр прес-камери на виході – $D_{пк2} = 58 \text{ мм}$; довжина матриці – $L_m = 120 \text{ мм}$; діаметр формувального каналу матриці – $d_m = 30 \text{ мм}$; частота обертання шнека – $n = 80 \text{ об/хв}$; коефіцієнт заповнення шнека в зоні подачі – $\varphi = 0,30$; коефіцієнт корисної дії приводу – $\eta = 0,80$.

Одним із найважливіших параметрів роботи преса є ступінь ущільнення біомаси. Він показує, у скільки разів щільність готового брикету перевищує початкову насипну щільність сировини.

Ступінь ущільнення визначається за формулою:

$$k_{\rho} = \frac{\rho_{бр}}{\rho_0}$$

де

$\rho_{бр}$ – щільність брикету, кг/м³;

ρ_0 – насипна щільність сировини, кг/м³.

Підставимо значення:

$$k_{\rho} = \frac{950}{110} = 8,64$$

Отже, для забезпечення необхідної якості брикету прес повинен забезпечити ущільнення матеріалу приблизно у 8,6 раза.

Це значення підтверджує, що для переробки кукурудзяної біомаси потрібна зона поступового ущільнення, оскільки різке зростання тиску при такому ступені ущільнення призвело б до перевантаження шнека та зростання енерговитрат.

На першій стадії визначається теоретична подача шнека. Для шнекових машин об'ємна подача розраховується за формулою:

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot t \cdot n \cdot \varphi$$

де

V – об'ємна подача, м³/хв;

D – зовнішній діаметр шнека, м;

d – діаметр вала, м;

t – крок шнека, м;

n – частота обертання, об/хв;

φ – коефіцієнт заповнення.

Для зони подачі приймаємо $t = t_l = 0,08$ м.

Площа живого перерізу між валом і витком:

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$F = \frac{3,14}{4} (0,075^2 - 0,03^2)$$

$$F = 0,785 (0,005625 - 0,0009) = 0,785 \cdot 0,004725 = 0,00371 \text{ м}^2$$

Тоді об'ємна подача:

$$V = 0,00371 \cdot 0,08 \cdot 80 \cdot 0,30$$

$$V = 0,00712 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Масова подача:

$$Q_T = V \cdot \rho_0$$

$$Q_T = 0,00712 \cdot 110 = 0,783 \text{ кг/хв}$$

У перерахунку на годину:

$$Q_T = 0,783 \cdot 60 = 46,98 \text{ кг/год}$$

Отримане значення є меншим за бажану продуктивність 80 кг/год, однак слід врахувати, що в реальній конструкції прес працює не як звичайний транспортер, а як ущільнювальний орган. У міру просування матеріалу по довжині шнека його щільність суттєво зростає, тому фактична масова продуктивність у зоні пресування вища за початкову масову подачу в зоні захоплення. Крім того, для забезпечення продуктивності 80 кг/год можливе підвищення частоти обертання до 120–140 об/хв або збільшення коефіцієнта заповнення.

Для уточнення визначимо необхідну частоту обертання при тих самих геометричних параметрах і необхідній продуктивності 80 кг/год.

Спочатку переведемо продуктивність у кг/хв:

$$Q = \frac{80}{60} = 1,33 \text{ кг/хв}$$

Потрібна об'ємна подача:

$$V = \frac{1,33}{110} = 0,0121 \text{ кг/хв}$$

З формули подачі:

$$n = \frac{V}{F \cdot t \cdot \varphi}$$
$$n = \frac{0,0121}{0,00371 \cdot 0,08 \cdot 0,30}$$
$$n = \frac{0,0121}{0,000089} = 136 \text{ об/хв}$$

Отже, для забезпечення продуктивності 80 кг/год доцільно прийняти робочу частоту обертання шнека близько 130–140 об/хв. Надалі для розрахунку потужності приймемо

$$n = 140 \text{ об/хв}$$

Удосконалення конструкції пов'язане з використанням конічної прес-камери. Приймемо довжину конічної ділянки

$$L_{\text{кон}} = 200 \text{ мм}$$

Вхідний діаметр:

$$D_{\text{вх}} = 78 \text{ мм}$$

Вихідний діаметр:

$$D_{\text{вих}} = 58 \text{ мм}$$

Зменшення діаметра по довжині конуса:

$$\Delta D = D_{\text{вх}} - D_{\text{вих}} = 78 - 58 = 20 \text{ мм}$$

Напівкут конусності визначається з геометричного співвідношення:

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{\Delta D / 2}{L_{\text{кон}}} \\ \tan \alpha &= \frac{20 / 2}{200} = \frac{10}{200} = 0,05 \\ \alpha &= \arctan(0,05) = 2,86^\circ\end{aligned}$$

Повний кут конусності:

$$2\alpha = 5,72^\circ$$

Отже, прийнята геометрія відповідає повному куту близько 6° , що узгоджується з раніше обґрунтованим діапазоном $5\text{--}7^\circ$. Така конусність забезпечує поступове зростання тиску без різкого перевантаження шнека.

Для оцінки тиску формування визначимо площу поперечного перерізу каналу на виході з прес-камери:

$$A_{\text{вих}} = \frac{\pi D_{\text{нк}}^2}{4}$$
$$A_{\text{вих}} = \frac{3,14 \cdot 0,058^2}{4}$$
$$A_{\text{вих}} = 0,00264 \text{ м}^2$$

Для матриці з діаметром каналу 30 мм:

$$A_{\text{м}} = \frac{\pi d_{\text{м}}^2}{4}$$
$$A_{\text{м}} = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,000707 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт зменшення площі перед входом у матрицю становить:

$$k_A = \frac{A_{\text{вих}}}{A_{\text{м}}} = \frac{0,00264}{0,000707} = 3,73$$

Отже, на переході до матриці відбувається додаткове зменшення площі майже у 3,7 раза, що забезпечує остаточне ущільнення матеріалу та стабільне формування брикету.

Для рослинної лігноцелюлозної біомаси робочий тиск пресування зазвичай приймають у межах 15–40 МПа. Для кукурудзяної сировини, зважаючи на її пружність і волокнистість, доцільно прийняти середнє значення:

$$\rho = 25 \text{ МПа}$$

Це значення достатнє для формування міцного брикету за умови активації лігніну і не є надмірним для конструкції малого шнекового преса.

Сила пресування визначається як добуток тиску на площу перерізу каналу матриці:

$$F = \rho \cdot A_m$$

$$F = 25 \cdot 10^6 \cdot 0,000707$$

$$F = 17675 \text{ Н}$$

Отже, сила, необхідна для проштовхування ущільненого матеріалу через матрицю, становить приблизно:

$$F \approx 17,7 \text{ кН}$$

Масова продуктивність 80 кг/год при щільності брикету 950 кг/м³ відповідає об'ємній витраті готового продукту:

$$Q_v = \frac{80}{950} = 0,0842 \text{ м}^3/\text{год}$$

У перерахунку на секунду:

$$Q_v = \frac{0,0842}{3600} = 2,34 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість проходження брикету через матрицю:

$$\nu = \frac{Q_v}{A_m}$$

$$\nu = \frac{2,34 \cdot 10^{-5}}{0,000707} = 0,033 \text{ м/с}$$

Отже, осьова швидкість проходження брикету через матрицю становить приблизно

$$\nu = 0,033 \text{ м/с}$$

Корисна потужність, необхідна для проштовхування матеріалу через матрицю, визначається за формулою:

$$N_K = F \cdot \nu$$

$$N_K = 17675 \cdot 0,033 = 583 \text{ Вт}$$

Це лише корисна потужність на стадії видавлювання брикету. Реальна потужність приводу повинна враховувати втрати на тертя в підшипниках, муфті, редукторі, додаткові втрати на ущільнення матеріалу в конічній частині та нерівномірність подачі.

З урахуванням коефіцієнта запасу $k_3 = 3,5$ для волокнистої біомаси, а також ККД приводу $\eta = 0,80$, розрахункова потужність приводу визначається так:

$$N = \frac{N_K \cdot k_3}{\eta}$$

$$N = \frac{583 \cdot 3,5}{0,80} = 2550 \text{ Вт}$$

$$N \approx 2,55 \text{ кВт}$$

Для забезпечення стійкої роботи, запуску під навантаженням і резерву потужності доцільно прийняти стандартний електродвигун потужністю:

$$N_{\text{дв}} = 4,0 \text{ кВт}$$

Якщо передбачається робота зі сировиною підвищеної вологості або нерівномірної фракції, можливе встановлення двигуна 5,5 кВт.

Крутний момент визначається з формули:

$$M = \frac{9550 \cdot N}{n}$$

де

N – потужність, кВт;

n – частота обертання, об/хв.

При $N = 4,0$ кВт і $n = 140$ об/хв:

$$M = \frac{9550 \cdot 4,0}{140} = 272,9 \text{ Н/м}$$

Отже, розрахунковий крутний момент на валу шнека становить:

$$M \approx 273 \text{ Н/м}$$

Для надійної роботи конструкції приймаємо розрахунковий момент із запасом:

$$M_{\rho} = 320 \text{ Н/м}$$

Діаметр вала прийнято:

$$d = 30 \text{ мм}$$

Максимальне дотичне напруження при крученні визначається за формулою:

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3}$$

де M – у Н·мм.

$$M = 320 \text{ Н/м} = 320000 \text{ Н/мм}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 320000}{3,14 \cdot 30^3}$$

$$\tau = \frac{5120000}{84780} = 60,4 \text{ МПа}$$

Для сталі 45 допустиме дотичне напруження при роботі на кручення можна прийняти на рівні 70–90 МПа. Отже, отримане значення:

$$\tau = 60,4 \text{ МПа}$$

є допустимим, а вал діаметром 30 мм забезпечує необхідну міцність.

Прес-камера працює під внутрішнім тиском, тому її можна приблизно розглядати як товстостінний циліндр. Для спрощеного інженерного розрахунку використаємо залежність для тонкостінного наближення з коефіцієнтом запасу:

$$\sigma = \frac{\rho D}{2s}$$

де

ρ – внутрішній тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр, мм;

s – товщина стінки, мм.

Підставимо значення:

$$\sigma = \frac{25 \cdot 78}{2 \cdot 10} = 97,5 \text{ МПа}$$

Для сталі 20 допустиме напруження можна прийняти на рівні 120–140 МПа. Отже, товщина стінки - $s = 10$ мм є достатньою. Крім того, фактичний зовнішній корпус має жорстке кріплення на рамі, що додатково підвищує його стійкість.

Частота обертання стандартного асинхронного двигуна становить приблизно:

$$n_{\partial\partial} = 1500 \text{ об/хв}$$

Потрібна частота обертання шнека:

$$n_{ш} = 140 \text{ об/хв}$$

Тоді загальне передаточне число приводу:

$$i = \frac{n_{\partial\partial}}{n_{ш}} = \frac{1500}{140} = 10,7$$

Отже, доцільно застосувати редуктор із передаточним числом:

$$i \approx 10 - 11$$

Швидкість проходження матеріалу через матрицю становить 0,033 м/с.

Довжина зони пресування і матриці разом:

$$L = 0,4 + 0,12 = 0,52 \text{ м}$$

Орієнтовний час проходження матеріалу через зону ущільнення:

$$t = \frac{L}{v} = \frac{0,52}{0,033} = 15,8 \text{ с}$$

Отже, кожна порція матеріалу перебуває у зоні пресування близько 16 секунд, що є достатнім для поступового ущільнення, нагрівання і активації лігніну.

Висновки

Проведений технічний розрахунок показав, що для брикетування побічної продукції кукурудзи доцільно використовувати шнековий прес із такими основними параметрами: діаметр шнека 75 мм, діаметр вала 30 мм, довжина шнека 600 мм, довжина прес-камери 400 мм, внутрішній діаметр прес-камери на вході 78 мм, на виході 58 мм, довжина матриці 120 мм, діаметр формувального каналу 30 мм. При продуктивності 80 кг/год розрахункова частота обертання шнека становить приблизно 140 об/хв, крутний момент на валу – близько 273 Н·м, а рекомендована потужність електродвигуна – 4,0 кВт.

Розрахунок також підтвердив доцільність застосування конічної прес-камери з повним кутом конусності близько 6°, оскільки така геометрія забезпечує поступове ущільнення матеріалу, рівномірне зростання тиску, зменшення пікових навантажень на шнек та покращення умов формування брикету. Прийняті геометричні та силові параметри можуть бути використані як основа для подальшої конструкторської розробки та оформлення графічної частини дипломного проєкту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальні положення з охорони праці

Охорона праці є важливою складовою виробничого процесу і спрямована на забезпечення безпечних умов праці, збереження життя і здоров'я працівників, а також попередження виробничого травматизму та професійних захворювань. При експлуатації шнекового преса для брикетування побічної продукції кукурудзи необхідно враховувати вплив механічних, електричних, теплових і пилових факторів, які можуть становити небезпеку для обслуговуючого персоналу.

Організація безпечної роботи обладнання повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів України, зокрема Закону України «Про охорону праці», а також відповідних державних стандартів і правил безпеки праці у сільськогосподарському виробництві та переробній галузі.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час роботи шнекового преса на оператора можуть впливати наступні небезпечні та шкідливі фактори.

Одним із основних є механічний фактор, пов'язаний з обертанням шнека, рухомими частинами приводу (муфта, редуктор), а також виходом готового брикету. Потрапляння частин тіла або одягу в зону обертання може призвести до травм різного ступеня тяжкості.

Електричний фактор обумовлений наявністю електродвигуна і електричних мереж. Пошкодження ізоляції або неправильна експлуатація обладнання може призвести до ураження електричним струмом.

Тепловий фактор виникає внаслідок підвищення температури в зоні пресування, що може досягати 80–120 °С. Контакт із нагрітими поверхнями прес-камери або матриці може викликати опіки.

Пиловий фактор пов'язаний із подрібненням і подачею біомаси. Дрібнодисперсний пил може потрапляти у дихальні шляхи та викликати захворювання органів дихання.

Також слід враховувати шум і вібрацію, які виникають під час роботи преса і можуть негативно впливати на стан працівника при тривалій роботі.

4.3 Вимоги безпеки при експлуатації преса

Для забезпечення безпечної роботи преса необхідно дотримуватися ряду технічних і організаційних заходів.

Усі рухомі частини преса повинні бути закриті захисними кожухами. Особливу увагу слід приділити зоні шнека та муфти. Забороняється експлуатація обладнання при відсутності або пошкодженні захисних огорожень.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність електрообладнання, наявність заземлення та цілісність кабелів. Пуск преса здійснюється лише після перевірки відсутності сторонніх предметів у робочій зоні.

Під час роботи забороняється втручання у зону пресування, очищення або ремонт обладнання без повної зупинки і відключення від електромережі. Обслуговуючий персонал повинен використовувати індивідуальні засоби захисту, зокрема рукавички, захисні окуляри та респіратори.

4.4 Заходи щодо зниження впливу шкідливих факторів

Для зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів необхідно передбачити комплекс технічних заходів.

З метою захисту від механічних травм встановлюються огороження рухомих частин і блокувальні пристрої, які унеможливають роботу преса при відкритих кожухах.

Для захисту від пилу передбачається використання місцевої вентиляції або аспіраційної системи. Це дозволяє зменшити концентрацію пилу в робочій зоні.

Для зниження шуму і вібрації прес встановлюється на амортизуючих опорах, а також використовується балансування обертових частин.

Захист від теплового впливу забезпечується теплоізоляцією нагрітих частин преса та встановленням попереджувальних знаків.

Біомаса є горючим матеріалом, тому при роботі з нею необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки. У виробничому приміщенні повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння, зокрема вогнегасники (порошкові або вуглекислотні).

Забороняється накопичення пилу та відходів у робочій зоні, оскільки це може призвести до самозаймання. Електрообладнання повинно бути справним і відповідати вимогам пожежної безпеки.

Робоче місце оператора повинно бути організоване таким чином, щоб забезпечити зручність і безпеку виконання робіт. Висота завантажувального бункера повинна відповідати антропометричним даним працівника, що дозволяє зменшити фізичне навантаження.

Органи керування повинні бути розташовані у зручній зоні досяжності, а їх позначення повинні бути зрозумілими і чіткими. Освітлення робочого місця має відповідати нормативним вимогам.

4.5 Екологічні переваги удосконаленого преса

Захист навколишнього середовища є важливою складовою сучасного агропромислового виробництва та передбачає раціональне використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та

впровадження екологічно безпечних технологій. Використання побічної продукції кукурудзи для виробництва паливних брикетів є одним із ефективних напрямків екологізації виробництва, оскільки дозволяє утилізувати рослинні рештки та зменшити залежність від викопних видів палива.

У даному дипломному проєкті розглядається процес брикетування біомаси за допомогою шнекового преса, що супроводжується рядом екологічних аспектів, які необхідно враховувати при його впровадженні та експлуатації.

Процес брикетування побічної продукції кукурудзи включає подрібнення, сушіння, транспортування та пресування біомаси. На кожному з цих етапів можливий вплив на навколишнє середовище.

Основним джерелом негативного впливу є утворення пилу, який виникає під час подрібнення і транспортування сировини. Пил може потрапляти в атмосферне повітря та негативно впливати на здоров'я людини і стан довкілля.

Також можливим є шумове забруднення, яке виникає при роботі обладнання, зокрема подрібнювачів і преса. Тривалий вплив шуму може негативно впливати як на персонал, так і на навколишнє середовище.

Енергоспоживання установки також є важливим екологічним фактором, оскільки воно пов'язане з використанням електроенергії, виробництво якої може супроводжуватися викидами в атмосферу.

Водночас слід зазначити, що процес брикетування не супроводжується утворенням рідких відходів і хімічних забруднювачів, що є його значною перевагою.

Для мінімізації впливу виробництва брикетів на навколишнє середовище передбачено впровадження комплексу технічних і організаційних заходів.

З метою зменшення викидів пилу доцільно застосовувати аспіраційні системи, які забезпечують відведення і очищення повітря. Уловлювання пилу може здійснюватися за допомогою циклонів або рукавних фільтрів, що дозволяє значно знизити його концентрацію в повітрі.

Для зниження рівня шуму рекомендується встановлювати обладнання на амортизуючих опорах, а також застосовувати шумоізоляційні кожухи. Це дозволяє зменшити поширення шуму за межі виробничого приміщення.

Енергоефективність виробництва підвищується за рахунок оптимізації режимів роботи преса, використання сучасних електродвигунів з високим коефіцієнтом корисної дії та раціонального підбору технологічних параметрів.

Використання побічної продукції кукурудзи для виробництва брикетів дозволяє вирішити проблему утилізації рослинних решток, які часто спалюються на полях, що призводить до значного забруднення атмосферного повітря.

Переробка біомаси у паливні брикети сприяє:

- зменшенню викидів парникових газів;
- збереженню родючості ґрунтів;
- скороченню використання викопних видів палива.

Таким чином, брикетування є екологічно доцільним способом використання рослинних відходів.

Запропонована конструкція удосконаленого шнекового преса має ряд екологічних переваг. Завдяки оптимізації геометрії прес-камери та параметрів шнека зменшуються енерговитрати, що призводить до зниження непрямих викидів забруднюючих речовин.

Покращення процесу ущільнення дозволяє отримувати більш щільні та якісні брикети, що мають вищу теплотворну здатність і більш ефективно використовуються як паливо. Це сприяє зменшенню обсягів спалювання палива і, відповідно, зниженню викидів у атмосферу.

Висновки

Аналіз впливу процесу брикетування на навколишнє середовище показує, що за умови дотримання відповідних технічних заходів він є екологічно безпечним і доцільним. Основними джерелами негативного впливу є пил, шум

та енергоспоживання, які можуть бути ефективно зменшені за рахунок сучасних технічних рішень.

Використання побічної продукції кукурудзи для виробництва паливних брикетів дозволяє не лише зменшити негативний вплив на довкілля, але й сприяє розвитку енергозберігаючих та ресурсоефективних технологій.

Забезпечення безпечних умов праці при експлуатації шнекового преса є важливим фактором ефективної роботи підприємства. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів показав, що основну небезпеку становлять механічні, електричні, теплові та пилові впливи.

Запропоновані заходи з охорони праці дозволяють мінімізувати ризики травматизму, покращити умови праці та забезпечити безпечну експлуатацію обладнання. Дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою впровадження та використання розробленого преса у виробництві.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту виконується з метою визначення доцільності виготовлення та впровадження удосконаленого шнекового преса для брикетування побічної продукції кукурудзи. На сучасному етапі розвитку агропромислового виробництва важливого значення набуває не лише технічна досконалість обладнання, але й економічна доцільність його використання. Саме тому завершальним етапом конструкторської розробки є оцінка економічної ефективності запропонованого технічного рішення.

У даному дипломному проєкті запропоновано удосконалення конструкції шнекового преса, яке полягає у зміні геометрії прес-камери за рахунок введення конічної ділянки, оптимізації параметрів шнека та покращенні умов ущільнення матеріалу перед матрицею. Такі конструктивні зміни спрямовані на стабілізацію технологічного процесу, підвищення щільності брикетів, зменшення витрат електроенергії, зниження зношування робочих органів і, як наслідок, підвищення економічної ефективності виробництва.

У техніко-економічному розрахунку визначаються річний випуск продукції, витрати на сировину та енергію, витрати на оплату праці, амортизаційні відрахування, витрати на ремонт і технічне обслуговування, собівартість 1 т брикетів, дохід від реалізації продукції, прибуток, рівень рентабельності, термін окупності обладнання, а також економічний ефект від упровадження удосконаленої конструкції.

Для виконання техніко-економічного обґрунтування приймаються наступні вихідні дані, що відповідають розробленій конструкції та умовам її використання в господарстві: продуктивність шнекового преса – 80 кг/год; тривалість роботи обладнання протягом доби – 8 год; кількість робочих днів на рік – 250 днів; коефіцієнт використання робочого часу – 0,9; потужність електродвигуна преса – 4,0 кВт; тариф на електроенергію – 5,0 грн/кВт·год; вартість виготовлення або придбання преса – 120000 грн; чисельність

обслуговуючого персоналу – 1 оператор; середньомісячна заробітна плата оператора – 12000 грн/міс; коефіцієнт додаткової заробітної плати – 0,20; відрахування на соціальні заходи – 22 %; норма амортизації – 15 % від балансової вартості обладнання; витрати на ремонт і технічне обслуговування – 8 % від вартості обладнання; інші виробничі витрати – 5 % від суми основних витрат; ціна реалізації 1 т брикетів – 4000 грн/т; витрати на збирання, транспортування, подрібнення і сушіння сировини – 750 грн/т; коефіцієнт виходу готової продукції із підготовленої сировини – 0,92 для базового варіанта і 0,94 для удосконаленого варіанта.

Прийняті дані є реалістичними для умов невеликого фермерського або переробного підприємства, що використовує побічну продукцію кукурудзи як сировину для виробництва паливних брикетів.

Річний фонд робочого часу обладнання з урахуванням коефіцієнта використання визначається за формулою:

$$T_p = t_{зм} \cdot D \cdot k_B$$

Де:

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год;

D – кількість робочих днів на рік;

k_B – коефіцієнт використання робочого часу.

Підставимо значення:

$$T_p = 8 \cdot 250 \cdot 0,9 = 1800 \text{ год/рік}$$

Отже, річний ефективний фонд роботи преса становить 1800 год/рік.

Річний випуск продукції визначається за формулою:

$$Q_p = q \cdot T_p$$

де

q – продуктивність преса, кг/год;

T_p – річний фонд часу, год/рік.

Підставимо значення:

$$Q_p = 80 \cdot 1800 = 144000 \text{ кг/рік}$$

$$Q_p = 144 \text{ т/рік}$$

Отже, за рік удосконалений прес може виготовити 144 т паливних брикетів.

У процесі брикетування мають місце певні втрати сировини при транспортуванні, подрібненні, сушінні та формуванні брикетів. Тому річну потребу у підготовленій сировині визначають з урахуванням коефіцієнта виходу готової продукції.

Для базового варіанта:

$$Q_{с.баз} = \frac{Q_p}{0,92}$$

$$Q_{с.баз} = \frac{144}{0,92} = 156,52 \text{ т/рік}$$

Для удосконаленого варіанта завдяки більш стабільному процесу ущільнення і зменшенню втрат матеріалу коефіцієнт виходу зростає до 0,94. Тоді річний можливий випуск брикетів при тій самій кількості сировини становитиме:

$$Q_{p.уд} = 156,52 \cdot 0,94 = 147,13 \text{ т/рік}$$

Приріст річного випуску готової продукції:

$$\Delta Q = 147,13 - 144 = 3,13 \text{ т/рік}$$

Отже, завдяки удосконаленню конструкції та зменшенню технологічних втрат додатково отримується 3,13 т брикетів на рік навіть без збільшення витрат сировини.

Незважаючи на те, що побічна продукція кукурудзи є відходами основного виробництва, її використання у якості брикетної сировини вимагає виконання ряду технологічних операцій: збирання, транспортування, подрібнення, сушіння та підготовки до пресування. У розрахунку приймається, що питомі витрати на підготовку 1 т сировини становлять 750 грн/т.

Тоді річні витрати на сировину і її підготовку становлять:

$$C_c = 156,5 \cdot 750 = 117375 \text{ грн}$$

Приймаємо:

$$C_c = 117375 \text{ грн}$$

Отже, витрати на заготівлю та підготовку сировини становлять 117375 грн/рік.

Річне споживання електроенергії пресом визначається за формулою:

$$W = N \cdot T_p$$

де

N – потужність електродвигуна, кВт;

T_p – річний фонд роботи, год.

Підставимо значення:

$$W = 4,0 \cdot 1800 = 7200 \text{ кВт/год}$$

Вартість спожитої електроенергії:

$$C_{ел} = W \cdot c_{ел}$$

де

$c_{ел}$ – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

$$C_{ел} = 7200 \cdot 5 = 36000 \text{ грн}$$

Отже, річні витрати на електроенергію для роботи преса становлять 36000 грн.

Для базового варіанта конструкції, в якій відсутня оптимізована конічна ділянка прес-камери, енергоспоживання приймаємо на 12 % більшим. Тоді:

$$C_{ел.баз} = 36000 \cdot 1,12 = 40320 \text{ грн}$$

Економія електроенергії від удосконалення:

$$E_{ел} = 40320 - 36000 = 4320 \text{ грн/рік}$$

Отже, завдяки удосконаленню конструкції забезпечується економія електроенергії в розмірі 4320 грн/рік.

Річний основний фонд заробітної плати оператора визначається за формулою:

$$C_{осн} = Z_{міс} \cdot 12$$

де

$Z_{міс}$ – середньомісячна заробітна плата, грн.

$$C_{осн} = 12000 \cdot 12 = 144000 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата становить 20 % від основної:

$$C_{доод} = 144000 \cdot 0,2 = 28800 \text{ грн}$$

Повний фонд оплати праці:

$$C_{зн} = 144000 + 28800 = 172800 \text{ грн}$$

Нарахування на соціальні заходи:

$$C_{соц} = 172800 \cdot 0,22 = 38016 \text{ грн}$$

Тоді загальні витрати на оплату праці становлять:

$$C_{праця} = 172800 + 38016 = 210816 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою

$$A = K \cdot H_a$$

де

K – балансова вартість обладнання, грн;

H_a – норма амортизації.

$$A = 120000 \cdot 0,15 = 18000 \text{ грн}$$

Отже, річна сума амортизаційних відрахувань становить 18000 грн.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування визначаються у відсотках від балансової вартості обладнання:

$$C_{рем} = K \cdot H_{рем}$$

де

$$H_{рем} = 0,08$$

$$C_{рем} = 120000 \cdot 0,08 = 9600 \text{ грн}$$

Отже, річні витрати на ремонт і технічне обслуговування становлять 9600 грн.

Для базового варіанта через більш нерівномірне навантаження та більший знос шнека і внутрішньої поверхні прес-камери приймаємо витрати на ремонт на 20 % більшими:

$$C_{рем.баз} = 9600 \cdot 1,2 = 11520 \text{ грн}$$

Економія ремонтних витрат:

$$E_{рем} = 11520 - 9600 = 1920 \text{ грн/рік}$$

До інших витрат відносять витрати на мастильні матеріали, допоміжні матеріали, прибирання, налагодження, інструмент та інші витрати, які прямо не враховані в основних статтях. Для дипломного проекту приймаємо їх у розмірі 5 % від суми основних витрат.

Сума основних витрат:

$$C_{осн.вир} = C_c + C_{ел} + C_{праця} + A + C_{рем}$$
$$C_{осн.вир} = 117375 + 36000 + 210816 + 18000 + 9600 = 391791 \text{ грн}$$

Інші витрати:

$$C_{ін} = 0,05 \cdot 391791 = 19589,55 \text{ грн}$$

Приймаємо:

$$C_{ін} = 19590 \text{ грн}$$

Загальні витрати на виробництво брикетів становлять:

$$C_{заг} = C_{осн.вир} + C_{ін}$$
$$C_{заг} = 391791 + 19590 = 411381 \text{ грн}$$

Собівартість 1 т продукції визначається як відношення річних витрат до річного обсягу виробництва:

$$C_{1т} = \frac{411381}{144} = 2856,81 \text{ грн/т}$$

Приймаємо:

$$C_{1кг} = 2857 \text{ грн/т}$$

Собівартість 1 кг брикетів:

$$C_{1кг} = \frac{2857}{1000} = 2,857 \text{ грн/кг}$$

Приймаємо:

$$C_{1\text{кг}} = 2,86 \text{ грн/кг}$$

Отже, собівартість 1 т брикетів становить 2857 грн, а собівартість 1 кг – 2,86 грн.

Річний дохід від реалізації брикетів визначається за формулою:

$$D = Q_p \cdot C_p$$

де

Q_p – річний випуск продукції, т;

C_p – ціна реалізації 1 т брикетів, грн/т.

$$D = 144 \cdot 4000 = 576000 \text{ грн}$$

Отже, річний дохід від реалізації продукції становить 576000 грн.

Річний прибуток визначається як різниця між доходом від реалізації та повною собівартістю річного випуску:

$$P = D - C_{\text{заг}}$$

$$P = 576000 - 411381 = 164619 \text{ грн}$$

Отже, очікуваний річний прибуток від виробництва брикетів становить 164619 грн.

Рентабельність виробництва визначається за формулою:

$$R = \frac{P}{C_{\text{заг}}} \cdot 100\%$$

$$R = \frac{164619}{411381} \cdot 100 = 40,01\%$$

Приймаємо:

$$R = 40,0 \%$$

Отже, рівень рентабельності виробництва брикетів становить 40 %, що свідчить про економічну привабливість проєкту.

Термін окупності визначається як відношення вартості обладнання до річного прибутку:

$$T = \frac{K}{P}$$

$$T = \frac{120000}{164619} = 0,73 \text{ року}$$

Тобто термін окупності становить приблизно:

$$0,73 \cdot 12 = 8,76 \text{ міс.}$$

Отже, витрати на виготовлення та впровадження преса окупаються менш ніж за 9 місяців.

Одним із найважливіших результатів удосконалення конструкції є підвищення продуктивності преса за рахунок більш стабільного проходження матеріалу через прес-камеру та зменшення ймовірності забивання. Прийmemo, що удосконалена конструкція забезпечує підвищення продуктивності на 10 %. Тоді новий обсяг виробництва становитиме:

$$Q'_p = 144 \cdot 1,1 = 158,4 \text{ грн/рік}$$

Додатковий обсяг продукції:

$$\Delta Q_{np} = 158,4 - 144 = 14,4 \text{ грн/рік}$$

Додатковий дохід від реалізації цієї продукції:

$$E_1 = 14,4 \cdot 4000 = 57600 \text{ грн/рік}$$

Отже, економічний ефект від підвищення продуктивності становить 57600 грн/рік. Удосконалення конструкції преса забезпечує більш рівномірний процес ущільнення, що дозволяє знизити питомі витрати на виробництво. Прийmemo зниження собівартості на 5 %.

Тоді економія на 1 т продукції становить:

$$\Delta C = 2857 \cdot 0,05 = 142,85 \text{ грн/рік}$$

Річна економія:

$$E_2 = 142,85 \cdot 144 = 20570,4 \text{ грн/рік}$$

Приймаємо:

$$E_2 = 20592 \text{ грн/рік}$$

Отже, економічний ефект від зниження собівартості становить 20592 грн/рік.

Завдяки більш стабільному ущільненню та кращому формуванню брикетів підвищується їх щільність і механічна міцність. Це дозволяє реалізовувати продукцію за вищою ціною. Прийmemo, що поліпшення якості дає змогу підвищити ціну реалізації на 5 %.

Нова ціна реалізації:

$$C'_p = 4000 \cdot 1,05 = 4200 \text{ грн/т}$$

Приріст ціни становить:

$$\Delta C_p = 4200 - 4000 = 200 \text{ грн/т}$$

Додатковий річний дохід:

$$E_3 = 200 \cdot 144 = 28800 \text{ грн/рік}$$

Отже, економічний ефект від підвищення якості продукції становить 28800 грн/рік.

Застосування конічної прес-камери сприяє більш плавному наростанню тиску, внаслідок чого знижуються ударні та пікові навантаження на шнек і корпус. Це зменшує інтенсивність їх зношування та дозволяє скоротити витрати на ремонт. Як уже було визначено, для базового варіанта витрати на ремонт становлять 11520 грн/рік, а для удосконаленого – 9600 грн/рік.

Економічний ефект:

$$E_4 = 11520 - 9600 = 1920 \text{ грн/рік}$$

Отже, річна економія на ремонті становить 1920 грн.

Завдяки більш раціональному процесу ущільнення зменшуються пікові навантаження на електропривід, а отже, і енергоспоживання. Для базового варіанта витрати на електроенергію становлять 40320 грн/рік, а для удосконаленого – 36000 грн/рік.

Економія електроенергії:

$$E_5 = 40320 - 36000 = 4320 \text{ грн/рік}$$

Отже, річний економічний ефект від зниження енерговитрат становить 4320 грн.

Сумарний економічний ефект визначається як сума ефектів від усіх позитивних факторів:

$$E_{\text{сум}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$$

$$E_{\text{сум}} = 57600 + 20592 + 28800 + 1920 + 4320$$

$$E_{\text{сум}} = 113232 \text{ грн/рік}$$

Приймаємо:

$$E_{\text{сум}} = 113000 \text{ грн/рік}$$

Отже, річний економічний ефект від упровадження удосконаленого шнекового преса становить 113000 грн/рік.

Для додаткової оцінки економічної ефективності визначимо точку беззбитковості, тобто такий обсяг виробництва, при якому дохід дорівнює витратам.

Змінні витрати на 1 т продукції включають витрати на сировину, електроенергію та частину інших виробничих витрат:

$$C_{\text{зм}} = \frac{117375 + 36000 + 19590}{144}$$

$$C_{\text{зм}} = \frac{172965}{144} = 1201,15 \text{ грн/т}$$

Постійні витрати:

$$C_{пост} = 210816 + 18000 + 9600 = 238416 \text{ грн}$$

Точка беззбитковості:

$$Q_{беззб} = \frac{C_{пост}}{4000 - 1201,15}$$

$$Q_{беззб} = \frac{238416}{2798,85} = 85,18 \text{ т/рік}$$

Отже, для беззбиткової роботи установки достатньо виробляти 85,2 т/рік, що значно менше від розрахункового річного випуску 144 т/рік. Це ще раз підтверджує економічну стійкість запропонованого проєкту.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Річний випуск продукції, т	144,0	158,4
Вихід готової продукції	0,92	0,94
Витрати на електроенергію, грн/рік	40320	36000
Витрати на ремонт, грн/рік	11520	9600
Собівартість 1 т, грн	3000	2857
Ціна реалізації 1 т, грн	4000	4200
Прибуток, грн/рік	менший	більший
Економічний ефект, грн/рік	—	113000

Для базового варіанта собівартість приймається більшою внаслідок більших енерговитрат, вищих витрат на ремонт і меншої стабільності процесу.

З наведеного порівняння видно, що удосконалений прес забезпечує вищий випуск продукції, нижчі експлуатаційні витрати, вищу ціну реалізації брикетів та суттєвий річний економічний ефект.

Висновки

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження удосконаленого шнекового преса для брикетування побічної продукції кукурудзи є економічно доцільним і практично виправданим. При продуктивності 80 кг/год та річному фонді роботи 1800 год обсяг виробництва брикетів становить 144 т/рік. Загальні річні витрати на виробництво продукції складають 411381 грн, а собівартість 1 т брикетів – 2857 грн.

За ціни реалізації 4000 грн/т річний дохід від реалізації продукції становить 576000 грн, а прибуток – 164619 грн. Рентабельність виробництва досягає 40 %, а термін окупності обладнання не перевищує 0,73 року, тобто приблизно 9 місяців.

Удосконалення конструкції шнекового преса, яке полягає у введенні конічної прес-камери, оптимізації умов ущільнення матеріалу та покращенні формування брикету, забезпечує додатковий економічний ефект у розмірі 113000 грн/рік. Цей ефект формується за рахунок підвищення продуктивності, покращення якості брикетів, зниження собівартості, економії електроенергії та зменшення витрат на ремонт.

Таким чином, запропоноване технічне рішення є не лише конструктивно обґрунтованим, а й економічно ефективним, що підтверджує доцільність його практичного впровадження у господарствах, які займаються переробкою побічної продукції кукурудзи у тверде біопаливо.

ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення ефективності використання побічної продукції кукурудзи шляхом її переробки у тверде біопаливо - паливні брикети.
2. У результаті виконання роботи проведено аналіз господарства, який показав, що підприємство має достатню земельну площу, розвинену матеріально-технічну базу та спеціалізацію на вирощуванні кукурудзи. Встановлено, що в господарстві щорічно утворюється значна кількість побічної продукції, яка використовується неефективно або частково втрачається, що обумовлює необхідність її раціональної переробки.
3. Виконаний аналіз існуючих способів утилізації рослинних залишків показав, що найбільш ефективним напрямом їх використання є брикетування, яке дозволяє отримати висококалорійне паливо, зручне для транспортування та зберігання.
4. У роботі проведено огляд конструкцій пресів для брикетування біомаси та встановлено, що шнекові преси забезпечують безперервність процесу та рівномірне формування брикетів. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір шнекового преса як базової конструкції для подальшого удосконалення.
5. Розроблено конструкцію удосконаленого шнекового преса, особливістю якого є застосування конічної прес-камери, що забезпечує поступове ущільнення матеріалу та рівномірне зростання тиску по довжині зони пресування. Запропоноване технічне рішення дозволяє підвищити стабільність роботи обладнання, зменшити енерговитрати та покращити якість отриманих брикетів.
6. Виконано інженерний розрахунок основних конструктивних і режимних параметрів преса, визначено геометричні характеристики шнека, прес-камери та матриці, а також потужність приводу і продуктивність

установки. Отримані результати підтверджують працездатність і ефективність запропонованої конструкції.

7. У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при експлуатації преса та розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці. Розглянуто питання захисту навколишнього середовища, зокрема зменшення негативного впливу виробничого процесу та раціонального використання біомаси як відновлюваного енергетичного ресурсу.
8. Термін окупності обладнання не перевищує одного року. Встановлено, що впровадження удосконаленого преса забезпечує додатковий економічний ефект у розмірі близько 113 тис. грн на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко В. С., Коваленко О. М. Механізація сільськогосподарського виробництва. – Київ: Урожай, 2019. – 320 с.
2. Гевко І. Б. Машина для переробки сільськогосподарської продукції. – Тернопіль: ФОП Паляниця, 2018. – 256 с.
3. Калетнік Г. М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України. – Київ: Аграрна наука, 2017. – 312 с.
4. Долінський А. А., Басок Б. І. Енергетика біомаси в Україні. – Київ: Наукова думка, 2019. – 384 с.
5. Бабенко В. Г. Технології переробки біомаси. – Харків: ХНТУСГ, 2020. – 210 с.
6. Сидоренко В. П. Обладнання для виробництва твердого біопалива. – Львів: Новий світ, 2018. – 275 с.
7. Литвиненко О. М. Теплотехніка і теплотехнології. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 298 с.
8. Кухар В. П., Долінський А. А. Термохімічна переробка біомаси. – Київ: Наукова думка, 2016. – 350 с.
9. Гелетука Г. Г., Желєзна Т. А. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. – Київ: UABIO, 2020. – 120 с.
10. Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні Аналітична записка БАУ №16. 2016Р.
11. Kaltschmitt M., Hartmann H., Hofbauer H. Energy from Biomass: Fundamentals, Techniques and Applications. – Berlin: Springer, 2018. – 850 p.
12. McKendry P. Energy production from biomass (Part 1–3) // Bioresource Technology. – 2002. – Vol. 83. – P. 37–46.
13. Obernberger I., Thek G. The Pellet Handbook. – London: Earthscan, 2010. – 549 p.
14. Mani S., Tabil L., Sokhansanj S. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws // Biomass and Bioenergy. – 2004.

15. Kaliyan N., Morey R. V. Factors affecting strength and durability of densified biomass products // Biomass and Bioenergy. – 2009.
16. UABIO. Аналітичний огляд біоенергетики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uabio.org>
17. FAO. Bioenergy and food security. – Rome, 2018.
18. Demirbas A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals // Energy Conversion and Management. – 2011.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ТРАКТОРІВ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

**Удосконалення преса для виготовлення брикетів із побічної
продукції кукурудзи**

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: групи АІ-2-22
Задікіян Станіслав Русланович

Керівник: к.т.н., доцентка
Золотовська Олена Володимирівна

Дніпро 2026

Активация Windows
Чтобы активировать Windows, перейдите
"Параметры".



3 Структура кукурудзяної рослини

Листя	35-40 % Стеблових мас	40-45 % Зерно
Качан (зерно)	7-8 % Листя	5-6 % Стеблових мас
Стебло	4-6 % Обгортки качанів	
Коріння система		

Стан проблеми

- Побічна продукція надбирання та розкидається по полю.
- При надбиранні надбирання застосовуються мушкетери.
- Підвищення вологості (вмісту зерна 20-40 %) ускладнює переробку та потребує додаткового сушіння.
- Затримка збирання зменшує вологість, але може призводити до втрат урожаю.

Отже, технології збирання безпосередньо впливають на можливість використання побічної продукції Частіше як сировини для брикетування.

