МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.03 – МР. 2225 “С” 2024.12.07.025. ПЗ

Калиновський Володимир Володимирович

2024

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.03 – МР. 2225 “С” 2024.12.07.025. ПЗ

Калиновський Володимир Володимирович

2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

_____ Братішко В.В.

«___» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві

_____В.С. Хмельовський

“_____”_____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему Обгрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

професор _____ **Поліщук В. М.**

Виконав _____ **Калиновський В.В.**

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

охорони праці та біотехнічних систем

у тваринництві, д.т.н., проф.

_____ В.С. Хмельовський

“_____”_____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

_____Калиновському Володимиру Володимировичу_____

(прізвище, ім’я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи “Обгрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження”

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "07" грудня 2023 р. за № 2223 "С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 01.10.2024 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

Середня продуктивність гранулятора в господарстві “ЕКО-ПОЛІССЯ” становить 65 кг на годину

Основні параметри вентиляційної системи:

Об'єм приміщення: площа S=200, висота H=5

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

У першому розділі здійснений аналіз технологій та технічних засобів виробництва твердого біопалива.

У другому розділі наведена характеристика господарства, встановлена сировинна база для виготовлення паливних гранул, визначена продуктивність лінії гранулювання. Вставленні конструкційно-технологічні параметри гранулятора.

У третьому розділі експериментально визначена зольність паливних гранул.

У четвертому розділі визначені виробничі небезпеки під час експлуатації гранулятора.

У пятому розділі обґрунтована техніко-економічна ефективність проекту.

Дата видачі завдання “06”грудня 2023 р.

Керівник магістерської роботи _____ Поліщук В.М.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Калиновський В.В.

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 9
ВСТУП 10
РОЗДІЛ 1. 12
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА 12
1.1. Енергетична цінність твердого біопалива 12
1.1.1. Фактори, що впливають на енергетичну цінність 14
1.2. Особливості виробництва твердого біопалива 15
1.2.1. Вплив сезонності на виробництво твердого біопалива 18
1.3. Технології та технічні засоби для виробництва паливних гранул 19
1.4. Огляд сучасних технологій для виробництва паливних гранул 21
1.5. Інновації в технологіях виробництва паливних гранул 23
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 25
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАНУЛЯТОРА В ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ 26
2.1. Характеристика господарства "ЕКО-ПОЛІССЯ" 26
2.2. Розрахунку сировинної бази для деревообробки "ЕКО-ПОЛІССЯ" (Житомирська область, Україна) 27
2.3. Методика конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул 28
2.3.1. Методика визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора 31
2.4. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул 33
2.4.1. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора 36
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 38
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ 40
3.1. Методика визначення зольності паливних гранул 40
3.2. Результати визначення зольності паливних гранул 41
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 42
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ 43
4.1. Аналіз небезпек при виготовленні деревних паливних гранул 44
4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся» 46
4.1.1. Ідентифікація небезпечних факторів 48
4.1.2. Оцінка ризиків 48
4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся» 50
4.2.1. Основні правила безпеки 50
4.2.2. Заходи першої допомоги 51

4.3. Розрахунок приточно-витяжної вентиляції цеху з виробництва паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся» 52
4.3.1. Вимоги до вентиляції 55
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 56
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ 57
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5 60
ВИСНОВКИ 61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 63
ДОДАТКИ 68

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Обгрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження» включає в себе розрахунково-пояснювальну записку загальним обсягом 71 стор. машинописного тексту, в тому числі 17 формул, 9 рис., 5 табл., посилання на 43 літературних джерел, 1 додаток.

У вступі показано стан сучасного виробництва твердого біопалива, здійснено обґрунтування актуальності розробки.

У першому розділі здійснений аналіз технологій та технічних засобів виробництва твердого біопалива.

У другому розділі наведена характеристика господарства, встановлена сировинна база для виготовлення паливних гранул, визначена продуктивність лінії гранулювання. Вставленні конструкційно-технологічні параметри гранулятора.

У третьому розділі експериментально визначена зольність паливних гранул.

У четвертому розділі визначені виробничі небезпеки під час експлуатації гранулятора.

У пятому розділі обґрунтована техніко-економічна ефективність проекту.

У висновках показані основні результати розрахунків по проекту.

ТВЕРДЕ БІОПАЛИВО, ПАЛИВНІ ГРАНУЛИ, ГРАНУЛЮВАННЯ, ПЕЛЛЕТИ, ГРАНУЛЮВАННЯ, ФІЛЬЄРИ, УЩІЛЬНЕННЯ, ЗОЛЬНІСТЬ

ВСТУП

У сучасних умовах загострення енергетичної кризи та посилення вимог до охорони довкілля питання використання альтернативних джерел енергії набуває особливої актуальності. Висока залежність від традиційних викопних видів палива, таких як нафта і газ, створює ризики для економіки та екології. Одним із перспективних напрямів розвитку відновлюваних джерел енергії є виробництво твердого біопалива, зокрема паливних гранул, які можна виготовляти з сільськогосподарських відходів. Обґрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження є ключовим кроком у вирішенні цих проблем.

У роботі проаналізовано існуючі технології виробництва твердого біопалива, розглянуто методи розрахунку параметрів обладнання, зокрема грануляторів, та проведено експериментальні дослідження з метою оцінки якості отриманих паливних гранул. Результати досліджень можуть бути застосовані для впровадження розробленої технології в агропромисловому секторі, що сприятиме зниженню витрат на енергоносії та підвищенню ефективності виробництва.

Тому тема магістерської роботи є актуальною.

Мета магістерської роботи – підвищення ефективності господарювання в «ЕКО-ПОЛІССЯ», шляхом механізації процесу обгрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

– провести аналіз технологій та технічних засобів виробництва твердого біопалива;

– обгрунтувати конструкційно-технологічні параметри гранулятора в «ЕКО-ПОЛІССЯ», Житомирська обл.

– експериментально визначити зольність;

– встановити виробничі небезпеки під час експлуатації гранулятора;

– визначити економічну ефективність проекту.

Об’єкт досліджень – технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження.

Предмет досліджень – обгрунтування технології виробництва твердого біопалива для перспективного впровадження в «ЕКО-ПОЛІССЯ», Житомирська обл.

Очікуванні результати магістерської роботи:

– проведений аналіз технологій та технічних засобів виробництва твердого біопалива;

– обгрунтувані конструкційно-технологічні параметри гранулятора в «ЕКО-ПОЛІССЯ», Житомирська обл.

– експериментально визначена зольність;

– встановлені виробничі небезпеки при експлуатації гранулятора;

– визначена економічна ефективність проекту.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

1.1. Енергетична цінність твердого біопалива

Тверде біопаливо, до якого належать паливні гранули, брикети, дрова та інші продукти з біомаси, є важливим джерелом відновлюваної енергії [1]. Енергетична цінність твердого біопалива залежить від виду сировини, способу її обробки та технології виробництва, що впливають на теплотворну здатність палива, вологість, зольність та інші характеристики [2].

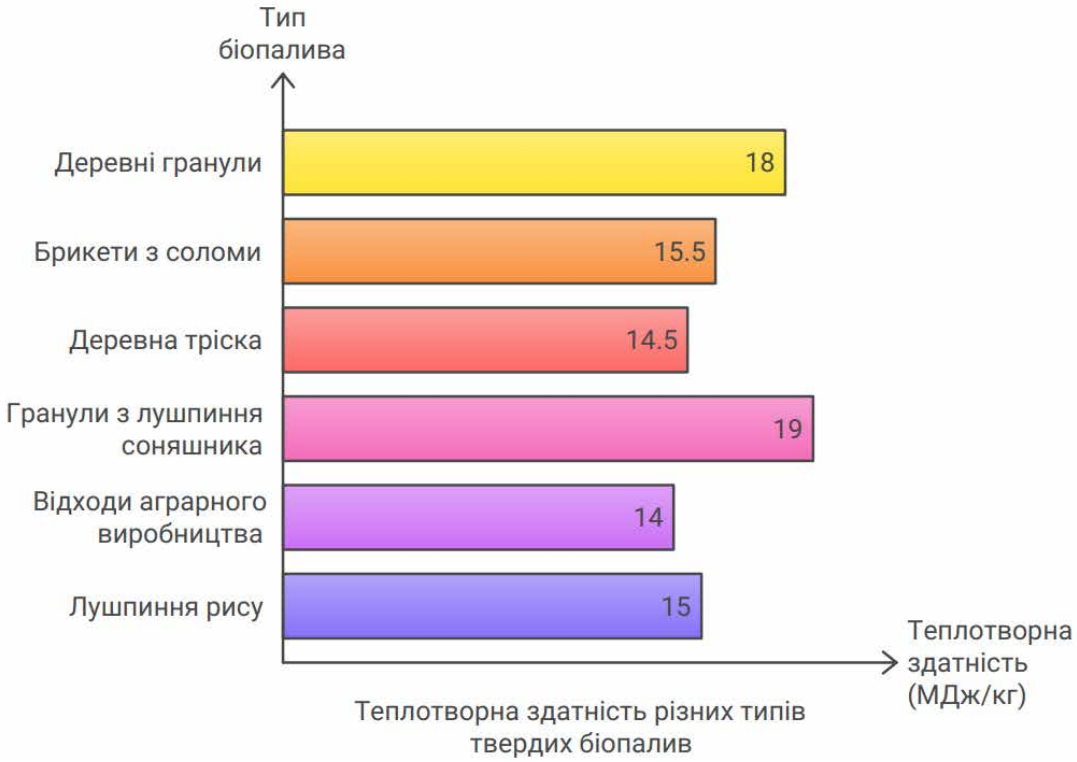


Рис.1. Графічне зображення теплотворної здатності різних видів твердого біопалива [4]

Одним із головних показників, що визначає енергетичну цінність твердого біопалива, є його теплотворна здатність [3]. Вона характеризує

кількість тепла, яке виділяється при повному згорянні одиниці маси палива. Для твердого біопалива цей показник коливається в межах 15-20 МДж/кг, залежно від виду біомаси та її обробки. Наприклад, деревні гранули мають теплотворну здатність близько 17-19 МДж/кг, тоді як солом'яні брикети — приблизно 15-16 МДж/кг.

Важливим фактором, що впливає на енергетичну цінність твердого біопалива, є вологість сировини [4]. Чим нижча вологість палива, тим вища його теплотворна здатність, оскільки для випаровування вологи витрачається значна кількість енергії. Вологість паливних гранул зазвичай становить 8-10%, що робить їх ефективнішими порівняно з необробленою біомасою, яка може містити до 50% вологи.

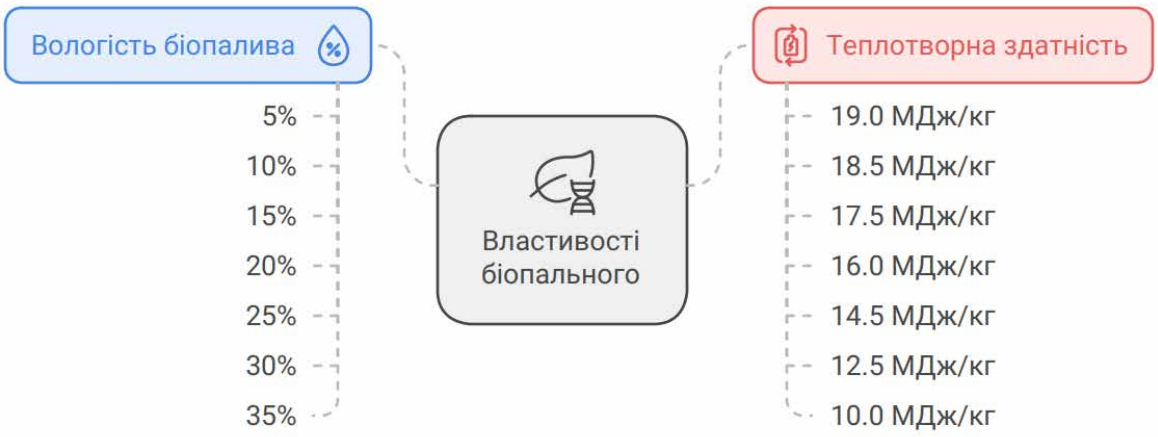


Рис.1.2 Діаграми впливу вологості на енергетичну цінність [5]

Зольність палива також впливає на його енергетичну цінність [6]. Висока зольність знижує ефективність згоряння та спричиняє накопичення відходів у топці, що зменшує кількість виділеної енергії. Тому для паливних гранул важливо дотримуватися технологічних норм, що забезпечують низьку зольність.

Таким чином, енергетична цінність твердого біопалива визначається поєднанням таких факторів, як теплотворна здатність, вологість і зольність. Використання якісного твердого біопалива дозволяє ефективно замінити

традиційні види палива, забезпечуючи стабільне та екологічно чисте джерело енергії.

1.1.1. Фактори, що впливають на енергетичну цінність

Фактори, що впливають на енергетичну цінність твердого біопалива
Енергетична цінність твердого біопалива визначається рядом факторів, які можуть суттєво вплинути на його ефективність як джерела енергії.
Склад сировини, з якої виготовляється біопаливо, є ключовим фактором [7]. Він визначає вміст основних компонентів, таких як целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, а також вміст вологи, золи та летючих речовин. Наприклад, деревина хвойних порід, що містить більше смол, може мати вищу енергетичну цінність, ніж деревина листяних порід.
Вологість сировини безпосередньо впливає на енергетичну цінність [4]. Чим вища вологість, тим менша енергетична цінність пального, оскільки частина енергії витрачається на випаровування води. Оптимальний рівень вологості для більшості видів твердого біопалива коливається від 8% до 12%.
Температура та умови сушіння сировини перед гранулюванням також впливають на енергетичну цінність. Недостатнє сушіння може призвести до підвищення вологості, тоді як надмірне сушіння може знизити якість пального. Важливо забезпечити оптимальні умови для досягнення максимальної енергетичної цінності [9].

Використовувані технології та обладнання для переробки сировини на біопаливо можуть впливати на його енергетичну цінність. Процеси, які забезпечують більш однорідну структуру та кращу консолідацію часток, можуть підвищити енергетичну щільність паливних гранул. Наприклад, процеси пресування під високим тиском можуть збільшити щільність пального, покращуючи його енергетичні характеристики [10].

Умови зберігання та транспортування твердого біопалива також мають значення. Погане зберігання, що призводить до поглинання вологи або впливу зовнішніх факторів, може негативно позначитися на енергетичній цінності продукту. Тому важливо забезпечити оптимальні умови для зберігання біопалива, щоб зберегти його енергетичну цінність [5].

Хімічний склад пального, включаючи вміст золи, летючих речовин і інших елементів, також може впливати на його енергетичну цінність. Наприклад, вміст золи у паливі може знижувати теплотворну здатність, що веде до зменшення енергетичної ефективності під час горіння.

Використання добавок може покращити характеристики біопального, такі як підвищення енергетичної цінності, зменшення зольності або покращення властивостей горіння. Різноманітні добавки можуть впливати на фізико-хімічні властивості паливних гранул і, відповідно, на їхню енергетичну цінність [12].

Енергетична цінність твердого біопалива є комплексним показником, що залежить від багатьох факторів. Розуміння цих факторів дозволяє не лише оптимізувати процес виробництва, а й забезпечити високу якість кінцевого продукту, що сприяє ефективному використанню біопального в енергетичному секторі.

1.2. Особливості виробництва твердого біопалива

Виробництво твердого біопалива, такого як паливні гранули та брикети, включає кілька технологічних процесів, що забезпечують підготовку біомаси, її обробку та формування кінцевого продукту. Основними етапами є підготовка сировини, подрібнення, сушка, пресування та охолодження. Від якості виконання кожного етапу залежить енергетична цінність та ефективність використання біопалива.

Першим кроком є підготовка та подрібнення сировини, яка може включати відходи деревини, солому, лушпиння соняшника, відходи аграрного виробництва та інші види біомаси [8]. На цьому етапі матеріал очищують від домішок, таких як каміння, метали та великі сторонні включення. Після очищення сировину подрібнюють до необхідної фракції, що забезпечує однорідність при подальшому пресуванні.

Наступним етапом є сушка сировини, оскільки вологість є критично важливим параметром, що впливає на якість та теплотворну здатність кінцевого продукту [9]. Для гранулювання та брикетування оптимальна вологість становить 8-12%. Щоб досягти цих показників, використовують сушильні установки, які видаляють зайву вологу з подрібненої біомаси. Надмірно волога сировина погіршує якість пресування та знижує енергетичну цінність готових гранул.

Пресування є ключовим етапом у виробництві твердого біопалива. Підготовлена сировина подається до прес-гранулятора або брикетувальної машини, де під високим тиском формується у паливні гранули або брикети[10]. Високий тиск сприяє виділенню природних зв’язуючих речовин, які забезпечують міцність готового продукту. Важливими параметрами цього процесу є тиск, температура пресування та час перебування сировини у формуючому каналі.

Після пресування гранули або брикети мають високу температуру та недостатню міцність, тому їх охолоджують до кімнатної температури. Це дозволяє збільшити міцність продукту та підготувати його до зберігання. Охолоджене біопаливо сортують, видаляючи відсіви та невідповідні частинки, після чого пакують для зберігання та транспортування.

Останній етап включає контроль якості та зберігання. Якість твердого біопалива визначається за показниками теплотворної здатності, вологості, зольності та механічної міцності [7]. Відповідність стандартам забезпечує високу енергетичну ефективність та зручність використання біопалива в опалювальних системах. Готове біопаливо зберігають у сухих приміщеннях,

щоб запобігти поглинанню вологи та зберегти його енергетичні характеристики.

Рис.1.3 Схема технологічного процесу виробництва твердого біопалива [6]

1.2.1. Вплив сезонності на виробництво твердого біопалива

Сезонність має значний вплив на виробництво твердого біопалива, оскільки різні пори року характеризуються змінними умовами, які можуть вплинути на доступність сировини, технологічні процеси та загальну ефективність виробництва.

Одним з основних аспектів сезонності є наявність сировини. Наприклад, влітку та восени, під час збору врожаю, доступність сільськогосподарських відходів, таких як солома та стебла, збільшується [5]. Водночас взимку та навесні сировина стає менш доступною, оскільки залишки врожаю вже використовуються або залишаються на полях. Це може призвести до затримок у виробництві та необхідності використання альтернативних джерел сировини.

Температурні коливання також можуть впливати на процеси сушіння та зберігання сировини. У холодну пору року підвищується вологість, що ускладнює сушіння та може призвести до збільшення витрат на енергоресурси [4]. Зниження температури може також вплинути на роботу обладнання, що вимагає додаткових витрат на обслуговування та ремонт.

Крім того, сезонні зміни можуть впливати на якість сировини. Наприклад, у зимовий період деревина може бути більш вологою через опади та низькі температури, що знижує її енергетичну цінність. Це може призвести до зниження якості кінцевого продукту та необхідності додаткового контролю за вологістю сировини [9].

Важливим аспектом є і попит на біопаливо, який може змінюватися в залежності від сезону. Зазвичай в холодні місяці спостерігається підвищений попит на твердий біопалив через потребу в опаленні. Це може стимулювати виробництво, проте також може призвести до дефіциту сировини в пікові періоди.

Змінні умови, пов’язані з сезонністю, можуть впливати на логістику постачання та зберігання сировини. У певні сезони можуть виникати труднощі

з транспортуванням через погодні умови, що, в свою чергу, може призводити до затримок у виробництві.

З метою оптимізації виробництва твердого біопалива важливо враховувати сезонність. Планування запасів сировини, адаптація технологічних процесів до сезонних умов, а також використання альтернативних джерел сировини в періоди їх дефіциту [12] можуть значно підвищити ефективність виробництва. Зрозуміння сезонних коливань і їх впливу на всі етапи виробництва дозволяє знизити ризики та підвищити стабільність бізнесу в цій сфері.

1.3. Технології та технічні засоби для виробництва паливних гранул

Виробництво паливних гранул, або пелет, є одним із найперспективніших напрямків використання біомаси. Технологічний процес включає кілька етапів, для реалізації яких використовуються спеціалізовані технічні засоби. Вибір обладнання та технологій значною мірою залежить від типу сировини, необхідної продуктивності та вимог до якості кінцевого продукту.

Технології виробництва паливних гранул:

Основними технологічними етапами виробництва гранул є підготовка сировини, її сушка, подрібнення, гранулювання, охолодження та пакування. Кожен із цих етапів потребує використання певного обладнання, що забезпечує ефективність та стабільність виробничого процесу [7].

Перший етап — підготовка сировини, яка включає очищення від домішок, таких як каміння, метали та інші сторонні об’єкти [8]. Після очищення сировину подрібнюють до необхідної фракції. Використовуються дробарки та молоткові млини, які дозволяють зменшити розмір часток до 2-5 мм.

Далі сировина надходить у сушильний барабан, де відбувається видалення зайвої вологи. Сушка є одним із найважливіших етапів, оскільки від рівня вологості залежить якість пресування та теплотворна здатність гранул [9].

Основним обладнанням для цього процесу є барабанні сушарки, які забезпечують рівномірне висушування матеріалу до необхідної вологості (близько 10%).

На етапі гранулювання висушена та подрібнена сировина потрапляє в прес-гранулятор, де під високим тиском формується в гранули. Прес-гранулятори складаються з матриці та роликів, які стискають біомасу, утворюючи щільні циліндричні пелети [10]. Важливими параметрами цього процесу є діаметр матриці, тиск та температура пресування, які впливають на міцність та енергетичну цінність гранул.

Охолодження гранул після пресування необхідне для стабілізації їх форми та міцності. Гранули охолоджують у спеціальних охолоджувачах, які забезпечують їх рівномірне охолодження до кімнатної температури [11]. Це дозволяє уникнути розтріскування та покращити якість кінцевого продукту.

Після охолодження гранули сортують, відокремлюючи дрібні фракції та пил, які можуть бути повернуті у виробничий цикл. Завершальним етапом є пакування, яке забезпечує захист гранул від зовнішніх впливів під час транспортування та зберігання. Для цього використовують автоматичні пакувальні лінії, які фасують продукцію у мішки.

Технічні засоби для виробництва паливних гранул:

Дробарки та подрібнювачі: Застосовуються для первинної обробки сировини та зменшення її розміру. Дробарки забезпечують рівномірність фракції, що важливо для ефективного пресування.

Сушарки: Барабанні сушарки є найпоширенішим типом обладнання для видалення зайвої вологи. Вони забезпечують рівномірне сушіння при постійній температурі.

Прес-гранулятори: Основне обладнання для формування паливних гранул. Прес-гранулятори бувають різних типів — з горизонтальною або вертикальною матрицею, що визначає їх продуктивність та специфіку роботи.

Охолоджувачі: Використовуються для зниження температури гранул до кімнатної після пресування, що підвищує їх міцність та запобігає пошкодженню.

Пакувальні лінії: Автоматизовані системи для пакування готових гранул у зручні для транспортування та зберігання пакети або мішки.

Рис.1.4. Схема технологічної лінії виробництва паливних гранул [7]

1.4. Огляд сучасних технологій для виробництва паливних гранул

Сучасні технології виробництва паливних гранул постійно розвиваються, зосереджуючи увагу на підвищенні ефективності, зниженні витрат і поліпшенні якості кінцевого продукту.

Грануляція під високим тиском є однією з найбільш поширених і ефективних технологій для виробництва паливних гранул. Процес включає подрібнення сировини до дрібних часточок, які потім піддаються пресуванню під високим тиском [6]. У результаті утворюються щільні гранули з високою енергетичною щільністю та хорошими горючими властивостями. Високий тиск сприяє злипанню часточок завдяки термічному впливу, що покращує якість гранул.

Деякі технології включають етап парової обробки сировини перед грануляцією. Пар допомагає зменшити вологість і сприяє гідролізу целюлози,

що підвищує пластичність матеріалу. Це дозволяє отримувати гранули з кращими характеристиками без додавання додаткових зв'язуючих агентів. Використання зв'язуючих агентів під час грануляції може покращити адгезію часточок сировини, підвищуючи міцність і стабільність гранул. Це особливо корисно при використанні сировини з низькою природною клеючою здатністю [9], наприклад, при виробництві паливних гранул із соломи чи інших сільськогосподарських відходів.

Сучасні технології також дозволяють комбінувати різні види сировини для виробництва паливних гранул. Це можуть бути деревні відходи, сільськогосподарські залишки та інші органічні матеріали. Комбінування сировини може покращити характеристики гранул і збільшити їх енергетичну цінність.

Системи автоматизації та моніторингу все частіше використовуються на виробництвах, що дозволяє контролювати всі етапи виробництва в реальному часі. Це підвищує ефективність процесів, знижує ризики помилок і покращує якість кінцевого продукту [10]. Системи контролю також можуть допомагати в управлінні запасами та плануванні виробництва.

Зростаюча увага до екологічних аспектів виробництва стимулює впровадження відновлювальних технологій. Це включає використання відходів виробництва для генерування енергії, переробку води та зменшення викидів CO2 [12]. Такі підходи не лише зменшують вплив на навколишнє середовище, але й підвищують загальну ефективність підприємств.

Сушіння сировини є важливим етапом у виробництві паливних гранул. Сучасні технології сушіння, такі як сушіння за допомогою мікрохвильової радіації або теплових насосів, дозволяють значно знизити витрати енергії та часу, а також поліпшити якість сировини перед грануляцією [7].

Сучасні технології виробництва паливних гранул сприяють підвищенню ефективності, якості та екологічності процесу. Використання інноваційних підходів дозволяє адаптувати виробництво до умов ринку та вимог споживачів, що є важливим чинником для успішного функціонування галузі твердого

біопалива. З впровадженням нових технологій, галузь отримує можливості для розвитку та оптимізації, що, в свою чергу, сприяє зниженню енергетичної залежності та забезпеченню сталого розвитку.

1.5. Інновації в технологіях виробництва паливних гранул

Виробництво паливних гранул постійно еволюціонує завдяки впровадженню нових технологій і інновацій, які покращують процеси, знижують витрати та підвищують якість кінцевого продукту.

Однією з найзначніших інновацій є використання нових типів сировини, таких як водорості, відходи харчової промисловості та інші неконвенційні матеріали [8]. Це дозволяє розширити асортимент сировини, з якої можна виробляти паливні гранули, та зменшити залежність від традиційних деревних ресурсів.

Іншою важливою інновацією є застосування технологій мікробіологічного перетворення сировини. Використання мікроорганізмів для гідролізу целюлози може підвищити ефективність процесу переробки, забезпечуючи кращу конверсію органічних матеріалів в біомасу [9]. Це підходить для сировини, яка має високу клітинну стінку і потребує додаткового оброблення.

Розвиток автоматизації та інтелектуальних систем управління також суттєво впливає на виробництво паливних гранул. Системи з використанням штучного інтелекту і машинного навчання можуть аналізувати дані з різних етапів виробництва, оптимізувати процеси в реальному часі та передбачати можливі проблеми [10]. Це дозволяє знижувати витрати на енергію, зменшувати відходи та покращувати якість продукції.

Використання технологій нано- та біоматеріалів для поліпшення якості гранул і зменшення їх зольності також є важливим напрямком інновацій [7]. Наприклад, добавки на основі наноцелюлози можуть покращити міцність гранул і їх горючі характеристики.

Також активно впроваджуються нові технології сушіння, такі як використання теплових насосів та мікрохвильового сушіння, які забезпечують більш ефективне видалення вологи при низьких енергетичних витратах [12]. Ці технології дозволяють зберегти енергетичну цінність сировини, зменшуючи ризик її перегрівання та деградації.

Ще одним важливим аспектом є розробка нових екологічно чистих технологій, які зменшують негативний вплив на навколишнє середовище [11]. Використання відновлювальних джерел енергії в процесах виробництва, таких як сонячні панелі або вітрові турбіни, дозволяє знизити вуглецевий слід виробництва паливних гранул.

Принцип функціонування гранулятора

Верхня частина гранулятора повинна бути обладнана отвором для завантаження сировини. Після цього сировина проходить через отвори матриці, де відбувається процес гранулювання. Внаслідок цього на виході утворюються гранули. Також у конструкції гранулятора передбачений отвір для вивантаження готових гранул назовні.

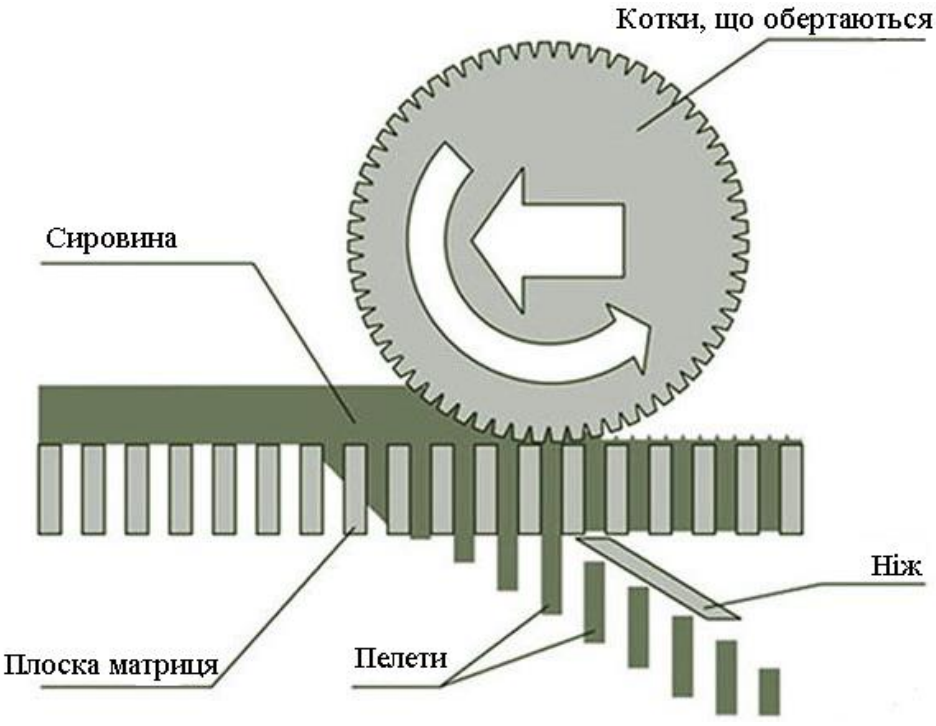


Рис.1.5. Плоска матриця [8]

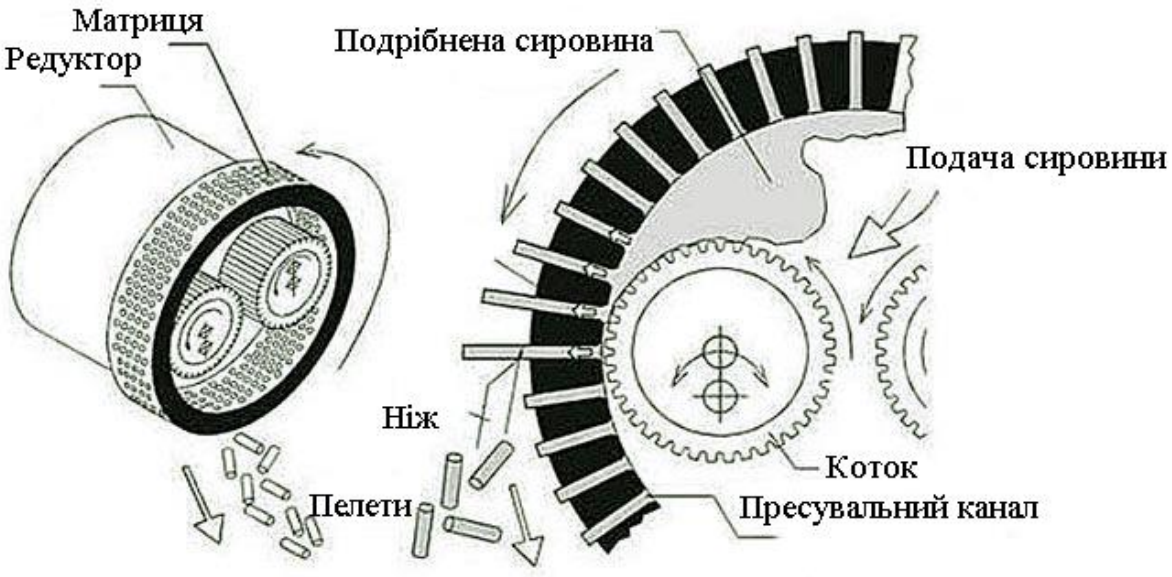


Рис.1.6. Циліндрична матриця [9]

Циліндрична матриця – це барабан з отворами, всередині якого обертаються ролики

Інновації в технологіях виробництва паливних гранул є ключовими для забезпечення стійкості і конкурентоспроможності галузі. Впровадження нових підходів не лише покращує ефективність виробництва, але й сприяє зниженню витрат та підвищенню якості кінцевого продукту, що, в свою чергу, робить тверде біопаливо більш привабливим для споживачів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Аналіз існуючих технологій та технічних засобів для виробництва твердого біопалива показав, що енергетична цінність біопалива визначається низкою факторів, серед яких вид сировини, її вологість та зольність є ключовими.

РОЗДІЛ 2.
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАНУЛЯТОРА В ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

2.1. Характеристика господарства "ЕКО-ПОЛІССЯ" (Житомирська область, Україна)

Компанія "ЕКО-ПОЛІССЯ" заснована в 2006 році та спеціалізується на виробництві твердого біопалива, зокрема паливних гранул та брикетів із деревних відходів [5]. Господарство розташоване у Житомирській області, яка має значний ресурсний потенціал для заготівлі біомаси завдяки розвинутому лісовому господарству та наявності сільськогосподарських угідь.

Основна діяльність: Основним напрямом діяльності компанії є переробка деревини та її відходів у тверде біопаливо. Серед продукції "ЕКО-ПОЛІССЯ" виділяють деревне вугілля, паливні брикети типу NESTRO, та паливні гранули [8]. Крім того, компанія займається постачанням обладнання для гранулювання, сушіння біомаси та іншого переробного обладнання.

Сировина: Для виробництва твердого біопалива використовується широкий спектр деревних відходів, включаючи тріску, тирсу, лушпиння та інші залишки лісопереробної діяльності [7]. Компанія також підтримує ідею використання відходів від аграрного сектору для створення більш стійких джерел енергії.

2.2. Розрахунку сировинної бази для деревообробки "ЕКО-ПОЛІССЯ" (Житомирська область, Україна)

Скористаємося даними, що в 2024 році: 261 робочий день [41], і що робочий час становить 8 годин на день.

Розрахунок загальної кількості робочих годин на рік:

$$261\text{днів} \cdot 8 \text{ годин на день} = 2088 \text{ годин на рік}$$

Розрахунок середньодобової продуктивності:

$$\frac{2088}{320} = 6.525 \text{ годин}, \qquad (2.1)$$

Розрахунок потреби в відходах деревообробки на добу

$$65\text{кг/год} \cdot 8 \text{ год/день} = 520 \text{ кг відходів деревообробки за добу}$$

Середня продуктивність гранулятора в господарстві “ЕКО-ПОЛІССЯ” становить 65 кг на годину. Для забезпечення безперебійного процесу виробництва паливних гранул необхідно постачати відходів деревообробки в обсязі 520 кг на добу.

Цей обсяг сировини є критично важливим для ефективного функціонування підприємства, адже від нього залежить не лише продуктивність, а й якість кінцевого продукту [9]. Компанія “ЕКО-ПОЛІССЯ” прагне оптимізувати використання сировини, щоб знизити витрати та підвищити конкурентоспроможність на ринку екологічно чистих енергоресурсів. Використання деревних відходів дозволяє не лише ефективно переробляти сировину, а й сприяти збереженню екології. Це важливий аспект для компанії, яка активно підтримує ідею сталого розвитку [12].

Таким чином, визначені параметри продуктивності гранулятора та потреба в тирсі свідчать про можливість “ЕКО-ПОЛІССЯ” ефективно використовувати доступні ресурси для досягнення своїх цілей у виробництві твердого біопалива.

2.3. Методика конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул

Розрахунок об'ємної продуктивності гранулятора, яка визначається за формулою: [8]

$$Q_{об} = \frac{Q_{мас}}{P_{нас}}, \quad (2.2)$$

де $Q_{об}$ — об'ємна продуктивність гранулятора, м³/с;

$Q_{мас}$ — масова продуктивність гранулятора, кг/с;

$P_{мас}$— насипна щільність сировини, кг/м³.

Розрахунок діаметра каналу пресування (філь’єри) : [8]

$$d_f = \frac{d_g}{c}, \quad (2.3)$$

де d_f – діаметр філь’єри матриці, м;

d_g – діаметр гранул, м;

c – коефіцієнт, що враховує розширення спресованого матеріалу після виходу із каналу пресування.

Відповідно до міжнародного стандарту на паливні гранули EN- 14961 їх діаметр повинен становити 6±1 мм [33]. Коефіцієнт, що враховує розширення спресованого матеріалу після виходу із каналу пресування с, для міцних гранул становить 1,1-1,15. Чим коефіцієнт С нижчий, тим гранули менш міцні [8].

Площа перерізу філь’єри визначається за формулою [9]:

$$S_f = \pi \cdot \frac{d_f^2}{4}, \quad (2.4)$$

де S_f – площа філь’єри матриці, м2.

Кількість філь’єр в матриці визначається за формулою [9]:

$$nf = \frac{Sm \cdot ф}{Sf}, \quad (2.5)$$

де n_f – кількість філь’єр в матриці,

шт.; S_m – площа матриці

ф – живий переріз матриці, %. Живий переріз матриці ф становить, як правило, 25%.

Розрахунковий діаметр матриці визначається за формулою: [8]

$$D_m = \sqrt{\frac{4 \cdot nf \cdot Sf}{\pi \cdot ф}}, \quad (2.6)$$

де D_m – діаметр матриці, м;

ф – живий переріз матриці, 25%.

Площа матриці визначається за формулою: [8]

$$Sm = \pi \cdot \frac{D_м^2}{4}, \quad (2.7)$$

де S_m – площа матриці, м2.

Технологічний переріз матриці (переріз матриці, що не містить філь'єр) призначений для кріплення приводу розміщений в центрі матриці.

Площа технологічного перерізу матриці визначається за формулою: [9]

$$S_T = Sm \cdot (1 - \phi), \tag{2.8}$$

де S_T – площа технологічного перерізу матриці, м2.

Рис. 2.1. Матриця і ролики

Радіус технологічного перерізу матриці: [8]

$$R_T = \sqrt{\frac{S_T}{\pi}}, \tag{2.9}$$

де R_T — радіус технологічного перерізу матриці, м.

Ширина ролика визначається за формулою: [8]

$$l_T = \frac{D\text{м}}{2}, \tag{2.10}$$

де $l_т$ — ширина ролика, м.

Кутова швидкість обертання роликів ω визначається за формулою [9]:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{30}, \tag{2.11}$$

ω — кутова швидкість обертання роликів, рад/с;

n — частота обертання валу, об/хв.

2.3.1. Методика визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора

Визначення передавального відношення пасової передачі:

Передавальне відношення (i) визначає зменшення або збільшення швидкості обертання між шківами: [11]

$$i = \frac{\mathrm{n1}}{\mathrm{n2}}, \tag{2.12}$$

де n1 — частота обертання ведучого шківа (двигуна), об/хв;

n2 — частота обертання веденого шківа (гранулятора), об/хв.

Вибір діаметрів шківів:

Діаметри ведучого (D1) і веденого (D2) шківів визначаються з передавального відношення: [11]

$$\frac{\mathrm{D1}}{\mathrm{D2}} = i, \tag{2.13}$$

Розрахунок потужності пасової передачі:

Потужність, яку передає пасова передача, розраховується як: [11]

$$P = N \cdot \eta, \tag{2.14}$$

де P — потужність, яку передає пасова передача, кВт;

N — потужність електродвигуна, кВт;

η — коефіцієнт корисної дії пасової передачі (зазвичай 0.95–0.98).

Вибір типу паса та розрахунок його натягу:

Тип паса вибирається залежно від переданої потужності, швидкості обертання та діаметрів шківів. Для грануляторів найчастіше використовують клинові паси, які мають високу ефективність та надійність. Натяг паса визначається за формулою: [11]

$$F = \frac{P}{v}, \tag{2.15}$$

де F — натяг паса, Н;

P — передана потужність, Вт;

v — швидкість руху паса, м/с.

Швидкість руху паса розраховується як: [11]

$$v = \frac{\pi \cdot D1 \cdot n1}{60}, \tag{2.16}$$

де D1 — діаметр ведучого шківа, м;

n1 — частота обертання ведучого шківа, об/хв.

Перевірка на допустиме напруження в пасі:

Допустиме напруження в пасі визначається з урахуванням матеріалу паса та його експлуатаційних характеристик. Для клинових пасів розраховується максимально допустиме натягування, щоб уникнути надмірного розтягування та зносу: [11]

$$\sigma = \frac{F}{A}, \tag{2.17}$$

де σ — напруження в пасі, Па;

F — натяг паса, Н;

A — поперечна площа перерізу паса, м².

Зазвичай натяг повинен відповідати рекомендованим значенням для обраного типу паса.

Перевірка на ковзання паса:

Ковзання паса має бути мінімальним, що забезпечує стабільну передачу крутного моменту. Для контролю цього параметра використовуються натяжні пристрої та відповідні розрахунки коефіцієнта зчеплення між пасом і шківами.

2.4. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул

Розрахунок об'ємної продуктивності гранулятора, яка визначається за формулою: (2.2)

$$Q_{об} = \frac{0.01806}{700} = 0.0000258 м^3/с$$

де $Q_{об}$ — об'ємна продуктивність гранулятора, м³/с;

$Q_{мас}$ — масова продуктивність гранулятора, кг/с;

$P_{мас}$— насипна щільність сировини, кг/м³.

Розрахунок діаметра каналу пресування (філь’єри) яка визначечається за формулою: (2.3)

$$d_f = \frac{0.006}{1.1} = 0.00545 м = 5.45 мм$$

де d_f – діаметр філь’єри матриці, м;

d_g – діаметр гранул, м;

c – коефіцієнт, що враховує розширення спресованого матеріалу після виходу із каналу пресування.

Відповідно до міжнародного стандарту на паливні гранули EN- 14961 їх діаметр повинен становити 6±1 мм [33]. Коефіцієнт, що враховує розширення спресованого матеріалу після виходу із каналу пресування с, для міцних гранул становить 1,1-1,15. Чим коефіцієнт С нижчий, тим гранули менш міцні [8].

Площа перерізу філь'єри визначається за формулою : (2.4)

$$S_f = \pi \cdot \frac{(0.00545)^2}{4} = 23.35\text{мм}^2$$

де S_f – площа філь'єри матриці, м2.

Кількість філь'єр в матриці визначається за формулою : (2.5)

$$nf = \frac{0.007855 \cdot 0.25}{0.00002335} = 336$$

де n_f – кількість філь'єр в матриці,

шт.; S_m – площа матриці

ф – живий переріз матриці, %. Живий переріз матриці ф становить, як правило, 25%.

Розрахунковий діаметр матриці визначається за формулою: (2.6)

$$D_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 336 \cdot 0.00002335}{3.1416 \cdot 0.25}} = 200\text{мм}$$

де D_m – діаметр матриці, м;

ф – живий переріз матриці, 25%.

Площа матриці визначається за формулою: (2.7)

$$Sm = \pi \cdot \frac{(0.2)^2}{4} = 3142\text{мм}^2$$

де S_m – площа матриці, м2.

Технологічний переріз матриці (переріз матриці, що не містить філь'єр) призначений для кріплення приводу розміщений в центрі матриці.

Площа технологічного перерізу матриці визначається за формулою: (2.8)

$$S_T = 0.03142 \cdot (1 - 0.25) = 0.02357 \text{мм}^2$$

де S_T – площа технологічного перерізу матриці, м2.

Радіус технологічного перерізу матриці: (2.9)

$$R_T = \sqrt{\frac{0.02357}{3.1416}} = 86.6 \text{мм}$$

де R_T — радіус технологічного перерізу матриці, м.

Ширина ролика визначається за формулою: (2.10)

$$l_T = \frac{200}{2} = 100 \text{мм}$$

Де l_T — ширина ролика, м.

Кутова швидкість обертання роликів ω визначається за формулою: (2.11)

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.1416 \cdot 300}{60} = 31.42 \text{ рад/с}$$

ω — кутова швидкість обертання роликів,рад/с;

n — частота обертання валу, об/хв.

Таблиця 2.2

Результати визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора

Параметр і позначення	Результат і одиниці вимірювання
Об'ємна продуктивність гранулятора ($Q^{об}$)	0.0000258 $м^3/с$
Масова продуктивність гранулятора ($Q_{мас}$)	0.01806 кг/с
Насипна щільність сировини ($P_{мас}$)	700 $кг/м^3$
Діаметр каналу пресування ($d_{кк}$)	5.45 мм
Діаметр гранул (d_g)	6.00 мм
Коефіцієнт розширення матеріалу (c)	1.1
Площа перерізу філь'єри (S_f)	23.35 $мм^2$
Кількість філь'єр (n_f)	336 шт
Діаметр матриці ($D_м$)	200 мм
Площа матриці ($S_м$)	3142 $мм^2$
Площа технологічного перерізу матриці (S_T)	2357 $мм^2$
Радіус технологічного перерізу матриці (R_T)	86.6 мм
Ширина ролика (l_T)	100 мм
Кутова швидкість обертання роликів (ω)	31.42 рад/с
Частота обертання валу (n)	300 об/хв

2.4.1. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора

Пасова передача є важливим елементом приводу гранулятора, що забезпечує передачу крутного моменту від електричного двигуна до робочих органів машини. Вибір оптимальних параметрів пасової передачі впливає на ефективність, надійність і термін експлуатації обладнання. Методика визначення параметрів пасової передачі включає розрахунок основних елементів, таких як діаметри шківів, передавальне відношення, потужність і напруження у пасах.

вихідні дані:

Потужність електродвигуна: N=15кВт

Частота обертання ведучого шківа (двигуна): n1=1500об/хв

Частота обертання веденого шківа (гранулятора): n2=300об/хв

Коефіцієнт корисної дії пасової передачі: η=0.96

Діаметр ведучого шківа: D1=0.15м

Передавальне відношення пасової передачі розраховується за цією формулою: (2.12)

$$i = \frac{1500}{300} = 5$$

Передавальне відношення i дорівнює 5.

Діаметр веденого шківа розраховується за цією формулою: (2.13)

$$\mathrm{D2} = \frac{\mathrm{D1}}{i} = \frac{0.15}{5} = 0.03 \text{ м}$$

Діаметр веденого шківа D_2 становить 0.03 м.

Потужність, яку передає пасова передача розраховується за цією формулою:(2.14)

$$P = 15\text{кВт} \cdot 0.96 = 15.24 \text{ кВт}$$

Потужність пасової передачі P дорівнює 15.24кВт.

Швидкість руху паса розраховується за цією формулою: (2.15)

$$\upsilon = \frac{\pi \cdot 0.15 \cdot 1500}{60} = 11.78 \text{ м/с}$$

Швидкість руху паса υ становить 11.78 м/с.

Натяг паса: (2.16)

$$\mathrm{F} = \frac{18240}{11.78} = 1548.6\ H$$

Натяг паса F дорівнює 1548.6 Н.

Напруження в пасі розраховується за цією формулою: (2.17)

$$\sigma = \frac{1548.6}{0.0005} = 3.1 \text{ МПа}$$

Напруження σ у пасі становить 3.1 МПа.

Таблиця 2.3

Результати визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора

Параметр і позначення	Результати та одиниці вимірювання
Потужність електродвигуна N	15 кВт
Частота обертання ведучого шківа n_1	1500 об/хв
Частота обертання веденого шківа n_2	300 об/хв
Коефіцієнт корисної дії η	0.96
Діаметр ведучого шківа D_1	0.15 м
Передавальне відношення i	5
Діаметр веденого шківа D_2	0.03 м
Потужність пасової передачі P	15.24 кВт
Швидкість руху паса v	11.78 м/с
Натяг паса F	1548.6 Н
Напруження в пасі σ	3.1 МПа

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1.Аналіз основних параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул

Об'ємна продуктивність гранулятора:

Визначена об'ємна продуктивність становить 0.0000258 м³/с, що є ключовим параметром для розуміння технічної ефективності установки у відношенні до обсягів переробленої сировини.

Діаметр філь'єри матриці:

Розрахунковий діаметр філь'єри становить 5.45 мм, забезпечуючи стандартний розмір паливних гранул згідно міжнародного стандарту EN-14961.

Площа перерізу філь'єри:

Площа перерізу філь'єри визначена у 23.35 мм², що відповідає технічним вимогам для формування гранул необхідного розміру.

Кількість філь'єр в матриці:

Загальна кількість філь'єр у матриці становить 336 штук, що дозволяє оптимізувати виробничий процес, забезпечуючи високу продуктивність гранулятора.

Розрахунковий діаметр матриці:

Розрахунковий діаметр матриці дорівнює 200 мм, відіграє критичну роль у визначенні розміру та форми паливних гранул.

Площа матриці:

Площа матриці становить 3142 мм², що є фундаментальним для розрахунків продуктивності і специфікацій обладнання.

2.Потужність електродвигуна: 15 кВт

Частота обертання ведучого шківа: 1500 об/хв

Частота обертання веденого шківа: 300 об/хв

Коефіцієнт корисної дії: 0.96

Діаметр ведучого шківа: 0.15 м

Передавальне відношення: 5

Діаметр веденого шківа: 0.03 м

Потужність пасової передачі: 15.24 кВт

Швидкість руху паса: 11.78 м/с

Натяг паса: 1548.6 Н

Напруга в пасі: 3.1 МПа

РОЗДІЛ 3.
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

Котли, призначені для спалювання паливних гранул, здатні працювати безперервно протягом кількох діб. Гранули подаються з бункера в топку, де вони згоряють, а зола накопичується в зольнику. Щоб забезпечити ефективну роботу котла, його періодично обслуговують: завантажують нову порцію палива в бункер і видаляють золу. Проте, якщо зольність гранул перевищує допустимий рівень, частота обслуговування зростає, що впливає на економічність експлуатації та зручність користування. [14] Тому знання про зольність паливних гранул, особливо при використанні їх у малих господарствах, є необхідним для планування оптимальної роботи котлів.

3.1. Методика визначення зольності паливних гранул

Для визначення зольності паливних гранул використовувалася методика, що відповідає стандарту ДСТУ 7079:2009. Дослідження проводилось на лабораторних пробах деревних паливних гранул першого класу, які застосовуються для обігріву приміщень у малих господарствах [13].

Підготовка проби: Пробу деревних гранул подрібнювали до часток розміром до 3 мм. Підготовлена проба ретельно перемішувалася у відкритій посудині.

Зважування: У заздалегідь зважені тиглі поміщали навішування масою 6-8 г. Навішування відбирали з різних глибин проби, щоб забезпечити однорідність.

Прожарювання: Тиглі з навішуванням ставили в муфельну піч, поступово нагрівали до температури (800±20)°С і витримували при цій температурі протягом 2 годин.

Зважування після прожарювання: Після завершення прожарювання тиглі охолоджували та зважували знову. Якщо маса змінювалася не більше ніж на 0,005 г після повторного прожарювання, дослідження вважалося завершеним. Усі зважування проводились з точністю до 0,0002 г.

Зольність проби визначають за виразом [14]:

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \qquad (3.1)$$

де А – зольність проби, %; m1 – маса тигля, г; m2 – маса тигля із пробою, г; m3 – маса тигля із золою, г.

3.2. Результати визначення зольності паливних гранул

Проводилися дослідження зольності трьох видів паливних гранул:

деревних паливних гранул промислового призначення;

деревних паливних гранул першого класу;

гранул, виготовлених із соломи.

Прожарювання зразків здійснювали в муфельній печі моделі SNOL-72/100 (рис. 3.1).

Рис. 3.1 Муфельна піч SNOL-72/100

Таблиця 3.1

Результати експериментального визначення зольності деревних паливних гранул першого класу

Повторність	Маса тигля, г	Маса тигля і навішування, г (до озолення)	Маса навішування, г	Маса тигля і навішування, г (після озолення)	Зольність, %
1	35,8728	41,1387	5,2659	35,8947	0,415883
2	33,1188	38,9998	5,8802	33,1405	0,369035
3	33,3996	40,4805	7,0809	33,4227	0,326223
Середнє	-	-	-	-	0,3704

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

В результаті наших досліджень встановлено що середня зольність деревних паливних гранул становить 0,3704%

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Виробництво твердого біопалива, зокрема паливних гранул, є важливим елементом сучасної енергетики, який забезпечує екологічну альтернативу традиційним видам пального. Проте цей процес пов'язаний з певними ризиками для працівників, які можуть виникати на різних етапах виробництва. Тому питання охорони праці стає надзвичайно актуальним. У цьому розділі буде проведено детальний аналіз небезпек на виробництві паливних гранул, розроблено комплекс заходів для забезпечення безпеки працівників, а також створено умови для мінімізації ризиків [19].

Особливу увагу буде приділено технологічним процесам у цеху з виробництва паливних гранул і забезпеченню ефективної вентиляції для запобігання небажаним впливам пилу та токсичних газів. Адже якість повітря, яке дихають працівники, є критично важливим фактором для їхнього здоров'я і безпеки.

Процес виготовлення паливних гранул із деревини супроводжується рядом потенційних небезпек для працівників, які потребують ретельного аналізу та оцінки. Перш ніж перейти до обговорення конкретних небезпек, слід зазначити, що більшість з цих ризиків можна зменшити шляхом дотримання належних стандартів охорони праці і технічної безпеки [20].

Пилове забруднення: Під час подрібнення, сушки і пресування деревної сировини утворюється велика кількість дрібнодисперсного пилу, що може спричиняти захворювання дихальних шляхів, зокрема алергічні реакції та хронічні респіраторні хвороби. Згідно з дослідженнями, тривале вдихання деревного пилу може призвести до серйозних проблем із легенями. Пилові частинки, якщо їх концентрація перевищує допустимі норми, є вибухонебезпечними. Тому важливо проводити регулярні заміри концентрації пилу в повітрі на робочих місцях, щоб забезпечити безпечні умови праці.

4.1. Аналіз небезпек при виготовленні деревних паливних гранул

Таблиця 4.1

Опис небезпек під час експлуатації гранулятора, можливі наслідки та заходи для попередження небезпечних ситуацій

Найменування технологічного процесу	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова	небезпечна дія	небезпечна ситуація		
Виготовлення деревних паливних гранул	1. Висока запиленність	1. Вдихання дрібнодисперсного пилу	1. Працівник перебуває в місці підвищеного запилення	1. Вдихання пилу викликає захворювання дихальних шляхів	1. Використання ЗІЗ, запуск системи аспірації
	2. Висока запиленність	2. Використання відкритого полум'я	2. Працівник у зоні запилення з відкритим полум'ям	2. Травма від вибуху пилу	2. Запуск системи аспірації, заборона використання відкритого полум’я
	3. Відсутність захисту на обертових частинах гранулятора	3. Знаходження працівника в зоні обертових частин	3. Вхід працівника в зону обертових частин гранулятора	3. Травма працівника	3. Встановлення запобіжних кожухів на обертових частинах
	4. Недостатнє освітлення робочого місця	4. Перебування працівника в поганому освітленні	4. Працівник не помічає небезпечних факторів через погане освітлення	4. Травма або нещасний випадок	4. Покращення освітлення робочої зони до нормативного рівня
	5. Підвищений рівень шуму і вібрації	5. Перебування працівника у зоні високої вібрації та шуму	5. Вплив вібрації та шуму на здоров'я працівника	5. Професійні захворювання	5. Використання системи віброзахисту, вібродемферування гранулятора

Механічні травми: У процесі експлуатації грануляторів та іншого обладнання можливі механічні травми, як-от порізи, удари або переломи, що виникають через контакти з рухомими частинами машин. Наявність захисних огороджень, автоматичних зупинок та інших безпекових механізмів є важливим аспектом у запобіганні таких травм. Також, регулярні навчання працівників щодо безпечного використання обладнання можуть зменшити ймовірність травм.

Термічні ризики: Обладнання для сушіння та гранулювання працює при високих температурах, що може призвести до опіків або термічних травм у випадку недотримання правил безпеки. Важливо забезпечити належні заходи безпеки, такі як встановлення захисних екранів і систем охолодження, а також навчити працівників правильної роботи з таким обладнанням, щоб запобігти випадковим опікам [21].

Електробезпека: Оскільки виробничий процес передбачає використання електричних двигунів та інших електроприладів, існує ризик ураження електричним струмом у разі несправності обладнання або нехтування правилами експлуатації. Регулярна перевірка електричних мереж, заземлення та використання автоматичних вимикачів можуть суттєво знизити ці ризики. Працівники повинні бути навчені основам електробезпеки і знати, як діяти в разі виникнення електричної аварії.

Вибухонебезпечність: Висока концентрація пилу в повітрі, особливо в місцях подрібнення деревини, може створювати умови для вибуху, особливо у поєднанні з іскрами від механізмів або електрообладнання. З метою запобігання вибухам, важливо реалізувати заходи по контролю вмісту пилу в повітрі та впровадити автоматизовані системи контролю за його концентрацією.

Хімічні небезпеки: У процесі обробки деревини можуть використовуватися хімічні речовини для покращення якості паливних гранул. Ці речовини можуть становити небезпеку для здоров’я, якщо з ними не

дотримуватися правил безпеки. Тому важливо вивчити властивості таких речовин і забезпечити відповідні заходи безпеки [22].

Рис. 4.1 Основні небезпеки під час виготовлення паливних гранул

4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся»

Для забезпечення безпеки на виробництві розроблено комплекс заходів, які регламентують безпечну роботу з обладнанням та попереджують небезпечні ситуації. Ключові пункти інструкції з охорони праці включають:

Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): Респіраторів, захисних окулярів, спеціального одягу та рукавичок. Ці засоби допомагають запобігти потраплянню пилу до органів дихання і знижують ризик травм під час роботи з механізмами. Важливо, щоб усі працівники пройшли навчання з використання ЗІЗ і знали, коли та як їх використовувати.

Регулярний моніторинг забезпеченості працівників ЗІЗ також є важливою частиною охорони праці.

Регулярне технічне обслуговування обладнання: Всі машини та установки повинні періодично перевірятися на справність, а несправне обладнання слід негайно виводити з експлуатації. Розробка графіків технічного обслуговування та контролю за його виконанням допоможе запобігти аварійним ситуаціям. Створення чіткої документації на проведені роботи також сприяє підвищенню рівня безпеки.

Навчання персоналу: Працівники повинні пройти обов'язкове навчання з безпечної експлуатації обладнання, а також надання першої допомоги у разі аварійних ситуацій. Практичні заняття та симуляції можуть допомогти підвищити рівень готовності працівників до надзвичайних ситуацій. Крім того, важливо періодично проводити повторні навчання, щоб освіжити знання працівників.

Системи протипожежного захисту: У цеху повинні бути встановлені засоби пожежогасіння, а також системи виявлення підвищеної концентрації пилу в повітрі. Працівники мають бути ознайомлені з протипожежною інструкцією та проходити регулярні навчання з дій у разі виникнення пожежі. Важливо також перевіряти працездатність систем протипожежного захисту не рідше одного разу на півроку[22].

Забезпечення безпеки в роботі з хімічними речовинами: У разі використання хімічних реагентів для обробки деревини, працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями щодо безпечного використання цих матеріалів, включаючи способи їх зберігання та утилізації. Важливо, щоб на кожному робочому місці були доступні відповідні паспорти безпеки на всі хімічні речовини.

Створення здорового робочого середовища: Для забезпечення комфортних умов праці необхідно контролювати температуру, вологість та освітленість в цеху. Регулярні перевірки наявності шкідливих викидів і контроль за їх рівнем можуть суттєво знизити ризики для здоров'я працівників.

4.1.1. Ідентифікація небезпечних факторів

У виробництві деревних паливних гранул існує кілька небезпечних факторів, які можуть вплинути на здоров'я та безпеку працівників. Основні з них включають:

Пил: Утворення пилу під час подрібнення та грануляції деревини може призвести до респіраторних захворювань та вибухонебезпечних ситуацій.

Механічні небезпеки: Ризик травм при роботі з важким обладнанням, таким як дробарки, прес-гранулятори, конвеєри та інше. Небезпека виникає через можливість випадкового контакту з рухомими частинами машин.

Температурні ризики: Підвищені температури під час сушіння та грануляції можуть викликати опіки або привести до загоряння, якщо не дотримуватись належних заходів безпеки [21].

Електричні небезпеки: Використання електричного обладнання супроводжується ризиком ураження електричним струмом через несправності в електропроводці чи неправильне заземлення.

Шум: Високий рівень шуму, що виникає під час роботи машин, може призвести до втрати слуху у працівників.

Хімічні небезпеки: Використання хімічних добавок для покращення якості гранул може викликати отруєння або подразнення шкіри при неправильному поводженні з ними.

4.1.2. Оцінка ризиків

Оцінка ризиків є важливим етапом управління охороною праці, що дозволяє визначити ймовірність виникнення небезпек та їх можливі наслідки. Для кожного з ідентифікованих небезпечних факторів слід провести оцінку, яка включає такі етапи [21]:

Визначення ймовірності: Необхідно оцінити, як часто може виникнути кожен з небезпечних факторів. Наприклад:

Пил — висока ймовірність через постійний процес подрібнення.

Механічні небезпеки — середня ймовірність, з огляду на дотримання інструкцій з безпеки.

Температурні ризики — низька ймовірність, якщо дотримуються заходи безпеки.

Оцінка наслідків: Визначення потенційних наслідків для здоров'я та безпеки працівників. Наслідки можуть варіюватися від легких травм до серйозних захворювань або навіть летальних випадків:

Пил — можливі респіраторні захворювання, алергії.

Механічні небезпеки — травми, ушкодження кінцівок.

Температурні ризики — опіки, пожежі.

Рейтинг ризиків: На основі отриманих даних, кожен ризик можна оцінити за шкалою (наприклад, низький, середній, високий). Це дозволяє пріоритизувати заходи з управління ризиками:

Високий ризик потребує термінового реагування та впровадження заходів безпеки.

Середній ризик може бути зменшений шляхом удосконалення процедур і навчання працівників.

Низький ризик потребує моніторингу, але не вимагає термінових заходів.

Розробка плану заходів: На основі оцінки ризиків слід розробити план дій, який включає навчання персоналу, впровадження засобів індивідуального захисту, покращення вентиляції та контроль за дотриманням стандартів безпеки.

Забезпечення безпеки працівників у виробництві деревних паливних гранул потребує системного підходу до ідентифікації та оцінки ризиків, що дозволяє створити безпечне робоче середовище і запобігти нещасним випадкам.

4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся»

Для забезпечення безпеки на виробництві розроблено комплекс заходів, які регламентують безпечну роботу з обладнанням та попереджують небезпечні ситуації. Ключові пункти інструкції з охорони праці включають:

Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): респіраторів, захисних окулярів, спеціального одягу та рукавичок. Ці засоби допомагають запобігти потраплянню пилу до органів дихання і знижують ризик травм під час роботи з механізмами [21]..

Регулярне технічне обслуговування обладнання. Всі машини та установки повинні періодично перевірятися на справність, а несправне обладнання слід негайно виводити з експлуатації.

Навчання персоналу. Працівники повинні пройти обов'язкове навчання з безпечної експлуатації обладнання, а також надання першої допомоги у разі аварійних ситуацій.

Системи протипожежного захисту. У цеху повинні бути встановлені засоби пожежогасіння, а також системи виявлення підвищеної концентрації пилу в повітрі. Працівники мають бути ознайомлені з протипожежною інструкцією.

4.2.1. Основні правила безпеки

Для забезпечення безпеки працівників у процесі виготовлення деревних паливних гранул необхідно дотримуватись низки основних правил безпеки:

Навчання і інструктаж: Усі працівники повинні пройти навчання з охорони праці та отримати інструктаж перед початком роботи. Це включає ознайомлення з обладнанням, робочими процесами та заходами безпеки [19].

Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): Працівники повинні використовувати належні ЗІЗ, такі як:

Захисні окуляри для захисту очей від пилу та часток.

Респіратори для захисту дихальних шляхів від пилу та небезпечних газів.

Протишумові навушники для захисту слуху від високих рівнів шуму.

Спеціальне взуття для захисту від травм нижніх кінцівок.

Дотримання чистоти на робочому місці: Регулярне прибирання робочих зон, видалення залишків сировини та пилу. Це допомагає запобігти не тільки захворюванням, але й ризикам займання.

Безпечне використання обладнання: Працювати з обладнанням тільки після отримання інструктажу. Не допускати порушень в експлуатації, виконувати всі правила безпеки, встановлені для конкретного обладнання.

Пожежна безпека: Знати місцезнаходження вогнегасників і аптечок, а також вміти користуватись ними. Проводити регулярні тренування з евакуації у разі пожежі.

Електробезпека: Перевіряти електричні системи та обладнання на наявність ушкоджень. Не працювати з обладнанням під час дощу або в умовах підвищеної вологості.

Регулярні медичні огляди: Працівники повинні проходити медичні огляди для виявлення можливих захворювань, пов'язаних з роботою на виробництві.

4.2.2. Заходи першої допомоги

У разі виникнення нещасних випадків або травм на виробництві важливо знати, які заходи першої допомоги слід вжити [19]:

Респіраторні проблеми: Якщо працівник відчуває труднощі з диханням через пил або інші подразники, необхідно:

Перемістити його на свіже повітря.

Надати йому респіратор або маску.

За потреби викликати медичну допомогу.

Травми: У випадку травм (порізи, удари):

Зупинити кровотечу, приклавши чисту тканину або пов'язку.

У разі серйозних травм (наприклад, переломів) не рухати постраждалого, поки не прибуде медична допомога.

Опіки: При опіках (термічних або хімічних):

Промити опікову ділянку прохолодною водою не менше 10 хвилин.

Не накладати на опік льоду чи жирних мазей.

Викликати медичну допомогу, якщо опік серйозний.

Ураження електричним струмом: У разі ураження електричним струмом:

Вимкнути джерело електрики (виключити автомат або витягнути вилку).

Не торкатися до постраждалого, поки струм не буде вимкнено.

Якщо постраждалий не дихає, проводити серцево-легеневу реанімацію (СЛР) та викликати швидку медичну допомогу.

Пожежа: У випадку пожежі на виробництві:

Негайно повідомити про це інших працівників і викликати пожежну службу.

Використовувати вогнегасник, якщо вогонь незначний і його можна ліквідувати.

Якщо вогонь значний, покинути приміщення, не намагаючись гасити вогонь.

4.3. Розрахунок приточно-витяжної вентиляції цеху з виробництва паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся»

Одним із найважливіших елементів системи безпеки на виробництві є забезпечення належної вентиляції. У цеху з виробництва паливних гранул постійно утворюється пил, який необхідно ефективно видаляти для забезпечення безпеки працівників. Для цього розробляється система приточно-витяжної вентиляції, яка допоможе підтримувати чистоту повітря і запобігти накопиченню небезпечних часток у робочому середовищі. [23]

При проектуванні вентиляційної системи слід враховувати наступні фактори:

Об'єм приміщення: Визначення необхідної потужності вентиляційних установок залежить від площі цеху та кількості працівників. Наприклад, для невеликих приміщень можна використовувати локальні вентиляційні системи, а для більших цехів — централізовану систему вентиляції.

Концентрація пилу: Система повинна забезпечувати видалення пилу з повітря з концентрацією, що не перевищує допустимі норми для промислових приміщень. Згідно з українськими нормами, максимальна концентрація деревного пилу не повинна перевищувати 2 мг/м³. Для досягнення цього стандарту можуть використовуватися фільтри різних типів.

Кратність обміну повітря: У промислових цехах для безпеки працівників рекомендується забезпечувати обмін повітря з кратністю не менше 8-12 разів за годину. Для визначення оптимальної кратності обміну повітря, слід провести розрахунки, враховуючи об’єм цеху, кількість працівників та специфіку технологічного процесу. [24]

Для господарства «Еко-Полісся» рекомендовано встановлення вентиляційної системи з можливістю регулювання повітряних потоків в залежності від об'єму робіт та рівня запиленості. Наприклад, у години пік, коли відбувається інтенсивна обробка деревини, система може автоматично підвищувати інтенсивність роботи вентиляторів, щоб забезпечити належний рівень вентиляції. Крім того, системи моніторингу якості повітря дозволять своєчасно виявляти проблеми з вентиляцією та усувати їх.

Одним із найважливіших елементів системи безпеки на виробництві є забезпечення належної вентиляції. У цеху з виробництва паливних гранул постійно утворюється пил, який необхідно ефективно видаляти для забезпечення безпеки працівників. Для цього розробляється система приточно-витяжної вентиляції, яка допоможе підтримувати чистоту повітря і запобігти накопиченню небезпечних часток у робочому середовищі.

Вхідні дані для розрахунку:

Об'єм приміщення (V): обчислюється на основі площі та висоти приміщення

Кратність повітрообміну (N): для промислових цехів рекомендована кратність повітрообміну становить 8-12 разів на годину

Максимально допустима концентрація деревного пилу: 2 мг/м³ (згідно з українськими нормами)

Основні параметри вентиляційної системи:

Об'єм приміщення
площа S=200

висота H=5

Розрахуємо об'єм приміщення [23]:

$$V = S \cdot H, \tag{4.1}$$

$$V = 200\text{м}^2 \cdot 5\text{ м} = 1000\text{м}^3$$

Кратність повітрообміну
З огляду на те, що у приміщенні утворюється пил, обираємо кратність повітрообміну N=10 разів за годину. Це забезпечить оптимальний рівень вентиляції для видалення пилу та підтримання безпеки працівників.

Необхідна продуктивність вентилятора
Продуктивність вентиляційної системи L розраховується за формулою: [24]

$$L = V \cdot \text{N}, \tag{4.2}$$

$$L = 1000\text{м}^3 \cdot 10 = 10000\text{м}^3/\text{год}$$

де: V=1000 м3 — об'єм приміщення,

N=10 — кратність повітрообміну.

Вибір та регулювання вентиляційної системи

Для господарства «Еко-Полісся» рекомендовано встановлення системи з можливістю регулювання потужності вентиляції в залежності від запиленості та інтенсивності роботи обладнання. У години пікових навантажень, коли відбувається інтенсивна обробка деревини та утворюється велика кількість пилу, система має автоматично підвищувати інтенсивність роботи вентиляторів до максимуму (10 000 м³/год).

Для підтримки стабільного рівня якості повітря рекомендовано:

Систему моніторингу якості повітря, яка відстежує рівень запиленості і вчасно підвищує продуктивність вентилятора, якщо концентрація пилу наближається до допустимої межі (2 мг/м³).

Фільтраційні установки, які очищують повітря перед його викидом, що сприятиме відповідності санітарним нормам.

Таким чином, для цеху з виробництва паливних гранул в господарстві «Еко-Полісся» рекомендовано встановити вентиляційну систему з продуктивністю не менше 10 000 м³/год. Це забезпечить належний рівень повітрообміну та запобігатиме накопиченню пилу, що позитивно вплине на безпеку працівників і відповідність екологічним стандартам.

4.3.1. Вимоги до вентиляції

Вентиляція в цехах з виробництва паливних гранул є критично важливим елементом для забезпечення здорових і безпечних умов праці. Основні вимоги до вентиляції включають:

Забезпечення свіжого повітря: Вентиляційні системи повинні забезпечувати регулярний приток свіжого повітря в робочі приміщення. Це допомагає запобігти накопиченню забруднюючих речовин, таких як пил і шкідливі гази, що утворюються в процесі виробництва.

Видалення забруднюючих речовин: Витяжна вентиляція повинна ефективно видаляти пил, гази, а також запахи, що виникають під час виробництва. Це є особливо важливим для захисту здоров'я працівників, оскільки тривале перебування в забрудненому повітрі може призвести до серйозних захворювань [23].

Контроль температури і вологості: Вентиляційні системи повинні забезпечувати підтримку оптимального мікроклімату в цеху, контролюючи температуру та вологість повітря. Це важливо для забезпечення комфорту працівників і підтримки ефективності виробництва.

Регулярний моніторинг і технічне обслуговування: Системи вентиляції повинні підлягати регулярному технічному обслуговуванню та перевірці для забезпечення їхньої ефективності. Це включає очищення фільтрів, перевірку працездатності вентиляторів та інших компонентів системи [24].

Забезпечення безпеки: Вентиляційні системи повинні бути спроектовані з урахуванням вимог безпеки. Наприклад, у випадку утворення вибухонебезпечних сумішів повітря з пилом необхідно використовувати обладнання, яке відповідає стандартам вибухозахисту.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Аналіз небезпек виявив ключові ризики, такі як висока запиленість, можливість вибуху пилу, травматизм через обертові частини обладнання та недостатнє освітлення робочих зон. Для мінімізації цих ризиків запропоновано встановлення аспіраційних систем, використання засобів індивідуального захисту, монтаж захисних кожухів на обладнання та регулярний моніторинг умов праці. Для зменшення запилинености у виробничих приміщеннях господарства «ЕКО-ПОЛІССЯ», визначено, що продуктивність вентиляційної установки має бути 10 000 м³/год. Передбачалось використання моделі Vornado 660

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Техніко-економічна оцінка проекту виробництва твердого біопалива є важливим етапом, який визначає доцільність його впровадження в господарстві та дозволяє оцінити фінансові й економічні аспекти діяльності. У цьому розділі буде проаналізовано основні економічні показники виробництва паливних гранул у господарстві «Еко-Полісся», включаючи оцінку витрат на обладнання, сировину, енергоресурси та прогнозований прибуток від реалізації продукції.

Вихідні дані:

Капіталовкладення в обладнання: 200,000 грн.

Ен (нормативний показник ефективності одночасних затрат): 0.15.

Вартість спроектованої установки (Цм): 150,000 грн.

Термін експлуатації установки: 5 років.

Ціна електроенергії [42]: 4.32 грн/кВт·год.

Потужність електродвигуна: 15 кВт.

Кількість робочих днів на рік [43]: 261 день.

Кількість робочих годин за добу: 8 годин.

Тарифна ставка на годину: 100 грн/год.

Кількість працівників: 3 особи.

Кількість місяців на рік: 12 місяців.

Вартість сировини: 1,000 грн/т.

Обсяг виробленої продукції на рік: 200 т.

Ціна продажу продукції: 3,500 грн/т.

Вартість виробництва (собівартість) 1 т продукції: 2,570 грн/т.

Нормативна величина витрат на ремонт (Нр): 5% від вартості обладнання

Вартість гранулятора з обладнанням:

$$K = Ц_{м} \cdot k_1 \cdot k_2 \qquad (5.1)$$

К=150,000·1.1·1.2=198000грн

де Км – сума загальних капітальних вкладень, грн.; Цм – вартість спроектованої установки, грн.; К1 – значення показника, який враховує складські, торгові та транспортні витрати (К1=1,1); К2 – значення показника, який враховує вартість монтажа установки (К1=1,2).

Затрати на амортизацію [14]:

$$C_a = \frac{\text{К}}{c_a} \tag{5.2}$$

$$\text{Са} = \frac{198000}{5} = 39600 \text{ грн}$$

Са=5 років [14].

Затрати на ремонт

$$C_p = K \cdot H_p \tag{5.3}$$

$$\text{Ср} = 0.05 \cdot 198000 = 9900 \text{ грн}$$

де Нр – нормативна величина витрат на проведення ремонту.

Нр = 5% [26].

Затрати на електроенергію:

$$C_{ел} = Ц_{ел} \cdot N_{ел_двиг} \cdot T_1 \cdot T_2 \tag{5.4}$$

$$\text{Сел} = 4.32 \cdot 2 \cdot 261 \cdot 8 = 18040.32 \text{ грн}$$

Затрати на оплату праці:

$$C_o = TC \cdot n_{роб} \cdot T_3 \tag{5.5}$$

$$\text{С}_\text{о}=100 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 8=28800 \text{грн/рік}$$

де ТС – вартість годинної тарифної ставки за місяць, грн./міс.; nроб – число працюючих, чол.; Т3 – число місяців за рік, шт.

Затрати на сировину:

$$C_c = Ц_c \cdot m \tag{5.6}$$

C_c=1,000·200=200000грн/рік

де Цс – кошти на придбання сировини сировини, грн./т; m – вага виробленої продукції, т.

Загальна собівартість виробництва [37]:

$$C = C_a + C_p + C_{ел} + C_o + C_c \tag{5.7}$$

Собівартість=39600+9900+18040.32+2400+200000=269,940.32 грн

де Са – кошти на амортизацію, грн.; Ср – кошти на проведення ремонту та технічне обслуговування (ТО), грн.; Сел – кошти на закупівлю електричної енергіїї, грн.; Сз – кошти на оплату одиниці отриманої продукції, грн.; Сел –

Кошти від реалізації виробленої продукції знаходимо з формули [36]:

Прибуток:

$$П = (Ц - C) \cdot V \tag{5.8}$$

П=(3,500−2,570)·200=930·200=186000 грн

де П – кошти від реалізації виробленої продукції, грн./т; Ц – цінова вартість виробленого продукту, грн./т; С – собівартість виробленого продукту, грн.; V – кількість виробленого продукту, т.

Термін окупності знаходимо з формули [33]:

$$P = \frac{K}{П} \tag{5.9}$$

$$\text{P} = \frac{198000}{186000} = 1.06 \text{ років}$$

де Р – термін окупності витрат на впровадження проекту, років; К – сума

вкладень, грн.; П – кошти від реалізації виробленої продукції, грн./рік.

Кошти від реалізації виробленої продукції знаходимо з формули [36]:

Результати визначення економічних показників реалізації проекту з отримання деревних паливних гранул наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Результати визначення економічних показників реалізації проекту з отримання деревних паливних гранул компанії «ЕКО-ПОЛІССЯ»

№	Показник	Значення
1	Вартість гранулятора з обладнанням (Км), грн	198000
2	Затрати на амортизацію (Са), грн	39600
3	Затрати на ремонт (Ср), грн	9900
4	Затрати на електроенергію (Сел), грн	18040.32
5	Затрати на оплату праці (Сз), грн	28800
6	Затрати на сировину (Ссировина), грн	200000
7	Собівартість виробництва (Сзагальні), грн	269940.32
8	Прибуток (П), грн:	186000
9	Період окупності (Р), років:	1.06

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

В результаті впровадження лінії гранулювання з виробництва паливних гранул з відходів деревообробки в «ЕКО-ПОЛІССЯ» встановлено, що термін її окупності становитиме 1,06 року.

ВИСНОВКИ

1.Аналіз існуючих технологій та технічних засобів для виробництва твердого біопалива показав, що енергетична цінність біопалива визначається низкою факторів, серед яких вид сировини, її вологість та зольність є ключовими.

2.Аналіз основних параметрів гранулятора для виробництва паливних гранул

Об'ємна продуктивність гранулятора: становить 0.0000258 $м^3/с$

Діаметр філь'єри матриці: становить 5.45 мм

Площа перерізу філь'єри: 23.35 $мм^2$

Кількість філь'єр в матриці: становить 336 штук

Розрахунковий діаметр матриці: дорівнює 200 мм

Площа матриці: становить 3142 мм

Потужність електродвигуна: 15 кВт

Частота обертання ведучого шківа: 1500 об/хв

Частота обертання веденого шківа: 300 об/хв

Коефіцієнт корисної дії: 0.96

Діаметр ведучого шківа: 0.15 м

Передавальне відношення: 5

Діаметр веденого шківа: 0.03 м

Потужність пасової передачі: 15.24 кВт

Швидкість руху паса: 11.78 м/с

Натяг паса: 1548.6 Н

Напруга в пасі: 3.1 МПа

3.В результаті наших досліджень встановлено що середня зольність деревних паливних гранул становить 0,3704%

4.Аналіз небезпек виявив ключові ризики, такі як висока запиленість, можливість вибуху пилу, травматизм через обертові частини обладнання та недостатнє освітлення робочих зон. Для мінімізації цих ризиків запропоновано

встановлення аспіраційних систем, використання засобів індивідуального захисту, монтаж захисних кожухів на обладнання та регулярний моніторинг умов праці. Для зменшення запилиненості у виробничих приміщеннях господарства «ЕКО-ПОЛІССЯ», визначено, що продуктивність вентиляційної установки має бути 10 000 м³/год. Передбачалось використання моделі Vornado 660

5.Аналіз небезпек виявив ключові ризики, такі як висока запиленість, можливість вибуху пилу, травматизм через обертові частини обладнання та недостатнє освітлення робочих зон. Для мінімізації цих ризиків запропоновано встановлення аспіраційних систем, використання засобів індивідуального захисту, монтаж захисних кожухів на обладнання та регулярний моніторинг умов праці. Для зменшення запилиненості у виробничих приміщеннях господарства «ЕКО-ПОЛІССЯ», визначено, що продуктивність вентиляційної установки має бути 10 000 м³/год. Передбачалось використання моделі Vornado 660

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

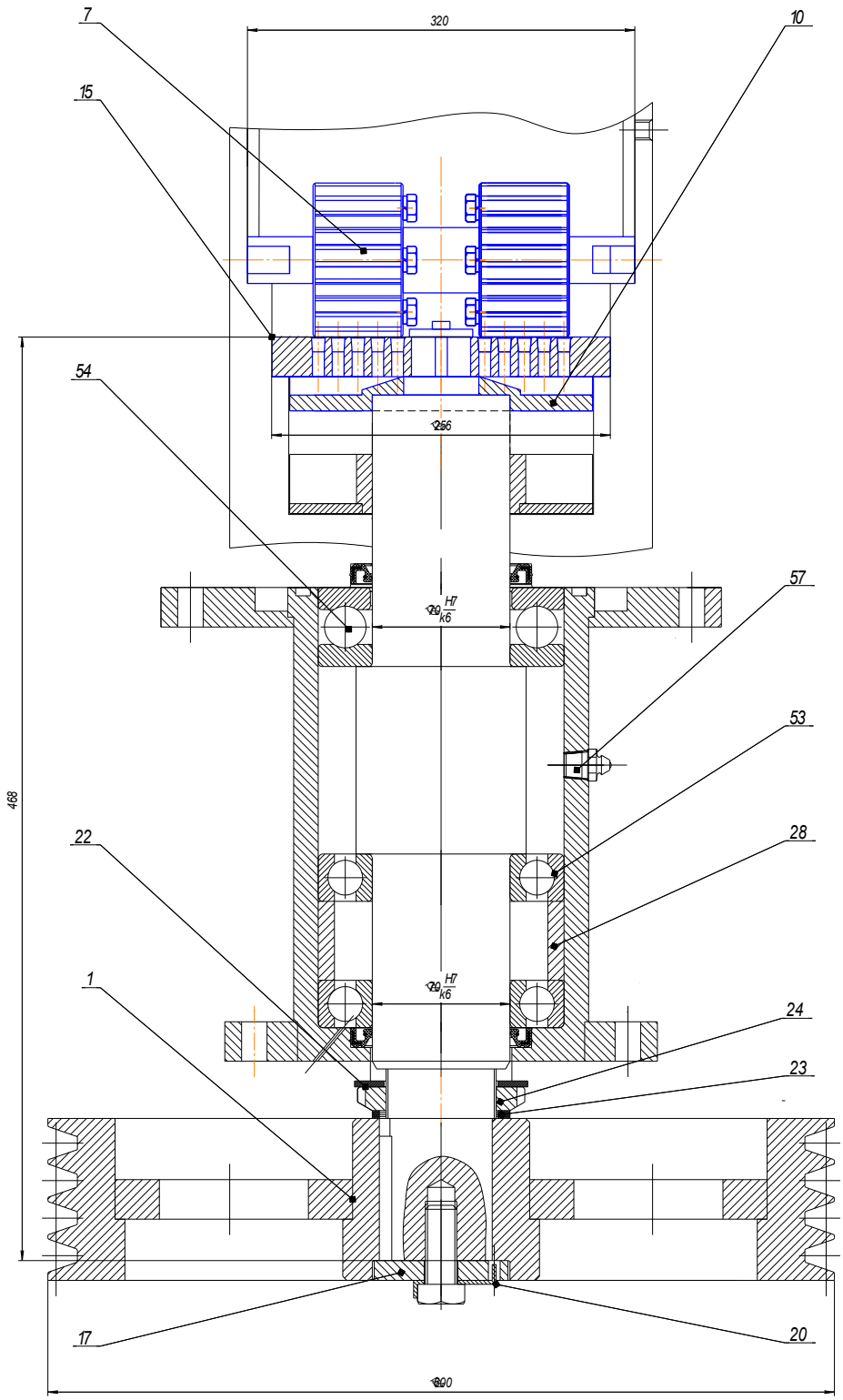
1. Петренко, О. М. Основи біоенергетики: технології та ресурси. Київ: Біоенергія, 2020. с. 54–60.
2. Бойко, В. П. Енергетичні характеристики біомаси для виробництва паливних гранул. Журнал енергетичних ресурсів, 2020, № 8, с. 45–50.
3. Іваненко, Л. М. Паливні гранули: сировина, виробництво та ринок. Журнал біоенергетики, 2020, № 3, с. 30–38.
4. Кравченко, С. Л. Біомаса як джерело енергії: якість, технології, економіка. Енергетика біомаси, 2019, № 2, с. 12–18.
5. Даниленко, І. В. Аналіз якості та хімічного складу біопаливних матеріалів. Енергоефективність і екологія, 2019, № 7, с. 15–22.
6. Михайленко, Ю. О. Порівняльний аналіз властивостей біопалива з деревини та агровідходів. Енергія і ресурси, 2021, № 8, с. 57–63.
7. Олійник, Г. П. Виробництво біопалива: технічні та технологічні аспекти. Технології альтернативної енергетики, 2021, № 4, с. 27–33.
8. Степаненко, В. І. Енергоефективність і технології виробництва гранульованого біопалива. Київ: Аграрна наука, 2020.
9. Тимошенко, М. С. Логістика та зберігання біопалива: технічні рекомендації. Журнал агрологістики, 2018, № 3, с. 40–46.
10. Пономаренко, А. Г. Основи виробництва альтернативного біопалива. Дніпро: Техніка і енергетика, 2022.
11. Білоус, Т. Ю. Сучасні технології грануляції біомаси. Науковий вісник енергетичних досліджень, 2020, № 9, с. 22–29.
12. Левченко, П. О. Технологічні рішення для виробництва біопалива. Відновлювана енергетика, 2021, № 5, с. 35–41.
13. ДСТУ 7079:2009 - "Методи визначення зольності твердого палива".
14. Ivanov, I. "Methods for Biomass Ash Analysis." Journal of Sustainable Energy, vol. 29, no. 2, 2015, pp. 45-49.

15. Petrov, P. "Laboratory Techniques in Biomass Combustion." Energy and Power Engineering, vol. 28, no. 4, 2016, pp. 112-117.
16. Smith, J. "The Function and Design of Muffle Furnaces in Industrial Applications." Industrial Heating, vol. 34, no. 6, 2017, pp. 30-35.
17. "Кодекс законів про працю України", статті 14-19 - базові норми щодо забезпечення безпечних умов праці.
18. Поліщук, В. І. Інновації у виробництві біопалива. Журнал енергетичних досліджень, 2020, № 1, с. 8–14.
19. Правила охорони праці при експлуатації електроустановок", сторінки 20-25 - правила, що стосуються роботи з електричними установками на виробництві.
20. Іванов І. О., "Управління ризиками на виробництві", 2017, стор. 102-108 - методи управління ризиками та їх мінімізація.
21. Петров П. П., "Системи вентиляції на промислових підприємствах", 2018, стор. 65-70 - особливості вентиляційних систем у промисловості, зокрема на виробництвах з високою пилогенеруючою активністю.
22. Гнатюк, І. В. Використання сільськогосподарських відходів для біопалива. Журнал агроінженерії, 2020, № 6, с. 10–16.
23. Кім Ю. В., "Вибухобезпека в промисловості", 2019, стор. 50-55 - аналіз вибухонебезпечних факторів на виробництвах та методи їх контролю.
24. Лі Х., "Забезпечення якості повітря в великих промислових просторах", 2020, стор. 110-115 - методи контролю та очищення повітря в промислових умовах.
25. Клименко, О. В. Дослідження механічних властивостей паливних гранул. Технічна механіка, 2019, № 5, с. 15–22.
26. Романенко, І. П. Логістика у виробництві та транспортуванні біопалива. Аграрна економіка, 2021, № 8, с. 32–39.
27. Сидоров, А. І. Біоенергетика та екологічна безпека. Київ: Екоенергія, 2020.
28. Мартинюк, Г. С. Ефективність використання агровідходів у біопаливній промисловості. Аграрні інновації, 2022, № 3, с. 18–25.

29. Зубченко, М. Ф. Проблеми якості біопалива: причини та рішення. Екологічна енергетика, 2020, № 9, с. 50–57.
30. Іщенко, О. М. Інноваційні рішення у сфері гранулювання біомаси. Журнал сучасної енергетики, 2021, № 6, с. 45–51.
31. Smith, J. Renewable Biomass Energy. Cambridge: Academic Press, 2020.
32. Johnson, L. Advances in Pellet Technology. Journal of Bioenergy, 2021, Vol. 8, pp. 30–36.
33. Brown, M. Pellet Production from Agricultural Residues. Energy & Resources Journal, 2019, Vol. 6, pp. 15–21.
34. Davis, K. Biomass Quality Assessment Methods. International Journal of Renewable Energy, 2020, Vol. 7, pp. 45–52.
35. Thompson, H. Sustainable Bioenergy Solutions. Renewable Energy Journal, 2021, Vol. 9, pp. 50–56.
36. Evans, R. Innovations in Biomass Processing. International Bioenergy Forum, 2020, Vol. 5, pp. 12–18.
37. Wilson, T. Economic Feasibility of Pellet Production. Journal of Energy Economics, 2021, Vol. 3, pp. 40–46.
38. Carter, P. Standards for Wood Pellets. Renewable Resources Journal, 2019, Vol. 8, pp. 57–63.
39. Taylor, S. Logistics of Biomass Storage. Energy Logistics Journal, 2020, Vol. 4, pp. 22–28.
40. Walker, B. Advances in Granulation Technology. Journal of Energy Efficiency, 2021, Vol. 6, pp. 35–41.
41. Офіційний вебсайт Kitsman.City. У 2024 році буде 261 робочий день: календар [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kitsman.city/articles/120365/u-2021-roci-bude-104-vihidnih-i-271-robochij-den-kalendar. – Дата публікації: 2024.
42. Офіційний вебсайт YASNO. Тарифи для побутових споживачів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://yasno.com.ua/b2c-tariffs.

43. Офіційний вебсайт GC.UA. Виробничий календар в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://gc.ua/uk/virobnichij-kalendar-v-ukraini/

ДОДАТКИ



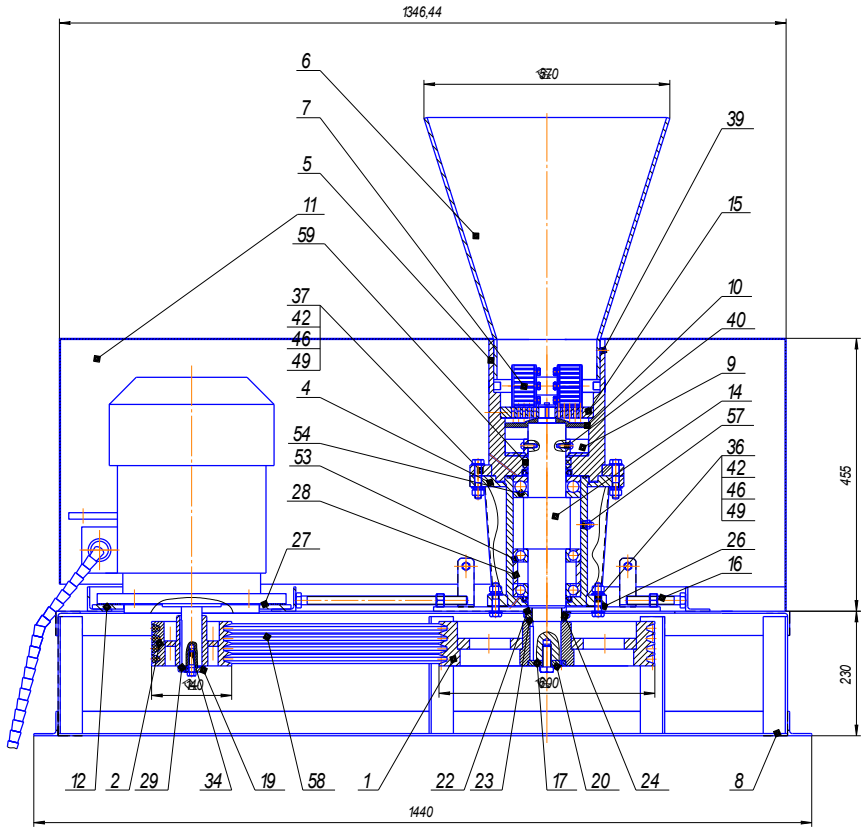
Розміри для довідок.

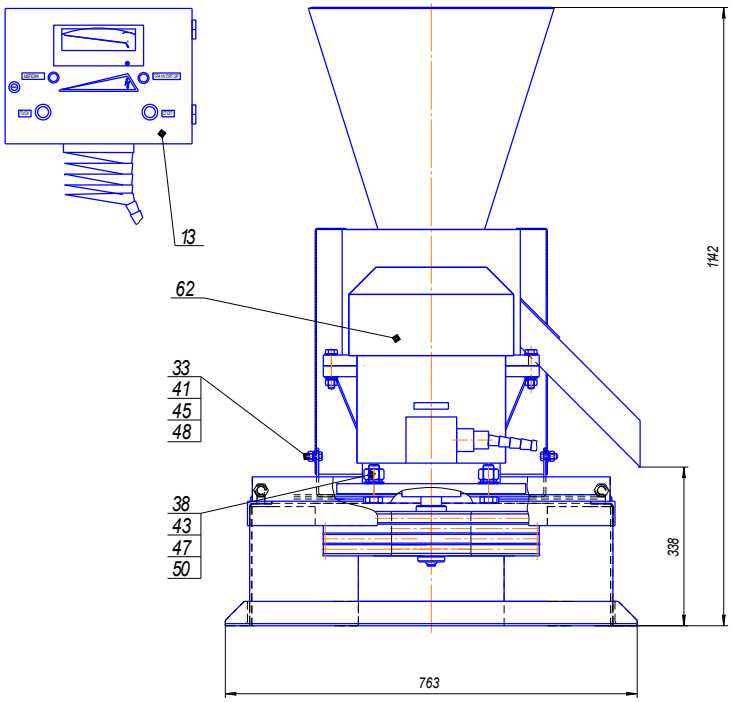
							01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04 СК
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Калиновський			Вузел гранулюючий	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Полищук			Складальне креслення		91	1:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Єременко				НУБіП України		
Утв.								

Копировал Формат А1

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен.

01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04 СК





1. Розміри для довідок.
2. Перед складанням поржнини підшипників заповнити солідолом Ж ГОСТ 1033-79 .
3. Перед встановленням кільця поз. 56 просочити розігрітою сумішшю із масла индустриального И12А ГОСТ 20799-75 (85) і графіта смазочного ГС-4 ГОСТ 17022-81 (15).
4. Вологість вихідного продукту (пелет) повинна бути в межах 10-18.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04.3В		
Разраб.		Калиновський			Прес- гранулятор для виробництва паливних гранул Загальний вигляд	Лит.	Масса 440	Масштаб 1:4
Пров.		Польщук						
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Семенко				НУБіП України		
Утв.								

Копировал

Формат А1

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Инв. № подл.
Подп. и дата

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
											Документація		
							A1			01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04.3В	Загальний вигляд		
											Складальні одиниці		
							A4		1	01.03 - МР. 2225 "С" 01.100.04	Шків відомий	1	
							A4		2	01.03 - МР. 2225 "С" 01.200.04	Шків ведучий	1	
							A4		4	01.03 - МР. 2225 "С" 01.400.04	Корпус	1	
							A4		5	01.03 - МР. 2225 "С" 01.500.04	Корпус	1	
							A4		6	01.03 - МР. 2225 "С" 01.600.04	Воронка	1	
							A4		7	01.03 - МР. 2225 "С" 01.700.04	Ролик у зборі	1	
							A4		8	01.03 - МР. 2225 "С" 01.800.04	Рама	1	
							A4		9	01.03 - МР. 2225 "С" 01.900.04	Диск	1	
							A4		10	01.03 - МР. 2225 "С" 01.1000.04	Ніж	1	
							A4		11	01.03 - МР. 2225 "С" 01.1100.04	Кожух	1	
							A4		12	01.03 - МР. 2225 "С" 01.1200.04	Платформа	1	
							A4		13	01.03 - МР. 2225 "С" 01.1300.04	Шафа електрична	1	
											Деталі		
							A3		14	01.03 - МР. 2225 "С" 01.001.04	Вал	1	
							A2		15	01.03 - МР. 2225 "С" 01.002.04	Матриця	1	
							A4		16	01.03 - МР. 2225 "С" 01.003.04	Болт	4	
							A4		17	01.03 - МР. 2225 "С" 01.004.04	Диск	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04			
Разраб.		Калиновський			Прес-гранулятор для виробництва паливних гранул	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Поліщук						1
Н.контр.		Єременко				НУБіП України		
Утв.								

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
А4		19	01.03 - МР. 2225 "С" 01.007.04	Диск	1	
А4		20	01.03 - МР. 2225 "С" 01.008.04	Шайба	1	
А4		22	01.03 - МР. 2225 "С" 01.009.04	Шайба	1	
А4		23	01.03 - МР. 2225 "С" 01.010.04	Шайба	1	
А4		24	01.03 - МР. 2225 "С" 01.011.04	Гайка	1	
А4		26	01.03 - МР. 2225 "С" 01.013.04	Прокладка	1	
А4		27	01.03 - МР. 2225 "С" 01.014.04	Прокладка	2	
А4		28	01.03 - МР. 2225 "С" 01.015.04	Втулка	1	
А4		29	01.03 - МР. 2225 "С" 01.016.04	Шайба	1	
				Стандартні вироби		
		33		Болт М10х25.58.016ГОСТ 7798-80	4	
		34		Болт М10х40.58.016ГОСТ 7798-80	1	
		36		Болт М12х55.58.016ГОСТ 7798-80	8	
		37		Болт М12х65.58.016ГОСТ 7798-80	7	
		38		Болт М20х60.58.016ГОСТ 7798-80	8	
		39		Гвинт М8х10.48.019ГОСТ 1477-75	3	
		40		Гвинт М8х20.48.019ГОСТ 1477-75	6	
		41		Гайка М10.5.019 ГОСТ5915-70	4	
		42		Гайка М12.5.019 ГОСТ5915-70	15	
		43		Гайка М20.5.019 ГОСТ5915-70	8	
		45		Шайба 10.01.019 ГОСТ6402-80	4	
		46		Шайба 12.01.019 ГОСТ6402-80	15	
		47		Шайба 20.01.019 ГОСТ6402-80	8	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04	Лист

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		48		Шайба 10.01.019 ГОСТ 11871-78	4	
		49		Шайба 12.01.019 ГОСТ 11871-78	15	
		50		Шайба 20.01.019 ГОСТ 11871-78	8	
		53		Підшипник 214 ГОСТ 8338-75	2	
		54		Підшипник 8314 ГОСТ 7872-89	1	
		57		Маслянка 1.3 Ц6 ГОСТ 19853-74	1	
		58		Ремінь 1-В16-1800Т		
				ГОСТ 24848.1-1-81	4	
		62		Двигун 4А160S8У3	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	01.03 - МР. 2225 "С" 01.000.04	Лист

Копировал Формат А4