

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

УДК 662:71:331.4

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного факультету

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

Братішко В.В.
«__» _____ 2021 р.

В.С. Хмельовський
“__” _____ 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему: “Дослідження процесу подрібнення сировини та обґрунтування параметрів подрібнювача для лінії виробництва паливних гранул з побічної продукції рослинництва”

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

Керівник магістерської роботи
професор Поліщук В.М.

Виконав _____ Миненко А.М.

НУБІП України

Київ – 2021 р.
НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри охорони праці та
біотехнічних систем у тваринництві

В.С. Хмельовський

НУБІП України

НУБІП України 2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

НУБІП України

Миненку Андрію Миколайовичу

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

НУБІП України

Тема магістерської роботи “Дослідження процесу подрібнення сировини та
обфрунтування параметрів подрібнювача для лінії виробництва паливних гранул
з побічної продукції рослинництва”

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "02" липня 2021 р. за №
1061 "С"

НУБІП України

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 15.11.2021 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

- урожай соломи СФГ «Колос» Миронівського р-ну Київської обл.;
- фізико-механічні властивості соломи;
- фізико-механічні властивості паливних гранул.

НУБІП України

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Оцінити стан використання соломи в с.-г. підприємствах, шляхом огляду літератури провести аналіз технічних засобів для дроблення соломи з метою виготовлення із неї паливних гранул.

2. Встановити конструкційно-технологічні параметри подрібнювача для лінії виробництва паливних гранул СФГ «Колос» Миронівського р-Ну Київської обл.

3. Експериментально визначити зольність паливних гранул.

4. Провести техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Встановити виробничі небезпеки та розробити заходи з безпеки праці при роботі подрібнювача в лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського р-Ну Київської обл.

Дата видачі завдання 10.02.2021 р.

Керівник магістерської роботи

Поліщук В.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Миненко А.М.

НУБІП України

Завдання до виконання магістерської роботи.....

2

Зміст.....

4

НУБІП України

Реферат.....

6

Вступ.....

7

НУБІП України

Розділ 1. Аналіз технологій і технічних засобів подрібнення сировини.....

10

1.1. Аналіз сучасного стану біопаливної енергетики в

10

Україні.....

НУБІП України

1.2. Аналіз стандартів і технологічних вимог до біопаливних драгнул.....

11

1.3. Аналіз сировини для виробництва паливних гранул з рослинних відходів.....

15

1.4. Аналіз особливостей виробництва паливних гранул з біо-

18

маси.....

НУБІП України

1.5. Аналіз конструкційних особливостей молоткових подрібнювачів.....

21

чів.....

Висновки до розділу

28

НУБІП України

Розділ 2. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів молоткової дробарки для лінії гранулювання соломи в СФТ «Колос»

Миронівського

р-ну

Київської

29

обл.....

НУБІП України

2.1. Характеристика господарства.....

29

тва.....

2.2. Технологія та технічна характеристика лінії гранулювання БТД-304.....	30
2.3. Методика конструкційно-технологічного розрахунку молоткового подрібнювача.....	32
2.4. Конструкційно-технологічний розрахунок молоткового подрібнювача	40
Висновки до розділу	44
2.....	
Розділ 3. Експериментальне визначення зольності паливних гра- нул.....	46
3.1. Методика визначення зольності паливних гра- нул.....	46
3.2. Результати визначення зольності паливних гра- нул.....	47
Висновки до розділу	48
3.....	
Розділ 4. Охорона праці.....	49
4.1. Встановлення виробничих небезпек при подрібненні сировини.....	49
4.2. Вимоги безпеки при дробленні сировини.....	49
4.3. Встановлення потрібного повітрообміну при підвищеному запиленні і вибір обладнання для пиловидалення із повітря робочої зони.....	56
Висновки до розділу	57
4.....	
Розділ 5. Техніко-економічне оцінювання проекту.....	59
Висновки до розділу	63
5.....	

Висно-
вки
Список літературних дже-
рел.....

НУБІП України 64
66

Дода-
тки
Додаток А. Крес-
лення.....

НУБІП України 72
73

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

До складу представленої магістерської роботи входять: розрахунково-пояснювальна записка - 79 сторінок аркушів А4 та презентація - 16 слайдів.

У тексті пояснювальної записки наведено 10 рисунків, 40 формул, 4 таблиці та 55 літературних джерел.

У вступі представлені відомості про сучасне застосування біопалива в Україні.

У першому розділі в результаті огляду літературних джерел проведений аналіз недеревної сировини для виробництва паливних гранул, наведені технологічні особливості виробництва паливних гранул з біомаси, здійснено дослідження технічних засобів дроблення соломи для її гранулювання, визначено, що для попереднього дроблення соломи потрібно застосовувати дискові і барабанні робочі органи, для кінцевого – дробарки ударної дії і дезінтегратори.

У другому розділі наведена характеристика господарства, встановлена сировинна база для виробництва паливних гранул, визначена продуктивність лінії гранулювання, для виготовлення паливних гранул із соломи прийнята лінія гранулювання ГТЛ-304 із продуктивністю 350 кг/год., яка, однак, не має подрібнювача сировини; встановлені конструкційно-технологічні параметри молоткової дробарки для лінії ГТЛ-304.

У третьому розділі проведено експериментальне визначення зольності паливних гранул, виготовлених із соломи.

У четвертому розділі встановлені виробничі небезпеки при роботі дробарок і розроблені заходи безпеки праці на с.-г. підприємстві.

У п'ятому розділі здійснено техніко-економічне обґрунтування ефективності проекту.

У висновках наведені основні результати роботи.

ДРОБАРКА, ПОДРІБНЕННЯ, ГРАНУЛЮВАННЯ, ПАЛИВНА ГРАНУЛА, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ВСТУП

Враховуючи те, що традиційні викопні джерела енергії (природний та скан-

цевий газ, вугілля, нафта) є вичерпними та екологічно шкідливими, все біль-

шого поширення набувають альтернативні відновлювальні види отримання ене-

ргії, один з них - паливо з біомаси. З метою отримання твердого біопалива вико-

ристовують відходи діяльності переробних та аграрних виробництв; залишки лі-

созаготівельних та деревообробних виробництв; енергетичні трав'яні та швид-

коростучі деревні рослини. Отримують альтернативне паливо з відходів діяльності переробних та агра-

рних виробництв за допомогою гранулювання чи брикетування спеціально під-

готовленого матеріалу у пресувальних механізмах під дією тиску від 20 до 60 МПа. Під час процесу пресування рослинної сировини підвищується її темпера-

тура до 90°C, при цьому розм'якшується лігнін, що входить до складу сировини,

який має здатність склеювати подрібнені частинки в пресувальних каналах мат-

риці, утворюючи щільні вироби. Крім того, під впливом високого тиску у матри-

чних каналах подрібнена суха сировина переходить з сипкого дискретного стану

в тверді монолітні частинки (брикети, пелети) в результаті процесу сухої дифузії.

До підготовчих операцій отримання твердого палива належать: видалення зайвої

вологи з сировини з 25-36% до 10-14% та кінцеве подрібнення рослинних части-

нок до розмірів 1-10 мм.

Після закінчення процесу пресування отримана біопаливна продукція - бри-

кети (евродрова) та пелети охолоджуються, сортуються, упаковуються на збері-

гання певної тривалості або для транспортування. Для отримання 1 т брикетів

або пелет іде 4-5 м³ рослинних рештків.

Діаметр пелет коливається від 2 мм до 25 мм (євро-стандарт - 6-8 мм), дов-

жина біопаливних пелет коливається від 10 мм до 50 мм. Величина діаметра бри-

кетів з біовідходів у межах від 25 мм до 80 мм, довжина у межах 20-400 мм. Зна-

чна ефективність в результаті брикетування чи гранулювання рослинних решток

у пелети та брикети досягається в результаті того, що в кінці вологість отриманої

продукції лише 8-14%, а сировина в процесі виготовлення ущільнюється в 8-10 разів, тепловіддача паливної сировини збільшується і досягає 15-19 МДж/кг, при цьому зменшуються транспортні та складські витрати. За теплотворними характеристиками паливні гранули випереджають дрова та наближаються до вугілля.

Так, спалюючи 1 т деревних гранул, отримується така кількість теплової енергії, як під час спалювання: 1,3-1,5 т дров; 0,6 т вугілля; 410-470 м³ природного газу; 650-665 л мазуту; 450-500 л дизпалива.

Важливою перевагою гранульованого палива є екологічна складова. Адже величина теплової конверсії біомаси у 20-40 раз зменшує забруднення довкілля у

порівнянні із застосуванням природних палив (особливо вугілля). Природні палива під час згорання звільняють вуглекислий газ, який накопичувався мільйони років, в результаті чого підвищується вміст CO₂ в довідлі, що викликає антропогенний парниковий ефект. Під час спалювання деревних гранул чи брикетів вивільняється лише вуглекислий газ, який рослина сприйняла для фотосинтезу лише за її вегетаційний період. Це явище має назву закритий вуглецевий обмін. Також при використанні біопалива має місце зменшення викидів двоокису сірки, що зменшує утворення кислотних дощів, що в свою чергу знижує втрату рослинності у світі у значних масштабах [19].

Тому тема магістерської роботи актуальна. Метою магістерської роботи є покращення ефективності господарювання в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл. шляхом дослідження процесу подрібнення сировини та обґрунтування параметрів подрібнювача для лінії виробництва паливних гранул з побічної продукції рослинництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі дослідження:

- провести аналіз сучасного стану біопаливної енергетики в Україні, сировини для виробництва паливних гранул з недеревної біомаси, технологічних особливостей виробництва паливних гранул та конструкційних особливостей подрібнення сировини для виробництва паливних гранул;

– встановити конструкційно-технологічні параметри дробарки для лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл.;

– експериментальним шляхом встановити зольність паливних гранул із соломки і порівняти її із зольністю деревних паливних гранул;

– визначити виробничі небезпеки і розробити заходи з безпеки праці при роботі подрібнювача в лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл.;

– здійснити техніко-економічне оцінювання роботи.

Об'єктом досліджень є процес подрібнення сировини у лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл.

Предмет досліджень – дослідження процесу подрібнення сировини та обґрунтування параметрів подрібнювача для лінії виробництва паливних гранул з побічної продукції рослинництва.

Очікувані результати магістерської роботи:

– проведений аналіз сучасного стану біопаливної енергетики в Україні, сировини для виробництва паливних гранул з недеревної біомаси, технологічних особливостей виробництва паливних гранул та конструкційних особливостей подрібнення сировини для виробництва паливних гранул;

– встановлені конструкційно-технологічні параметри дробарки для лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл.;

– експериментальним шляхом встановлена зольність паливних гранул із соломки і здійснене її порівняння із зольністю деревних паливних гранул;

– визначені виробничі небезпеки і розроблені заходи з безпеки праці при роботі подрібнювача в лінії виробництва паливних гранул в СФГ «Колос» Миронівського г-ну Київської обл.;

– здійснене техніко-економічне оцінювання роботи.

В основі магістерської роботи лежать наступні методи наукових досліджень:

– аналіз і синтез структури процесів подрібнення матеріалів;

– математичне моделювання процесу дроблення біомаси;

– аналіз системи “солома-молоток-подрібнювача-продукт-подрібнення”.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПОДРІВНЕННЯ СИРОВИНИ

1.1. Аналіз сучасного стану біопаливної енергетики в Україні

Останнім часом в усьому світі і в Україні спостерігається збільшення об'ємів отримання енергій з альтернативних палив, значною частиною з біомаси. Енергетичний баланс України за 2019 рік показує, що розмір загального постачання енергії, отриманої з біопалива, виробленого з відходів, дорівнював 3197 тис. т в нафтовому еквіваленті (н.е.), це здатне замінити 4 мільярди кубічних метрів природного газу в рік. Частка біологічного палива в загальному об'ємі первинної енергії дорівнює 3,5% (більше 70% від величини загального енергопостачання, отриманого з відновлюваних джерел). Зростання цієї частки за 2010-2019 рр. дорівнює 31% на рік.

Відповідно до сучасної енергетичної стратегії, частка біопалива, біомаси та біовідходів у загальному обсязі первинної енергії до 2035 року повинна досягти 11 млн. т у нафтовому еквіваленті. В Концепції виконання державної політики у галузі теплопостачання встановлено пріоритети збільшення обсягу застосування альтернативних видів енергії у загальному виробництві з отримання теплової енергії у 2035 році до 40%.

Останнім часом спостерігається посилення ознак парникового ефекту. Переважна частина фахівців з цієї галузі вважає, що це викликано впливом виробничої діяльності людей, наприклад, викидами газів, супутніх при спалюванні викопних палив, в першу чергу газу, нафти, кам'яного вугілля, що є залишками колишньої біосфери. Теперішнього часу біля 88% всієї енергії світ отримує зі вищезгаданих видів викопних палив.

Розвиток економічної діяльності цивілізованих країн включає в себе боротьбу з загрозою від парникового ефекту, що може призвести до глобальної екологічної катастрофи. Як відомо, основні надрові запаси нафти і газу можуть закінчитися у XXI столітті. Тому на протязі двох останніх десятиліть триває інтенсивний пошук альтернативних джерел енергетики, що має стратегічне значення. Одним із

найбільш перспективних та ефективних енергетичних потенціалів є біологічне паливо, яке може отримуватись з біомаси, або органічної сировини. Біологічне паливо поділяється на основні три групи: тверде паливо (брикети, пелети, тюки), паливо у вигляді рідини (біоетанол, біодизель), газоподібне паливо (біологічний газ, біоводень). Застосування біологічного палива не збільшує вміст в атмосфері парникових газів, тому що обсяг двоокису вуглецю, що вивільняється при спалюванні, дорівнює створеній його кількості під час фотосинтезу. Це означає, що енергія отримується фактично з перетвореної енергії сонця.

Отримання твердого біологічного палива не вимагає великих інвестицій і воно може бути створене як на великих, так і на досить малих підприємствах. Сировиною для отримання цього виду біопалива можуть слугувати відходи та побічні продукти аграрного виробництва (не зернові частини рослин зернових культур, відходи на зернових токах), рештки зернопереробки, виробництв крупи та олії, відходи лісозаготівлі та деревопереробки, торфу, енергетичні рослини. В протилежність виконним вуглеводням рослинна та деревна біомаса відноситься до швидко відновлюваної сировини. Ліс росте декілька десятків років, а агрокультури в сільському господарстві лише кілька років, а часто і один рік [19].

1.2. Аналіз стандартів і технологічних вимог до біопаливних гранул

Підприємства з отримання паливних гранул виготовляють деревні пелети як із чистої деревної сировини, так і з суміші з залишками кори. Деревні гранули з невеликим вмістом кори (до 0,5%) характеризуються низькою зольністю, з цієї причини вони вважаються високоякісними виробами. Частка вмісту кори в загальному об'ємі сировини з деревини не повинна бути більшою 5%.

У США виробництво деревних гранул підпорядковується нормативу Standard Regulations & Standards for Pellets in the US. The PEI (pellet). Цей норматив дозволяє виробляти гранули двох категорій. «Стандарт» і «Преміум». Зольність гранул сорту «Преміум» повинна відповідати нормі не > 1%, а «Стандарт» - > 3%. Категорії «Преміум» відповідає біля 95% виробництва деревних гранул. «Стандарт» у своєму складі вміщає більший відсоток кори і в більшості випадків його використовують для опалювання промислових об'єктів.

В країнах ЄС розрізняють два класи деревних гранул. Гранули, що відносяться до I-го класу називаються «білі»; їх діаметр 5-8 мм; теплотворна здатність 15-19 МДж/кг; вміст зольних елементів < 0,7%; величина щільності насипом > 600кг/м³; вони не містять зв'язуючих речовин та включень кори.

Гранули, що відносяться до II-го класу (промислові): їх діаметр дорівнює 8-12 мм, теплотворна здатність 15-18 МДж/кг; вміст зольних елементів біля 3%, величина щільності насипом більше 500 кг/м³.

В Швеції паливні гранули поділяють на три категорії: перша категорія (найвища якість), друга і третя категорії (для промисловості). Відмінність гранул різних категорій в величині зольності. Деревні пелети I категорії мають показник зольності < 0,7%, а II та III категорій - < 1,5%. Величина вологості «білих» пелет має дорівнювати не > 10%, а промислових допускається на 2% більшою.

В Німеччині діють також кілька нормативів, найвимогливіший з них - DIN plus, він близький до шведського, але теплота згорання менша - близько 18 МДж/кг. У Великій Британії діють два стандарти якості паливних гранул. В Австрії існує один нормативний документ, який лише поділяє гранули з додаванням і без додавання кори.

В Данії працює єдиний нормативний акт «Постанова про біомасу», відповідно до якого деревні гранули повинні бути виготовлені без домішок, з чистої деревини. Допускається лише вміст клею не більше 1% (наприклад, з плит з деревними волокнами). Немає конкретних вимог до вологості і зольності.

ЄС не керується єдиним стандартом, там створена система стандартизації і сертифікації. Зараз там під контролем Єврокомісії колектив спеціалістів працює над розробкою єдиного нормативу на тріску, гранули та брикети. Комітет Стандартизації Євросоюзу (CEN - European Comité de Normalisation) розробляє норматив CEN (TS 335). Вже оприлюднено 30 Технічних Нормативних Специфікацій (TS 335 001 - 335 030).

В нашій країні питання регулювання вимог до твердих видів біопалива виконує Держстандарт (ДСТУ). Керуючись загальноприйнятими методиками визначення фізико-механічних показників біомаси з деревної сировини, в НУБІП

України розроблений документ ДСТУ «Гранули та брикети паливні з деревини. Частина 1 Технічних умов».

Паливні гранули з деревного матеріалу в Україні класифікуються наступним чином:

у відповідності до порід деревини:

- з деревного матеріалу хвойних порід;
- з деревного матеріалу листяних порід;
- з деревного матеріалу листяних та хвойних порід (суміші);

за технологічними характеристиками:

- без додавання зв'язувального матеріалу;
- з додавання зв'язувального матеріалу;

за категоріями якості:

- 1-й клас;
- 2-й клас (для промисловості).

Матеріал, що зв'язує частки в паливних гранулах з деревини - лігнін (від латинського lignum – деревина, дерево). Це складна полімерна сполука, входить до складу клітин в судинних рослинах. Також входить до інкрустуючих сполук

оболонки клітини деревини. Присутність лігніну в оболонках клітин призводить до їх одеревіння, збільшуючи їх міцність. Одеревілі оболонки клітин характеризуються ультраструктурою, подібною до структури залізобетону: целюлозні мікрОВОлокна відповідають арматурі за своїми характеристиками, а лігнін, який характеризується високою міцністю до стиснення, - бетону. До складу молекули лігніну входять продукти полімерних перетворень ароматичних спиртів; основна складова - коніфріловий спирт. Лігнін - речовина з аморфними властивостями, не розчиняється у органічних розчинниках а воді. Виділяється лігнін від дії температури і тиску. Вміст лігніну в деревині рослин хвойних порід дорівнює 27-34 %, у дерев листяних порід - 18-28 %, у корі дерев різних видів - 18-44 %.

Кольорові відтінки лігніну залежать від способу його отримання з сировини і змінюються від світло-жовтого до коричневого відтінку. Величина щільності лігніну 1260-1460 кг/м³

Гранули з деревини підлягають під такі вимоги.

- їх поверхня не повинна мати здуття, тріщини і має бути гладенькою;
- діаметр гранул повинен знаходитися в межах 4-12 мм, переважна більшість гранул повинна відповідати середнім значенням,

- довжина деревної гранули не повинна перевищувати 50 мм;

- гранули зразу після формування повинні володіти легким запахом клею;

- на поверхні деревних гранул за час їх зберігання не допускається зміна кольору на сірий, що означає зниження паливних якостей;

- наявність у гранул темного відтінку характеризує властивості сировини;

- наявність світлого відтінку у продукті також характеризує певні види де-

рев;

- присутність органічного пилу на деревних гранулах свідчить про їх крихкість.

Розмір діаметра деревних гранул I класу дорівнює 6-8 мм, для запобігання крихкості, гранули II класу можуть мати діаметр до 12 мм.

На якість отриманих гранул мають вплив наступні чинники: вид сировини, її вологість, крупність, тиск під час технологічного процесу, час його впливу, температура. Оптимальна величина вологості 6-12%, при таких значеннях стримуються гранули з найкращими характеристиками. Із збільшенням вологості знижується щільність гранул, під час випаровування на поверхні гранул можуть виникати тріщини, вони можуть бути «розірвані» під дією внутрішнього тиску вологи, що створюється під час стиснення подрібненої маси.

При зменшенні розміру часток сировини для отримання гранул їх якість зростає. Великі шматки сировини повинні подрібнюватися до середніх розмірів 0,5-1,0 мм, при цьому вміст часток величиною 1,0-5,0 мм не повинна перевищити 25%. Найвища якість отриманої продукції досягається в умовах, при яких розмір часток не перевищуватиме 2 мм. Подрібнена сировина у відповідності до ГОСТ 23246-78 класифікується наступним чином: тріска, стружка, дробленка, тирса, деревний пил. Якщо потужності виробництва невеликі, процес гранулювання проходить за один етап. Коли ж вихід продукції дорівнює 3 тис. т/рік і більше, має сенс подрібнення сировини до тріски на першому етапі, після чого здійснювати її мульчування.

При зменшенні розміру часток сировини для отримання гранул їх якість зростає. Великі шматки сировини повинні подрібнюватися до середніх розмірів

0,5-1,0 мм, при цьому вміст часток величиною 1,0-5,0 мм не повинна перевищити 25%. Найвища якість отриманої продукції досягається в умовах, при яких розмір часток не перевищуватиме 2 мм. Подрібнена сировина у відповідності до

ГОСТ 23246-78 класифікується наступним чином: тріска, стружка, дробленка, тирса, деревний пил. Якщо потужності виробництва невеликі, процес гранулювання

проходить за один етап. Коли ж вихід продукції дорівнює 3 тис. т/рік і більше, має сенс подрібнення сировини до тріски на першому етапі, після чого здійснювати її мульчування.

Показник щільності гранул зростає зі збільшенням величини тиску до 40 МПа екструзії та зі зниженням значення вологості. Технологія вимагає витримки пресованої біомаси в матричному каналі під необхідним тиском протягом встановленого терміну для проходження пружного напруження. Під час проходження сировини через канал матриці поверхня гранул покривається міцною і гладенькою плівкою.

Найбільш міцною стає деревна біомаса, гранулювання якої відбувається за температури 90-150°C. При зменшенні температури процесу екструзії показник міцності гранул зменшується. Температурна межа гранулювання - 250°C, за цих умов протікає піролізна реакція, що призводить до часткового розкладання деревної біомаси [19].

1.3. Аналіз сировини для виробництва паливних гранул з рослинних відходів

До рослинних відходів відносять соломку, полову, кукурудзяні стебла і стебла соняшнику. Пшенична соломка містить геміцелюлозу - 28%, целюлозу - 40% і лігнін - 17%. Показники зольності ріпакової і пшеничної соломи перебувають в діапазоні 2-10% сухої маси. Величина теплоти згорання деревного палива, як і соломи, залежить від величини вологості. Вологість соломи зернових культур в момент після збирання дорівнює $W=15-20\%$ і величину теплоти згорання $Q_n=11-15$ МДж/кг, просушена на повітрі - $W=13-17\%$ і $Q_n=14-15$ МДж/кг. Вологість соломи ріпака в момент після збирання - $W=30-40\%$ і величину теплоти згорання $Q_n=10-12$ МДж/кг, просушена - $W=17-20\%$ і відповідно $Q_n=13-15$ МДж/кг [19]. Нижчий показник теплоти згорання ріпакової і пшеничної соломи (сухої маси) перебуває в діапазоні 15,7-19,2 МДж/кг (середній показник - 17,6 МДж/кг) [55]. Зазвичай, під час згорання соломи до атмосфери надходить значна кількість пилу дрібної дисперсії. Це потребує застосування фільтрів певних характеристик. Присутність калію та кремнію у соломі призводять до виникнення нагару на поверхні колосникових решіток у топках котлів. Під час тривалого знаходження соломи на полях відбувається вимивання з її вмісту кремнію та калію. До складу соломи входить значний вміст сірки (в соломі зернових - 0,06-0,2%, в соломі ріпаку - 0,04-0,7% [55]). Особливість пшеничної соломи ще і у тому, що

показник температури плавлення її золи (800-950°C) нижчий за показник температури горіння (до 1000°C), а це може призвести до відкладання шлаку на поверхнях енергетичних пристроїв [35].

Як паливо солому зернових культур використовують в подрібненому вигляді (частинки 10-200 мм). Подрібнення відбувається під час збору врожаю або ж перед спалюванням, в ущільненому вигляді (кіпи, тюки прямокутних малих або великих розмірів та циліндричних ролонів) [35] або у вигляді гранул [55].

Свіжі кукурудзяні стебла мають показник вологості 60-70%, а після висушування на відкритому повітрі – 16-18%. Показник теплотворної здатності кукурудзяних стебел за вологості 16-18% дорівнює 16-17 МДж/кг, за вологості 46-60% – 6-8 МДж/кг. Показник зольності стебел кукурудзи дорівнює 6-9% [35]. Величина температури плавлення золи стебел кукурудзи вища, ніж соломи, вона дорівнює 1050-1200°C, це можна вважати перевагою для застосування кукурудзяних стебел як палива. Слід відзначити, що кількість сірки у кукурудзяних стеблах у порівнянні із соломою менший на порядок [3, с. 39].

Соняшникові стебла після збирання насінневих кошиків залишаються на полях; довжина їх дорівнює 1,2-1,5 м, в деяких випадках - 2,5 м. Показник урожайності стебел соняшника перебуває в діапазоні 20-60 ц/га [34, с. 69-70]. Показник зольності у них значний – 10-12%. Величина температури плавлення золи соняшникових стебел в діапазоні 800-1270°C. Під час збирання врожаю показник вологості стебел соняшника дорівнює 60-70%, що є досить негативним фактором через те, що вимагає додаткового висушування матеріалу. Показник вологості висушених на відкритому повітрі стебел соняшника становить близько 16-18%. Враховуючи досить високу теплоту згорання (16 МДж/кг за показника вологості 16%) [35], соняшникові стебла, їх збирають більше 10 млн. т щорічно, можуть стати досить значним ресурсом для отримання біопалива [34, с. 69-70]. Для отримання палива стебла соняшника подрібнюють, кіпують або гранулюють.

Що стосується частки перероблених рослинних решток для енергетичних цілей та для збагачення гумусу існують різні оцінки. Результати досліджень, що

проводилися в країнах Євросоюзу, наступні: для енергетичних потреб рекомендується переробляти 30-50% поживних решток кукурудзи і соломи, 25-50% соняшникових відходів, в США – 30-60% поживних решток кукурудзи і соломи, технологій No-Till – 65-80%. В Україні, відповідно до рекомендацій Біоенергетичної Асоціації України, для потреб енергетики рекомендується переробляти до 30% соломи і до 40% соняшника і поживних решток кукурудзи [35].

Відходами переробних галузей вважається шкарлупа, лушпиння, костриця, кісточка плодів.

Лушпиння соняшника має біля 57-59% клітковини (целюлоза та геміцелюлоза) [34, с. 71]. Вихід лушпиння у соняшника олійних сортів дорівнює 21,5-30%, у лузальних сортів – біля 40% [35]. Відсоток лушпиння ріцини, що має 66-68% клітковини, дорівнює 20-25%. На виробництвах в харчовій промисловості під час отримання порошку гірчиці залишається її лушпиння, вихід якого дорівнює 6-12%. Як паливо можна використовувати і лушпиння гречки, проса та рису. Частина рисового і просяного лушпиння дорівнює 17-25% зернової маси. Показник вологості лушпиння зернових рослин – близько 12%, гречаного і соняшникового лушпиння – 6-8%, [34, с. 72].

Шкарлупа горіхів (лісових, грецьких, манжурських тощо) – це тверда горіхова оболонка, що лишається після вилучення горіхового ядра. Вона характеризується вологістю від 3,2% до 7,5%. Частина горіхової шкарлупи така: для грецьких горіхів з шкарлупою товстою – 56-58%, з шкарлупою тонкою – 38-47%, для горіхів кедрових – 54-57%, фісташки – 51-55%, горіхів мигдалю – 64-70%, горіхів фундука – 52-60%, горіхів ліщини – 54-60% [34, с. 72].

Показник зольності шкарлупи і лушпиння дорівнює 0,95-3% сухої маси, величина нижчої теплоти згорання для сухої маси – 16,5-19,0 МДж/кг [55].

Кісточка плодів характеризується вологістю 22-27% (шкарлупа – 21-24%). Частина кісточок в масі плодів – в межах 6-10% [35]. Показник зольності кісточок плодів знаходиться в діапазоні 0,2-1,0%, величина їх нижчої теплоти згорання дорівнює 19,5-22,8 МДж/кг [55].

Костриця – це неволокнистий внутрішній твердий старчень у стеблах прядивних рослин (льон, конопля тощо), вона видаляється під час попередньої її обробки

у вигляді дрібних колочастих трісочок [35]. Показник зольності коєстриці дорівнює 5,2%, величина нижчої теплоти згорання – 15,8 МДж/кг [34, с. 70-71].

Енергетичні трави – це енергетичні трав'яні культури. Енергетичною вважають культуру трав'яну чи деревну, яка вирощується для застосування у якості пального. В якості енергетичних трав використовуються багаторічні високорослі трави, які характеризуються великою врожайністю біомаси. Наприклад, значення урожайності біомаси гігантського міскантуса дорівнює 46-50 т/га, урожайність топінамбура – 60-80 т/га, урожайність сіди багаторічної та сільфія – 80-100 т/га.

Врожайність же їх сухої маси дорівнює 15-20 т/га. Слід зазначити, що для міскантуса значення його вологості змінюється у широкому діапазоні – 7,4-49% (що залежить, якої пори року збирають його врожай, тому що взимку показник його вологості мінімальний) [35]. Показник теплоти згорання міскантуса (сухої маси) дорівнює 15-19 МДж/кг, очеретяних стебел – 16-17,0 МДж/кг. Під час їх згорання виникає велика кількість золи (для міскантуса – 1,5-6%, для стебел очерету – 1-10%) [55].

Значення температури плавлення золи міскантуса дорівнює 1010-1480°C [35]. Енергетичні рослини під час заготівлі подрібнюються на частки завдовжки 10-200 мм, збираються в кіпи та рулони, їх використовують для отримання гранульованого біопалива [55].

Стебла очерету мають низький показник зольності його робочої маси (~4,2%), високий показник летких сполук (~72%), низький показник вологості (~9,2%). Показник температури плавлення золи дорівнює 1050-1330°C. Максимальний показник теплоти згорання стебел очерету дорівнює близько 17 МДж/кг робочої маси. Заготівля очерету в промислових обсягах можлива в районах дельт Дніпра та Дунаю [35].

На виробництво недеревного біопалива (міскантуса, очеретянки, соломи, душиння, шкарлуп і кісточок) в країнах Євросоюзу діє нормативний документ EN 17225-1:2014. Біопаливо тверде. Класи палива і технічні характеристики. Загальні вимоги [55].

1.4. Аналіз особливостей виробництва паливних гранул з біомаси

Технологія отримання брикетів і паливних гранул із біомаси рослинних решток складається з таких етапів. На початку виконується попереднє подрібнення сировини з отриманням тріски розміром $25 \times 25 \times 10$ мм, потім маса підсушується, видаляється зайва волога (величина вологості брикет чи гранул повинна дорівнювати 10-15%, що залежить від сировини), потім маса подрібнюється до пилоподібного вигляду (в певних випадках проводиться подвійне дроблення). Під час процесу сушіння важко досягти оптимальної вологості матеріалу, тому у випадку пересушування матеріалу його зволожують до досягнення необхідного показника (операція називається кондиціонування), наступний етап - гранулювання. Потім отримані гранули охолоджуються від температури біля 90°C до кімнатної для недопущення кондиціонування вологи на їх поверхні після пакування, далі - просіювання і фасування (нефасований продукт швидко втрачає товарний вигляд). У випадках, коли показник вологості матеріалу менший показника вологості гранул за встановленим нормативом, висушувати його не доцільно. Виробляючи паливні брикети, достатньо двократного подрібнення сировини (до стану тріски) [35].

Матеріал під час операції гранулювання ущільнюється пресуванням, суть якого - це зближення і зчеплення частинок, тобто ущільнення і зміцнення розпушеної сировини в процесі механічного стискання [35]. Під час пресування проходять наступні процеси: матеріал підлягає дії високого тиску з боку пресу; між частками матеріалу відбувається процес тертя, також відбувається тертя між частками і пресом, що призводить до росту температури, внаслідок чого структура клітини сировини руйнується; під дією нагрівання лігнін сировини розм'якшується та склеює частки біомаси, що гранулюються [7, с. 66].

Оптимальний показник вологості сировини для стабільного протікання процесу гранулювання повинен знаходитися в діапазоні 10-12% (для процесу брикетування цей показник - 15%), температура - в межах $90-100^\circ\text{C}$. За цих умов досягаються найменші значення показників зовнішнього тертя, спокою та руху, які знижуються зі збільшенням тиску. При даних показниках температури і вологості під дією сил ззовні зростає показник пластичної деформації часток сировини.

вини, а вода, яка видавилась із неї, виконує функції мастила. При величині вологості 8-12% частки подрібненої сировини набувають необхідних пластичних і в'язких властивостей. Під час процесу пресування сировина підлягає нагріванню до 75-90°C. Якщо вологість біомаси більша 12%, волога, що міститься в середині клітини, робить частки сировини пружними, з цієї причини пресуються вони гірше. Тому до процесу пресування термін зволоження повинен бути меншим від терміну проходження вологи у сировину (набрякання часток). Волога на поверхні часток допомагає їх зближенню під час ущільнення. Матеріал, вологість якого менший 8% гірше склеюється під час пресування, тому необхідно додавати пар або воду. Показник міцності деревних гранул залежить від терміну процесу релаксації напружень у полі навантаження (чим менша тривалість релаксації, тим міцніші отримані гранули). Час проходження релаксації залежить від характеристик сировини, із якої отримується гранула. В умовах нагрівання деревної сировини, що підлягає грануляції, в діапазоні температури до 70-80°C, час проходження процесу релаксації зменшується майже вдвічі. Слід відмітити, що на температурний показник впливає тиск, який діє в процесі пресування на сировину. Чим більші зусилля при пресуванні, тим вищою буде температурний показник отриманих паливних гранул, а якість кращою [25, с. 68-69]. Вже за температури 90°C лігнін деревного матеріалу максимально проявляє склеюючу здатність. Склеювання часток сировини в процесі гранулювання проходить за рахунок плавлення наявного лігніну за температури, що дорівнює 90°C. Показник температури, при досягненні якої лігнін отримує властивість "текти", дорівнює 108°C. Тому необхідною умовою, процесу пресування у каналах матриці є досягнення температурного показника текучості лігніну, тобто 108°C. Але в цих умовах починає працювати інший фактор. Як відомо, за температурних умов в матричній фільєрі більше 100°C, вода, волога в складі сировини (деревині, соломі, лушпинні тощо), стає парою. Отже перегрів деревної сировини в матричному каналі вище температури кипіння води викликає розрив гранул, а це погіршує якісні характеристики. Очевидно, що оптимальний температурний режим процесу пресування деревного матеріалу в матрицях перебуває в діапазоні 90-100°C. Процес отримання гранул буде проходити з більшим ефектом за умов дрібнішого

подрібнення сировини, з причини меншого коефіцієнту тертя. Тому розміри часток біомаси, яка поступає на гранулювання, не повинні перебільшувати 4 мм. Насипна маса якісної сировини в кінці операції подрібнення повинна дорівнювати $150 \text{ кг/м}^3 \pm 5\%$, а величина переважної більшості часток не повинна перевищувати 0,5-1,5 мм (вміст часток з розмірами 1,5-4 мм не повинно перевищити 25%). Під час крупного подрібнення деревної сировини, при якому дія сил молекулярного тяжіння проявляється в незначному ступені, епресовані частинки утримуються, в основному, завдяки силам механічного зчеплення, які виникають при переплетінні частинок. Це характеризує, наприклад, брикети із соломи. Для більш ефективного ущільнення деревної біомаси необхідною умовою є рівномірне стиснення сировини, при якому забезпечаться певні зв'язки між властивостями розкришування і розміром часток матеріалу. Це пояснює складність у виробництві міцних пелет діаметр яких більший 20 мм. Показник розкришування гранул збільшується зі збільшенням терміну їх охолодження (релаксація), також цей показник залежить від умов кондиціонування. Отже для необхідного затвердіння отриманих з біомаси гранул потрібні певні умови охолодження і сушіння, які забезпечать їх придатність для зберігання і транспортування. Під час нагрівання деревної біомаси до температури 60-80°C майже вдвічі зменшується період релаксації, це враховується при отриманні солом'яних брикетів з вищими характеристиками міцності. Для зменшення розкришування отриманих гранул додають спеціальні речовини для зв'язування під час гранулювання. Виробляючи гранули з деревної біомаси (деревина, лушпиння, солома) у ній присутня зв'язуюча речовина природного походження – лігнін. Бувають випадки коли її не вистачає (отримуючи паливні гранули з деревного вугілля, у випадках величини тиску пресування до 50 МПа/м^2), для зниження властивостей розкришування гранул і кращого зв'язування сировини допускається додавання крохмалю, меляси, каоліну, бентонітів, гліцерину, жирів, продуктів нафтопереробки, деревних і кам'яновугільних смол тощо. Вміст речовин для зв'язування, як правило, невеликий – не більше 3% від обсягу біомаси. Показники міцності паливних гранул також підлягають регулюванню шляхом зміни зазору між матрицею і пресу-

ючим роликком. Зменшення зазору в місцях пресування підвищує тиск і вироблені гранули стають міцнішими [35].

1.5. Аналіз конструкційних особливостей молоткових подрібнювачів

Оскільки встановлено, що якість вироблених паливних гранул залежить від розміру сировини (1-4 мм), то сировину для виробництва паливних гранул потрібно подрібнювати. Це здійснюється на дробарках, які бувають валкові, конусні, щічні. Але для дрібного дроблення найчастіше використовують молоткові дробарки.

Молотковою дробаркою називається подрібнювач, дроблення в якому здійснюють удари молотків, які шарнірно закріплюються на роторі.

За конструктивним виконанням молоткові дробарки класифікують:

- у відповідності до виконання робочих функцій в подрібнювальній камері: відкритого та закритого виконання;
- за числом роторів у своєму складі: однороторні та двороторні;
- за розміщенням вала ротора в корпусі горизонтальним та вертикальним;
- за способом руху ротора: реверсивні та нереверсивні;
- за конструкцією вузла розвантажування: оснащені колосниковими гратами, які перекривають розвантажувальний люк повністю, які перекривають розвантажувальний люк частково, та без колосникових ґрат;
- за конструкцією пристроїв очищення від налипання подрібнених частинок: оснащені полотнами, що рухаються та очисними валками.

В залежності від виконання процесу в робочій камері розрізняються такі типи подрібнювачів: відкритий (рис. 1.1, а) та закритий (рис. 2.1, б). В подрібнювачах відкритого типу сировина з камери дроблення легко видаляється тому, що при своїй траєкторії переміщення коло не замикає. У подрібнювачах такого типу дроблять в основному крихку крупношматкову та суху сировину, яка не забруднює робочу зону (крейда, сіль, граніт). Основний механічний чинник процесу в таких подрібнювачах - це удар молотком по частках з значною масою. В подрібнювачах закритого типу колосникові ґрати і деки охоплюють весь барабан по

периметру, і сировина, що надійшла в камеру дроблення, переміщуючись, проходить багаторазові кругові траєкторії, у вигляді сировино-повітряного пухкого шару. Подрібнення матеріалу відбувається під впливом багаторазових ударів молотків та дек і тертям при багаторазовому їх проході в середовищі рухомої маси [34].

Для подрібнення деревної біомаси найбільшого поширення набули подрібнювачі закритого типу.

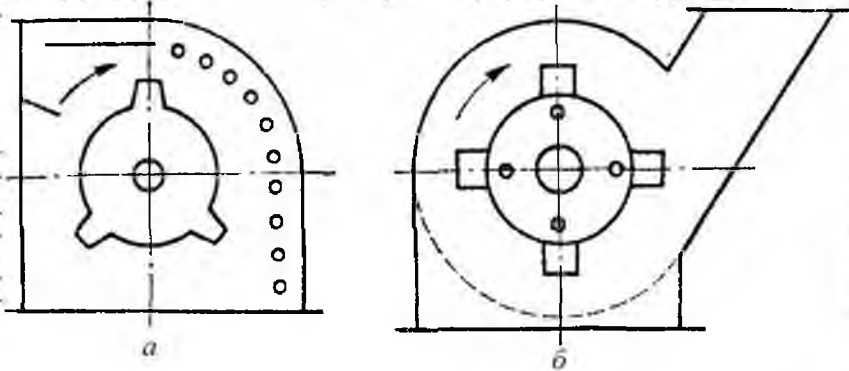


Рис. 1.1. Класифікація подрібнювачів молоткової конструкції за характером виконання процесу в зоні подрібнення [34] а – відкритого типу; б – закритого типу

За числом роторів у своєму складі молоткові подрібнювачі поділяються на однороторні та двороторні. Однороторні подрібнювачі (рис. 1.2, а) оснащені одним ротором; вони входять до основного, найбільш чисельного типу молоткових подрібнювачів. Двороторні подрібнювачі (рис. 1.2, б) мають різну кількість ступенів подрібнення – одноступеневі подрібнювачі, в яких потік сировини поступає на обидва ротора одночасно, і двоступеневі подрібнювачі, в яких матеріал поступає послідовно з одного ротора на інший. Двороторні одноступеневі подрібнювачі у порівнянні з однороторними подрібнювачами за однакової продуктивності менш габаритні, з цієї причини їх застосовують в установках, де істотне значення мають габарити, наприклад у самохідних пересувних агрегатах. Такі подрібнювачі мають меншу схильність до налипання біомаси у верхній частині подрібнювальної камери через те, що сировина в них поступає безпосередньо до роторів, які обертаються один одному назустріч і на стінки камери вона не потрапляє. Двороторні двоступеневі подрібнювачі виконують вищу (до 100) ступінь подрібнення у

порівнянні з однороторними. Ступінь дроблення зростає завдяки послідовному впливу дії молотків на сировину та зустрічному руху молотків другого ротора на потік сировини, що надійшла з першого ротора. Величина абсолютної швидкості удару частинок у цьому випадку більша швидкості обертання ротора в 1,5-2 рази [24, с. 227].

Для реверсивних подрібнювачів (рис. 1.3, а) характерна симетрична конструкція. Вага їх більша порівняно з вагою нереверсивних подрібнювачів, але недоліком цих дробарок є те, що ресурс деталей, схильних до зношування, вищий в 2 рази.

Конструкція дробарок з валом, розміщеним вертикально (рис. 1.3, б) дає можливість ошадливого подрібнення – запобігає стиранню (використовується в галузі отримання азбесту - зберігає азбестове волокно під час виділення його із породи). Подрібнена сировина поступає зверху на молотки першого ряду і під їх ударами відкидається на облицювання, розміщене кільцево в камері подрібнення, потім потрапляє під удари молотків, розміщених у другому ряду, і т. д. Зазор між молотками і облицюваними стінками камери подрібнення забезпечує вільне проходження часток сировини без заклинювання. У дробарок такої конструкції ступінь дроблення невисока – 1,5-2. Їх використовують для забезпечення вибірковості подрібнення [24, с. 228].

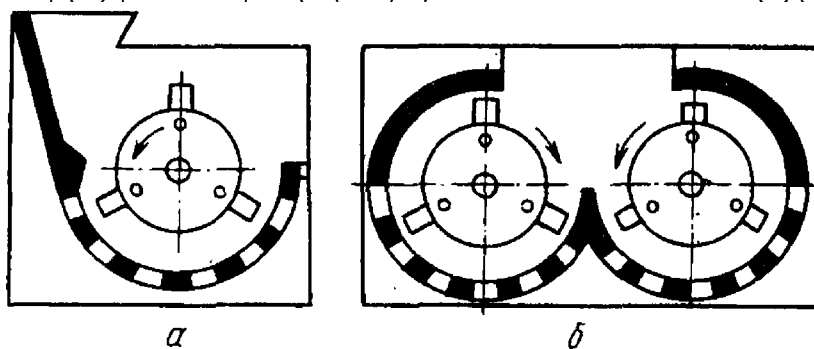


Рис. 1.2. Класифікація подрібнювачів ударного типу в залежності від кількості роторів [24, с. 226]: а – однороторний, б – двороторний одноступеневий

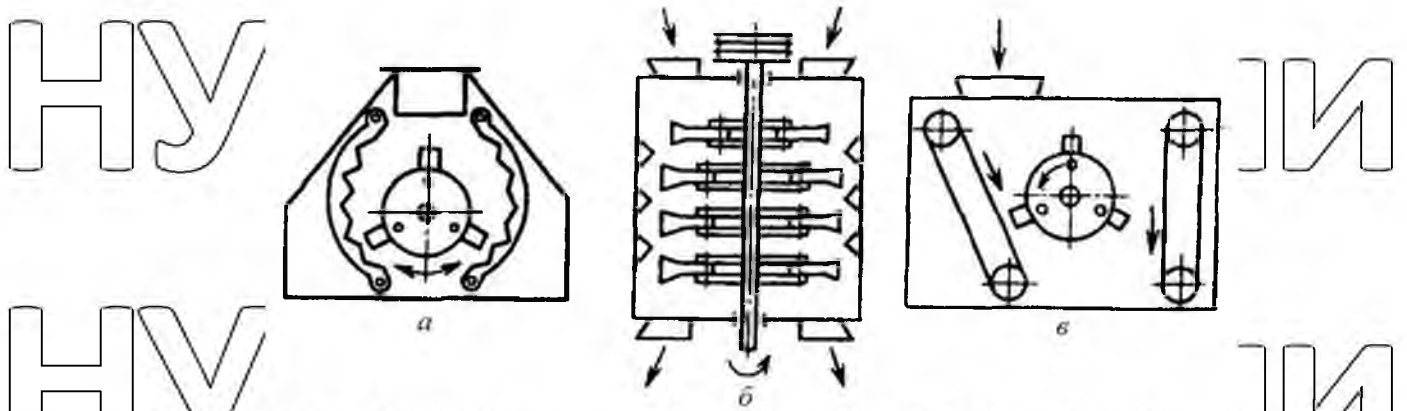


Рис. 1.3. Схеми конструкцій дробарок [24, с. 226]: а – реверсна; б – з вертикально розміщеним валом; в – з полотном для очищення

Подрібнювачі для дроблення сировини, схильної до налипання (рис. 1.3 в), забезпечуються спеціальним обладнанням у вигляді полотна для очищення валків, що обертаються. Сировина поступає на полотно очищення і подається до ротора, там руйнується і попадає на друге полотно для очищення, з якого подрібнена продукція вільно просипається, а налиплі часточки знімаються скребком. Аналогічно функціонують і валки. Конструкція подрібнювачів розроблена так, щоб контакт подрібненої сировини з стаціонарними частинами апарату унеможливити [24, с. 228].

До складу молоткових подрібнювачів входять наступні вузли: ротор з молотками, підвішеними шарнірно, колосникові решітки, плити відбійні, котрі монтується в корпусі, та електричний привод. Корпус дробарки та електропривод встановлюються на станині. Крутний момент від вала електроприводу до вала ротора передається клиноремінною передачею. В деяких установках крутний момент передається через муфти різних конструкцій.

Ротор є основним робочим органом молоткової дробарки, що виконує задачу передачі енергії на подрібнення від електроприводу. Для всіх дробарок молоткового типу принципова конструкція роторів залишається однаковою.

Ротор молоткового подрібнювача – це набір закріплених на валу дисків, на яких за допомогою пальців підвішуються молотки. Вал ротора опирається на два підшипники, які встановлені на його кінцях, він приводиться в дію клиноремінною передачею від електропривода або за допомогою пружної муфти [24, с. 228].

Основою ротора молоткового подрібнювача (рис. 1.4) - горизонтальний вал із розташованими по його довжині дисками (бувають круглої, квадратної або іншої форми). Крізь отвори дисків пропускаються пальці круглого перетину, на них вільно підвішуються молотки. Віддаля між сусідніми дисками з молотками визначається втулками [9, с. 779].



Рис. 1.4 Ротор молоткового подрібнювача

Ротори у молоткових дробарках класифікують:

- за величиною співвідношення діаметра ротора і його довжини;
- за числом рядів молотків, розміщених поздовж (кількість молотків на вигляді ротора з права чи з ліва – буває три, чотири, шість, вісім, дванадцять);
- за розміщенням молотків в одному ряду відносно іншого: по кільцю з зазорами і з перекриванням зазорів;

- за формою дисків: фігурні, круглі, квадратні, з нішами [24, с. 228]

Ротори за показником співвідношення довжини L і діаметра D бувають двох типів. У роторів першого типу цей показник співвідношення дорівнює $D/L=1-2$, у роторів другого типу – $D/L=4-7$ [28].

У роторах, що відносяться до першого типу біля 50% їх ваги зосереджується біля осі ротора, навколо якої барабан обертається, за такого рішення величина

осьового моменту інерції барабана невелика. Конструктивно такі барабани мають більш високу металомісткість.

Перевага конструкцій барабанів першого типу в тому, що їх легше динамічно врівноважити, оскільки вони характеризуються майже рівновісним еліпсоїдом інерції, який по своїй формі наближається до кулі. У випадку, коли тіло відповідає рівновісному еліпсоїду інерції, воно не вимагає динамічного врівноваження, тому що будь-яка вісь симетрії водночас є і основною віссю інерції. Тобто, для цього тіла достатньо виконати лише статичне урівноваження.

Вага молотків, пальців і шайб у роторах, що відносяться до другого типу, дорівнює 17-18% від його ваги. Накети з молотками знаходяться на значній відстані від осі обертання, в результаті такі ротори характеризуються значними величинами осьових і махових моментів інерції. Конструктивно ці ротори менш металомісткі, але потребують точного балансування [28].

Вибирається кількість рядів молотків відповідно до призначення дробарки. Число рядів молотків, зазвичай, в діапазоні 2-6, хоча бувають дробарки і з 12 рядами. Ротори, що мають велику кількість молотків, використовують в середньому і дрібному дробленні. Обираючи число рядів молотків приймають до уваги фактори: із збільшенням рядів молотків, зменшується проміжок часу між рухом двох суміжних рядів молотків ротора, що обертається з певною швидкістю, отже, зменшується глибина проникнення частки сировини, яка іде на подрібнення, до робочої зони ротора. У випадку дрібного і середнього дроблення це позитивно відображується на зернових характеристиках готової продукції. У випадку крупного дроблення потрібна значна глибина проникнення частки сировини в зону подрібнення, тому що за таких умов удар буде ефективніший, отже потрібно обирати менше число рядів молотків [34].

Подрібнююча сила молотка знаходиться в залежності від величини їх кінетичної енергії, що визначається квадратом швидкості обертання і ваги молотка.

В випадку подачі в молотковий подрібнювач великих шматків сировини рекомендується підвищувати окружну швидкість і збільшувати вагу молотка. Отже в випадку крупного дроблення доцільно використовувати меншу кількість молот-

ків більшої ваги, а для дрібного – більшу кількість меншої ваги. Кутову швидкість ротора дробарки необхідно збільшувати у випадку дроблення великих і міцних шматків сировини, а також при збільшенні ступеня подрібнення [24].

Переваги та недоліки конструкцій молоткових дробарок. Дроблення ударним способом молотками гарантує кращу якість подрібнення в порівнянні з подрібненням роздавлюванням в дробарок інших типів, як, наприклад в конусної конструкції або щічних. Ступінь дроблення в таких дробарках значно вища (досягає до 20-30), а величина питомої витрати енергії на подрібнення значно нижча, в порівнянні з подрібнюючими пристроями, які працюють за іншим принципом дроблення. Їх відрізняє простота конструкції, компактність та висока продуктивність. Молоткові подрібнювачі досить економічні, їх цінова вартість в розрахунку на продуктивність в 1,5-5,5 рази нижча, в порівнянні з валковими і щічними дробарками відповідно, а вага в 4,5 рази менша. Молоткова дробарка потребує набагато нижчої встановленої потужності електродвигуна. Вона використовується у крупному, середньому і дрібному дробленні самих різноманітних матеріалів.

Недоліком вважається швидке зношення молотків, колосникових решіток відбійних плит, налипання сировини на колосникових решітках під час подрібнення пластичних матеріалів з високою вологістю, складність установки і потреба в балансуванні ротора [34].

Висновки розділу 1

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що якість вироблених паливних гранул залежить від розміру сировини (1-4 мм), тому сировину для виробництва паливних гранул потрібно подрібнювати. Це здійснюється на дробарках, які бувають валкові, конусні, щічні. Але для дрібного дроблення найчастіше використовують молоткові дробарки.

РОЗДІЛ 2.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ СОЛОМИ В СФГ «КОЛОС»

МИРОНІВСЬКОГО Р-НУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛ.

2.1. Характеристика господарства

Селянське (фермерське) господарство «Колос» знаходиться в с. Салів Миронівського району Київської області. Площа села – 9,43 км². Населення – 292

особи. Чисельність дворів – 240 [45].

Сільськогосподарські угіддя СФГ «Колос» складають 1040 га, з них рілля 938 га, пасовища – 86 га, сіножаті – 40 га.

В основному господарство спеціалізується на вирощуванні озимої пшениці, якою засівається 745 га. Коефіцієнт виходу зерна та соломи становить 1,2.

Тоді валовий вихід соломи пшениці при середній врожайності 60 ц/га становить $745 \cdot 60 \cdot 1,2 = 53640$ ц.

Загальна площа ріллі в господарстві становить 940 га, із яких $940 - 745 = 195$ га зайнято під кормові та овочеві культури.

При нормі внесення рослинних решток в якості органічного добрива 0,48 кг/м², для 940 га ріллі необхідно внести $940 \cdot 0,48 \cdot 10 = 4512$ т соломи.

Однак в СФГ «Колос» наявні 190 корів, 230 голів молодняка ВРХ і 250 свиней.

Норма підстилкового матеріалу для однієї корови становить 3-5 кг/д., для однієї свині – 5-8 кг/д [36]. Приймаємо середню величину – для корів – 4,5 кг/д, для свиней – 6 кг/д. Отже для підстилки тваринам щорічно господарство витрачає $[4,5 \cdot (190 + 230) + 6 \cdot 250] \cdot 365 = 1237$ тис. кг, або 1237 т соломи.

Від однієї корови за добу в середньому отримується 56 кг гною, від молодняка – в середньому – 15 кг/д, від свині – в середньому – 5,2 кг/д [36]. Отже, в СФГ «Колос» щороку отримують $[190 \cdot 56 + 230 \cdot 14 + 250 \cdot 5,2] \cdot 365 = 5454925$ кг, або

5455 тонн безпідстилкового гною. З врахуванням підстилки маса отриманого гною щорічно дорівнює $5455 + 1237 = 6692$ т.

Основа ґрунту в господарстві - це типовий чорнозем. Для його підживлення для підтримання необхідного балансу гумусу доцільно вносити органічні добрива 10 т/га щорічно [4]. Тобто удобрення 940 га орних земель потрібно вносити $940 \cdot 10 = 9400$ т гною. Однак наявні тільки 6692 тонн. Дефіцит щорічно дорівнює $9400 - 6692 = 2708$ т. Тому цю кількість гною заміняємо приореними рештками соломи.

Отже, після збирання врожаю з врахуванням використаної соломи в вигляді підстилки і добрива в СФГ «Колос» щороку залишається $4512 - 2708 - 1237 = 567$ т соломи, яку можна використати для переробки в паливні гранули.

Кількість робочих днів в продовж року становить 251 [43], довжина робочого дня – 7 годин.

Величина продуктивності прес-гранулятора для переробки всієї зібраної соломи в паливні гранули не повинна бути меншою ніж $567 / (250 \cdot 7) = 0,324$ т/год, або 324 кг/год.

2.2. Технологія та технічна характеристика лінії гранулювання ГТЛ-304

Відходами більшості сільськогосподарських виробництв є солома, деревні відходи лісозаготівлі та деревообробки, лущиння соняшника тощо. Для отримання з цієї сировини паливних гранул досить користуватись лініями гранулювання, продуктивність яких 100-350 кг/год. До цієї категорії можна віднести міні лінію гранулювання ГТЛ-304, виробник - ТМ GRANTECH.

Комплект обладнання ГТЛ 304 призначений для підприємств, які отримують близько 2-3 м³ сухих відходів за годину. Характеризується продуктивністю в діапазоні 0,25-0,55 т/год, що залежить від потужності електроприводу. Це компактна лінія, змонтована на рамі, розміри якої 5000×2200 мм. Таке виконання дозволяє значно скоротити час монтажу і введення лінії в експлуатацію. Вона

легко транспортується до місця зберігання сировини. Здійснювати обслуговування ГТЛ 304 спроможен лише один оператор.

До складу базової комплектації міні-комплексу для подрібнювання входять (рис. 2.1): бункер, прес-гранулятор, охолоджувач, просіювач, система управління, механізми транспортування готової продукції та сировини.

Сировина після попереднього подрібнення подається до бункера, з якого поступає на дробарку. Потім подрібнений на фракції біля 2-3 мм матеріал поступає в циклон, оснащений блоком фільтрів, після чого через дозатор поступає в змішувач, де нагрівається до потрібної температури, піддається обробці паром або водою і набуває вологості 7-12%. Обробка матеріалу паром необхідна для зниження витрати електроенергії і зменшення зносу деталей прес-гранулятора під час його експлуатації.

Підготовлений матеріал поступає в пресуючу камеру, де продавлюється роликми крізь отвори матриці, що обертається і утворює гранули. Потім вони поступають до охолоджувача ГТО, де потік повітря знижує їх температуру. Після того вони очищаються від пилу і дрібної фракції на ГТП просіювачі і поступають в бункер для готової продукції на зберігання або на фасування.

Керувати міні-комплексом ГТЛ-304 можна як в ручному режимі, так і автоматично, у відповідності з вимогами замовника. Для виключення впливу людського фактора на проходження процесу гранулювання і термін використання обладнання, фахівцями ІСК Group рекомендоване використання комплексу з автоматичною системою управління.

Якщо вологість сировини більша допустимої, лінію додатково оснащують сушильним обладнанням ГТСК 0,6/4 [31].

Слід зазначити, що лінія для гранулювання ГТЛ-304 призначена для отримання паливних гранул тільки з подрібненої сировини з розмірами 4×4×4 мм.

Крім того, існує різноманітна сировина (сухе гілля дерев та стовбури, обрізки деревообробки, тріска, солома тощо), не придатна для гранулювання на лінії гранулювання ГТЛ-304 в такій комплектації без попереднього подрібнення. Тому є

необхідність в розробці технічної документації подрібнювача для підготовки сировини в роботу на лінії гранулювання ГГЛ-304.



Рис. 2.1. Лінія виробництва гранул ГГЛ-304 [31]. 1 – приймальний люк; 2 – пневматичний траєктор; 3 – бункер накопичувальний; 4 – дозатор матеріалу; 5 – змішувач; 6 – гранулятор ГТ-304Д; 7 – скребковий стрічковий транспортер; 8 – охолоджувач ГТО 7×8; 9 – просіюючий пристрій ГП-1; 10 – циклон; 11 – вентилятор; 12 – блок управління; 13 – система фільтрів; 14 – рама

В результаті вивчення конструкції подрібнюючих машин дізнаємося, що подрібнення сировини з в'язкими характеристиками, до якої належить біомаса, найкраще виконувати дробарками ударного типу: роторними і молотковими.

2.3. Методика конструкційно-технологічного розрахунку молоткового подрібнювача

1. Розрахуємо критичну швидкість удару. У подрібнювачах з ударною дією матеріал руйнує дія механічного удару, під час якого кінетична енергія тіл, що рухаються, частково або повністю переходить в енергію їх руйнування та деформації. Під

час удару молотком часточка матеріалу руйнується, частинки її розлітаються та відбиваються від колосникових ґрат, утворюючи камеру дроблення. Від удару об колосникову решітку матеріал подрібнюється додатково і, відбиваючись, потрапляє під вплив ротора знову. Це повторюється багатократно, поки частки досягають необхідних розмірів, після чого крізь колосникову решітку вони поступають на розвантаження.

В деяких моментах матеріал після отримання удару починає обертання до-вкола своєї осі з швидкістю, що близька до швидкості ротора подрібнювача, і також руйнується, під дією відцентрових сил в частці матеріалу з'являється напруження, більше межі міцності під час розтягування матеріалу (наприклад, міцність деревини поперек волокон).

Дія удару по шматку сировини у подрібнювачах ударної дії відповідно до при-роди тіл, що ударяються один з одним, знаходиться в проміжному положенні між непружним і пружним ударом.

Критична величина швидкості удару для волокнистої сировини (деревина, со-лома тощо) пропорційна швидкості руху пружних хвиль (швидкість звуку), статич-ному куту зламу, коефіцієнтам динамічності та удару [28, с. 78]:

$$v_{кр} = 0,05 \cdot k_{yd} \cdot c_0 \cdot tg^3(k_d \cdot \gamma_{cm}), \quad (2.1)$$

де $v_{кр}$ – величина критичної швидкості удару, м/с; k_{yd} – значення коефіцієнта удару; k_d – значення коефіцієнта динамічності; c_0 – величина швидкості руху пружних хвиль (швидкість звуку), м/с; γ_{cm} – значення статичного кута зламу, град.

Значення коефіцієнта динамічності сухих стебел дорівнює 1,2-1,5 [41], значення коефіцієнту удару волокнистої сировини – 1,3-1,5 [38, с. 77].

Величина швидкості руху пружних хвиль (швидкість звуку) для соєвої со-домки дорівнює 800-950 м/с [41].

Величина статичного кута зламу дорівнює 14-18 град. [41].

2. Встановлюється значення необхідної продуктивності дробарки Q в кг/год або в кг/с.

3. В залежності від типу ротора та величина продуктивності розраховуємо його діаметр по формулі [28, с. 78]:

$$D_p = \sqrt{\frac{k \cdot Q}{q}} \quad (2.2)$$

де D_p – величина діаметра ротора, м; k – значення коефіцієнта відношення діаметра до довжини ротора; Q – величина продуктивності дробарки, кг/с; q – величина питомого навантаження, кг/(с·м²).

Величина питомого навантаження q для дроблення зерна до 6 мм дорівнює 2-3 кг/(с·м²) за швидкості руху молотків 40-55 м/с, і 3-6 кг/(с·м²) за швидкості руху молотків 65-80 м/с [28, с. 142].

4. Розраховуємо довжину ротора. Відомі ротори двох типів, які відрізняються величиною відношення величини діаметра до довжини. Ротори першого типу мають однакове значення діаметра і довжини, або довжина перевищує діаметр до двох раз, тобто $k = D_p/L_p = 1-2$. Величина діаметра ротора другого типу перевищує значення його довжини значно більше, тобто $k = D_p/L_p = 4-7$ [28, с. 142].

Отже довжина ротора становитиме:

$$L_p = \frac{D_p}{1..2} \text{ або } L_p = \frac{D_p}{4..7} \quad (2.3)$$

5. Розраховуємо величину радіуса диска барабана R_b і віддаль від краю молотка до осі його кріплення l . Величина радіусу диска барабана R_b дорівнює: $R_b = (D_p/2) - l$ [28, с. 142]. Для забезпечення стійкості руху молотків, рекомендується обирати радіус барабанного диска R_b і віддаль від краю молотка до осі його кріплення l за таким співвідношеннями [28, с. 137]:

$$R_b = 2,25 \cdot l \quad (2.4)$$

$$R_b = 4 \cdot l \quad (2.5)$$

де R_b – величина радіуса барабанного диска, м; l – віддаль від краю молотка до осі його кріплення, м.

В залежності від цих співвідношень динамічна система барабан-молоток діятиме по різному.

Із цих співвідношень встановлюємо, що віддаль від краю молотка до осі його кріплення l розраховується по формулам:

$$l = 0,154 \cdot D_p \text{ або } l = 0,1 \cdot D_p \quad (2.6)$$

При значенні діаметра ротора $D_p < 0,4$ м величину l потрібно обирати більшою (напр., $l = 0,2 \cdot D_p$), в іншому разі довжина молотків буде недостатньою [28, с. 142].

6. Геометричні параметри молотків: значення довжини a , значення ширини b визначаються по формулам [28, с. 142]:

$$a = 1,5 \cdot l \quad (2.8)$$

$$b = (0,4 \dots 0,5) \cdot a \quad (2.9)$$

де a – значення довжини молотка, м; b – значення ширини молотка, м.

М'які продукти і зерно подрібнюються тонкими молотками (товщиною $\delta = 2-3$ мм), соломка – молотками товщиною $\delta = 6-8$ мм і більше. Крупнокускові матеріали (стрижки качанів, качани, деревина) подрібнюються більш товстими молотками ($\delta = 8-12$ мм) [28, с. 104].

7. Розрахунок молотків на показник динамічної стійкості проводиться наступним чином. Для недопущення передачі ударних імпульсів від дії молотків на вал ротора дробарки, величину квадрата радіуса інерції r_c відносно точки кріплення молотка на диску барабана повинен дорівнювати [28, с. 137]:

$$r_c^2 = c \cdot l \quad (2.10)$$

де r_c – величина радіуса інерції відносно центру маси молотка, м; c – віддаль від центра маси молотка до осі отвору його кріплення, м.

Віддаль від центра маси молотка до осі отвору його кріплення c розраховується в залежності від числа отворів в площині молотка.

Для молотка з одним отвором віддаль від центра маси молотка до осі отвору його кріплення розраховується як [28, с. 142]:

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6a} \quad (2.11)$$

Для молотка з двома отворами віддаль від центра маси молотка до осі

отвору його кріплення розраховується по формулі [28, с. 142]:

$$c = \sqrt{\frac{A^2}{4} + B} - \frac{A}{2}, \quad (2.12)$$

в якій значення коефіцієнта A розраховується як [28, с. 142]:

$$A = \frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d_n^2} - \frac{a}{2}, \quad (2.13)$$

де d_n – величина діаметра отвору в площині молотка під вісь, м,

а значення коефіцієнта B – як [28, с. 142]:

$$B = \frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d_n^2} - \frac{d_n^2}{8}. \quad (2.14)$$

величина діаметра осі кріплення молотка d_n із для забезпечення міцності вісі обирається 18-20 мм.

Уточнюємо віддаль від краю молотка до осі його кріплення по формулі [54, с. 53]:

$$l = c + 0,5/a, \quad (2.15)$$

де l – віддаль від краю молотка до осі його кріплення, м.



Рис. 2.2. Схематично зображений молоток з двома отворами

8. Визначається відстань між віссю кріплення молотка і віссю ротора по

формулі:

$$R_0 = \frac{D_p \cdot \sqrt{2} \cdot l}{2}, \quad (2.16)$$

де R_0 – відстань між віссю кріплення молотка і віссю ротора, м.

9. Визначається значення товщини диска по формулі [2; 5]:

$$\delta_d \geq \frac{P_m}{d_n \cdot \sigma_{\text{доп зм}}}, \quad (2.17)$$

де δ_d – значення товщини диска, м; P_m – показник відцентрової сили інерції молотка, Н; d_n – величина діаметра осі кріплення молотка, м; $\sigma_{\text{доп зм}}$ – значення допустимого напруження на змінання, Па (обирається з довідкової літератури).

Диски для ротора (як і рама дробарки, відбійники та дистанційні втулки ротора) виготовляють зі сталі марки Ст. 3 [16], значення її допустимого напруження на змінання $\sigma_{\text{доп зм}}$ дорівнює 1350 кгс/см² [49] (або 133,4·108 Па).

Відцентрова сила інерції молотка визначається по формулі [5]:

$$P_m = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_c, \quad (2.18)$$

де P_m – величина відцентрової сили інерції молотка, Н; m_m – вага молотка, кг; ω – значення кутової швидкості молотка для руйнування частинок матеріалу рад/с; R_c – величина радіуса кола знаходження центра маси молотків, м.

Молотки для подрібнювачів виготовляють зі сталі. Маса молотка розраховується по формулі [5]:

$$m_m = V_m \cdot \rho_m = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho_m, \quad (2.19)$$

де V_m – значення об'єму молотка, м³; a – значення довжини молотка, м; b – значення ширини молотка, м; δ – значення товщини молотка, м; ρ_m – показник щільності матеріалу, з якого виготовляється молоток, кг/м³.

Показник щільності сталі 110Г13Л для виготовлення молотків (а також колосників і відбійних плит) [13; 16], дорівнює 7820 кг/м³.

Кутова швидкість молотка, що забезпечить руйнування частинок матеріалу розраховується як [54]:

$$\omega = \frac{2 \cdot v_{kp}}{D_p} \quad (2.20)$$

Величина радіуса кола знаходження центра маси молотків розраховується по формулі [5]:

10. Розраховується мінімальний розмір дистанційної втулки між отворами під осі кріплення і зовнішнім краєм диска по формулі [5]:

$$h_{\min} \geq \frac{0,5 \cdot P_M}{\delta \cdot \sigma_{зр}}, \quad (2.22)$$

де h_{\min} – мінімальне значення розміру між отворами під осі кріплення і зовнішнім краєм диска, м; $\sigma_{зр}$ – значення допустимої напруженості на зріз, Па.

Значення допустимої напруженості на зріз сталі марки Ст 3 дорівнює 500 кгс/см² [49] (або $4,9 \cdot 10^7$ Па).

11. Число молотків в ряді визначається по формулі:

$$Z \approx \frac{L_p}{\delta + \delta_o + h_{\min}}, \quad (2.23)$$

де Z – число молотків в ряді, шт.; δ – значення товщини молотка, м; δ_o – значення товщини диска, м; h_{\min} – значення мінімального розміру між отворами під осі кріплення молотків і зовнішнім краєм диска, м.

12. Уточнюється значення довжини ротора по формулі:

$$L_p = (\delta + \delta_o + h_{\min}) \cdot Z + \delta_o. \quad (2.24)$$

13. Визначається число рядів молотків ротора подрібнювача. Кількість рядів молотків залежить від призначення дробарки. Їх кількість, в основному, варіюється від 2 до 6, але існують і подрібнювачі з 12 рядами. Ротори з значною кількістю молотків задіюються для дрібного та середнього подрібнення. Для крупних фракцій число рядів молотків зазвичай менше.

14. Розраховується швидкість обертання барабана ротора n у відповідності з відомою кутовою швидкістю молотка [5]:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (2.25)$$

де n – швидкість обертання барабана ротора, об/хв.

15. Розраховується значення потужності, необхідної для функціонування

дробарки, яка є сумою потужностей роботи холостого ходу N_{xx} , потужності, затраченої на подрібнення $N_{подр}$ і потужності, затраченої на роботу вентилятора $N_{вент}$. Сумарна потужність для подрібнювача [46; 47]:

$$N = N_{xx} + N_{подр} + N_{вент}, \quad (2.26)$$

де N – значення потужності, необхідної для функціонування дробарки, кВт; N_{xx} – потужність, затрачена на холостий хід, кВт; $N_{подр}$ – потужність, затрачена на подрібнення, кВт; $N_{вент}$ – потужність, затрачена на роботу вентилятора, кВт.

Потужність, затрачена на подрібнення, розраховується по емпіричним та теоретичним формулам [6, с. 8; 9, с. 134; 24, с. 265; 39, с. 68; 51, с. 145-146], результати яких різняться. Вивчаючи результати розрахунків за допомогою цих формул, потужність дробарок ДМУ-200, ДМУ-250 і ДМУ-300 залежить від значення продуктивності, ступеню подрібнення і характеристик матеріалу, що поступає на подрібнення і що зазначено в паспорті дробарок серії ДМУ [15]. Встановлено, що найближчі значення можна отримати з доопрацьованої формули, наведеної в [5, с. 48]:

$$N_{подр} = \frac{E_i \cdot Q \cdot (i-1)}{l_1 \cdot \rho}, \quad (2.27)$$

де $N_{подр}$ – потужність, затрачена на подрібнення, Вт; Q – величина продуктивності дробарки, кг/с; E_i – значення енергетичного показника, Вт·с/м²; i – ступінь подрібнення сировини; l_1 – розмір частин перероблюваної сировини, що поступає на подрібнення, м; ρ – показник щільності матеріалу, кг/м³.

В процесі доопрацювання формули її параметри приведені до системи СІ та її знаменник введений показник щільності матеріалу з метою дотримання балансу складових розмірностей.

Значення енергетичного показника E_i залежить від властивостей сировини, що поступає на подрібнення, і знаходиться в діапазоні 15-40 Вт·год/м² (54000-144000 Вт·с/м²). Менше значення характеризує менш міцні матеріали, більше – більш міцні.

Ступінь подрібнення i описується відношенням величини l_1 часток сировини

перед подрібненням до величини l_2 часток після подрібнення [24]:

$$i = \frac{l_1}{l_2} \quad (2.28)$$

де i – ступінь подрібнення; l_1 – розмір часток сировини, що поступає на подрібнення, м; l_2 – розмір часток після подрібнення, м.

Потужність, витрачена на холостий хід дробарки N_{xx} і потужність $N_{вент}$, витрачена на роботу вентилятора, становить 15-20% від величини потужності, витраченої на дроблення [28, с. 144; 46; 47]. Тому значення сумарної витрати потужності під час подрібнення матеріалу дорівнює [28, с. 144]:

$$N = (1,15 \dots 1,2) \cdot N_{подр} \quad (2.29)$$

2.4. Конструкційно-технологічний розрахунок молоткового подрібнювача

Розроблювана молоткова дробарка працюватиме в складі лінії гранулювання MGL 200 і виконуватиме подрібнення відходів деревини деревообробки та лісозаготівлі, лінійні розміри яких менші 40 мм. Розмір отриманої фракції в результаті дроблення не повинен бути більшим 4 мм.

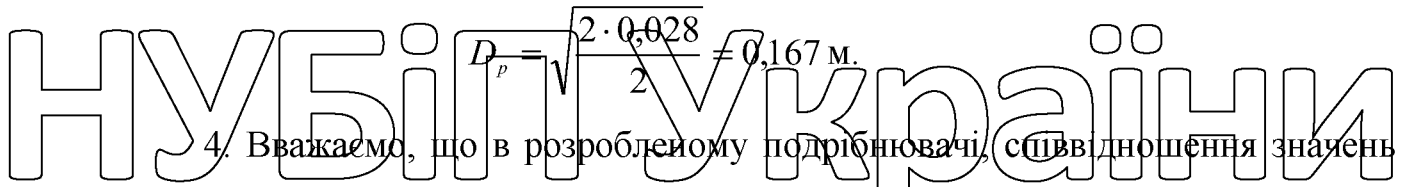
1. Розраховуємо величину критичної швидкості удару. Вважаємо, що значення коефіцієнту динамічності деревної сировини дорівнює 1,5, значення коефіцієнту удару – 1,5, величина статичного кута зльому – 14,5 град. Для визначення обираємо значення максимальної швидкості розповсюдження звуку, вона дорівнює 5060 м/с для деревини вздовж розташування її волокон (табл. 3.2).

Тоді величина критичної швидкості удару для деревної сировини по формулі (2.1) становитиме:

$$v_{кр} = 0,05 \cdot 1,5 \cdot 5060 \cdot \text{tg}^3(1,5 \cdot 14,5) = 24,08 \text{ м/с}$$

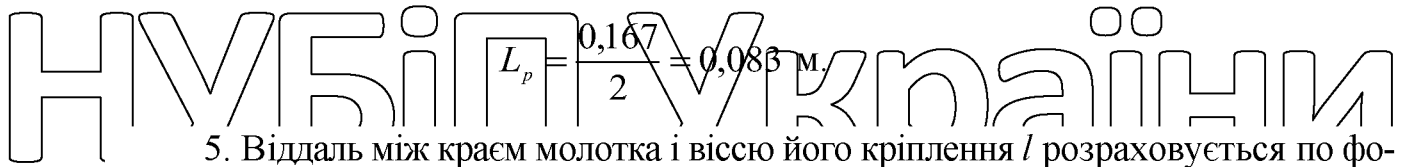
2. Продуктивність подрібнювача дорівнює 325 кг/год. (0,028 кг/с).

3. Вважаємо, що значення коефіцієнта співвідношення значень довжини ротора і діаметра $k=2$, а значення питомого навантаження $q=2 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$. Звідси величина діаметра ротора подрібнювача по формулі (2.2) становитиме:



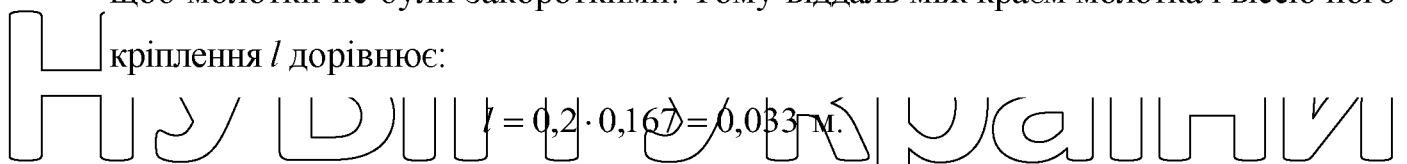
$$D_p = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,028}{2}} = 0,167 \text{ м.}$$

4. Вважаємо, що в розробленому подрібнювачі, співвідношення значень довжини ротора і діаметра дорівнює $k_p = D_p/L_p = 2$. Отже довжина ротора по формулі (2.3) дорівнюватиме:



$$L_p = \frac{0,167}{2} = 0,083 \text{ м.}$$

5. Віддаль між краєм молотка і віссю його кріплення l розраховується по формулам (2.6) або (2.7). Через те, що $D_p < 0,4$ м, величину l слід обирати більшою, щоб молотки не були закорткими. Тому віддаль між краєм молотка і віссю його кріплення l дорівнює:

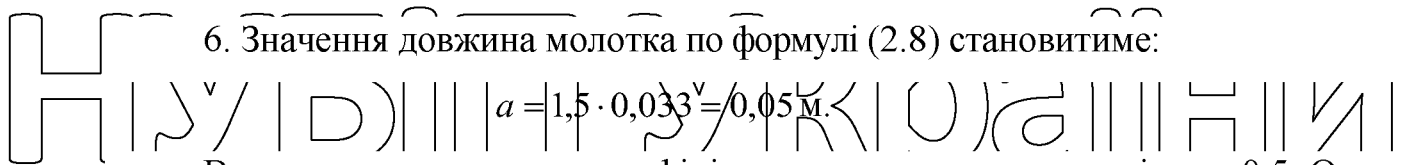


$$l = 0,2 \cdot 0,167 = 0,033 \text{ м.}$$

Значення радіуса диска барабана R_b по формулі (2.4) дорівнюватиме:

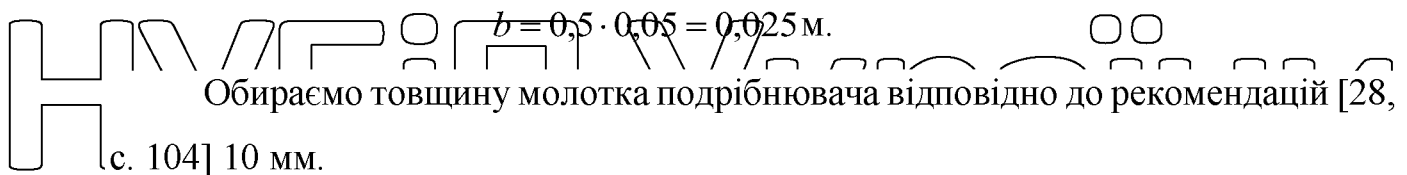
$$R_b = 2,25 \cdot l \text{ або} \quad (2.30)$$

6. Значення довжина молотка по формулі (2.8) становитиме:



$$a = 1,5 \cdot 0,033 = 0,05 \text{ м.}$$

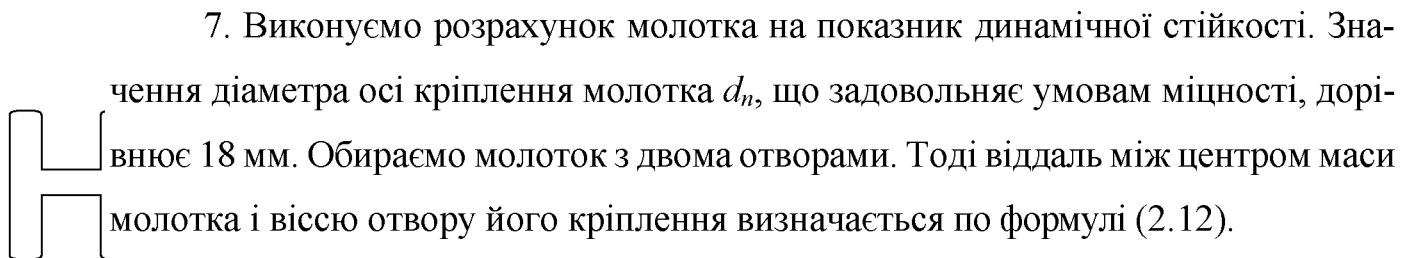
Вважаємо, що значення коефіцієнта ширини молотка дорівнює 0,5. Отже розмір ширини молотка по формулі (2.9) становитиме:



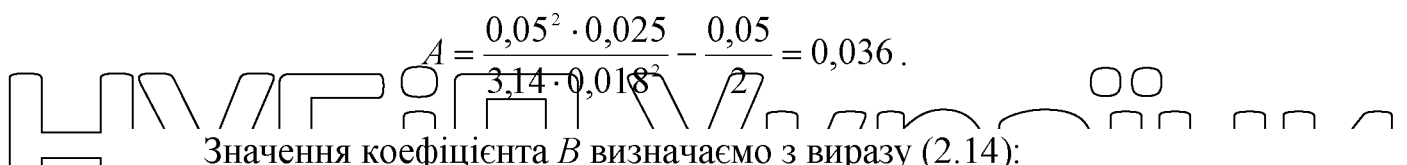
$$b = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м.}$$

Обираємо товщину молотка подрібнювача відповідно до рекомендацій [28, с. 104] 10 мм.

7. Виконуємо розрахунок молотка на показник динамічної стійкості. Значення діаметра осі кріплення молотка d_n , що задовольняє умовам міцності, дорівнює 18 мм. Обираємо молоток з двома отворами. Тоді віддаль між центром маси молотка і віссю отвору його кріплення визначається по формулі (2.12).



Значення коефіцієнта A для формули (2.12) визначаємо з залежності (2.13):



$$A = \frac{0,05^2 \cdot 0,025}{3,14 \cdot 0,018^2} - \frac{0,05}{2} = 0,036.$$

Значення коефіцієнта B визначаємо з виразу (2.14):



$$B = \frac{0,05 \cdot 0,025 \cdot (0,05^2 + 0,025^2)}{6 \cdot 3,14 \cdot 0,018^2} - \frac{0,018^2}{8} = 0,0006.$$

Тоді віддаль від центра маси молотка до осі отвору його кріплення по формулі (2.12) дорівнює:

$$c = \sqrt{\frac{0,036^2}{4} + 0,0006} - \frac{0,036}{2} = 0,012 \text{ м.}$$

Уточнюємо віддаль від краю молотка до осі його кріплення по формулі

(2.15):

$$l = 0,012 + 0,5 \cdot 0,05 = 0,037 \text{ м.}$$

8. Визначаємо віддаль від осі кріплення молотка до осі ротора по формулі

$$R_0 = \frac{0,167 - 2 \cdot 0,037}{2} = 0,05 \text{ м.}$$

9. Розраховуємо товщину диска по формулі (2.17). Для цього потрібно визна-

чити значення відцентрової сили інерції молотка P_m , розмір діаметра осі кріплення молотка d_n і показник напруження на зминання $\sigma_{дон зм}$. Щоб визначити відцентрову силу інерції молотка, потрібно визначити масу молотка, знаходимо щільність сталі 110Г13Л, яка іде на виготовлення молотків, 7820 кг/м^3 , по формулі (2.19):

$$m_m = 0,05 \cdot 0,025 \cdot 0,01 \cdot 7820 = 0,098 \text{ кг.}$$

Значення кутової швидкості молотка, необхідної для руйнування часточок сировини по формулі (2.20) дорівнює:

$$\omega = \frac{2 \cdot 24,08}{0,167} = 289 \text{ рад/с.}$$

Радіус кола кріплення центру мас молотків по формулі (2.21) дорівнює:

$$R_c = 0,05 + 0,012 = 0,062 \text{ м.}$$

Тоді значення відцентрової сили інерції молотка по формулі (2.18) дорівнює:

$$P_m = 0,098 \cdot 289^2 \cdot 0,062 = 509 \text{ Н.}$$

Значення допустимого напруження на зминання $\sigma_{дон зм}$ для сталі Ст 3, яка використовується для виготовлення дисків ротора, дорівнює 1350 кгс/см^2 [49] (або $132,4 \cdot 10^8 \text{ Па}$).

В п. 7 ми визначили, що величина діаметра осі розміщення молотка d_n за умови міцності дорівнює 18 мм. Тоді значення товщини диска δ_δ по формулі (2.17) дорівнює:

$$\delta_\delta \geq \frac{509}{0,018 \cdot 132,4 \cdot 10^8} = 0,0002 \text{ м.}$$

Із сортаменту сталі обираємо товщину диска – 0,002 м.

10. Знаючи величину допустимого напруження зрізу сталі марки Ст 3, яка дорівнює 500 кгс/см² [49] (або $4,9 \cdot 10^7$ Па), та значення товщини молотка – 10 мм, розраховуємо мінімальну відстань між отворами для осей кріплення молотка і зовнішнім краєм диска по формулі (2.22):

$$h_{\min} \geq \frac{0,5 \cdot 509 \sqrt{V}}{0,01 \cdot 4,9 \cdot 10^7} = 0,0005 \text{ м.}$$

Передбачаємо, що для ефективнішого дроблення молотки кріпляться по кільцю, в шаховому порядку, обираємо відстань між отворами для осей підвішування молотка і краєм диска, вона дорівнюватиме 0,012 м.

11. Розраховуємо число молотків в одному ряді по формулі (2.23):

$$Z \approx \frac{0,083}{0,01 + 0,002 + 0,012} = 3,47.$$

Вважаємо, що в одному ряді буде встановлено 4 молотки.

12. Уточнюємо величину довжини ротора у відповідності до встановленого числа молотків по формулі (2.24):

$$L_p = (0,01 + 0,002 + 0,012) \cdot 4 + 0,002 = 0,098 \text{ м.}$$

13. Для крупного і середнього дроблення в подрібнювачах встановлюють невелику кількість молотків більшої ваги, для дрібного – велику кількість меншої ваги. Так як подрібнювач буде використовуватись для дрібного подрібнення, число рядів встановлених молотків в ньому становитиме 8.

14. Частота обертання ротора розраховується по формулі (2.25):

$$n = \frac{30 \cdot 289}{3,14} = 2761 \text{ об/хв.}$$

15. Потужність, необхідна для виконання подрібнення, витрат на холостий

хід та витрат на вентиляцію, величина якої при енергетичному коефіцієнті E_i
 $=252000$ Вт·с/м дорівнюватиме:

$$i = \frac{0,04}{0,004} = 10,$$

при значенні насипної щільності сировини, що поступає на подрібнення, $\rho=300$
 кг/м³ по формулі (2.27) встановлюємо:

$$N = 12 \cdot \frac{252000 \cdot 0,028 \cdot (10 - 1)}{0,04 \cdot 300} = 6300 \text{ Вт}$$

Обираємо електричний двигун модель 4A112M2У3 з величиною частоти
 обертання 3000 об/хв. значенням потужності 7,5 кВт, ККД якого 87,5% і маса
 56 кг [48].

Габаритно-приєднувальні характеристики електричного двигуна
 4A112M2У3 показані на рис. 2.3 та в табл. 2.1.

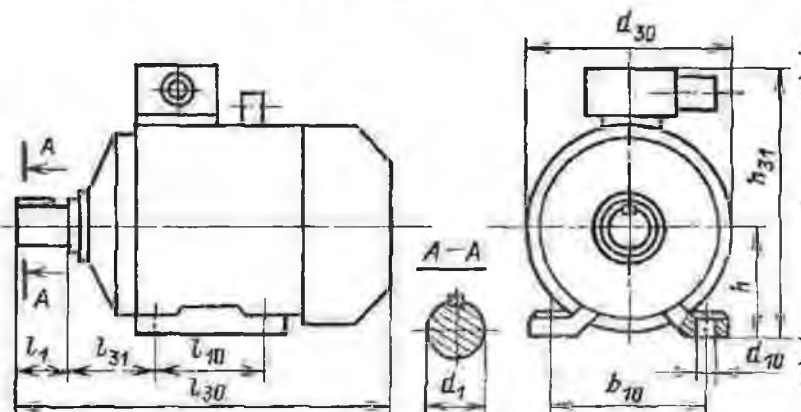


Рис. 2.3. Габаритно-приєднувальні характеристики електричного двигуна
 4A112M2У3 [48]

Таблиця 2.1
 Значення габаритно-приєднувальних характеристик електричного двигуна
 4A112M2У3

l_{30}	h_{31}	d_{30}	l_1	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_{10}	h
455	312	250	82	150	70	34	14	180	114

Висновки до розділу 2

1. Основні конструкційно-технологічні параметри розробленого молоткового подрібнювача для лінії гранулювання соломи продуктивністю 325 кг/год. становлять:

Значення продуктивності, кг/год. 325

Розмір середнього діаметра частинок сировини, що подрібнюється, мм 40

Розмір середнього діаметра подрібненої сировини, мм 4

Значення довжини молотка, мм 50

Значення ширини молотка, мм 25

Значення товщини молотка, мм 10

Віддаль від центра маси молотка до осі отвору його підвішування, мм 12

Віддаль від кінця молотка до осі протилежного отвору його підвішування, мм 37

Віддаль від осі ротора до осі підвішування молотка, мм 50

Значення радіуса кола знаходження центра маси молотків, мм 62

Значення діаметра ротора, мм 167

Значення довжини ротора, мм 98

Число рядів молотків, шт. 8

Число молотків в ряді, шт. 4

Значення товщини диска, мм 2

Величина потужності, необхідної для виконання подрібнення, холостого ходу та витрат на вентиляцію, кВт 6,3

2. Для приводу молоткового подрібнювача використовується електродвигун марки 4A112M2У3 з потужністю 7,5 кВт і з частотою обертання ротора 3000 об/хв. З валом дробарки електродвигуна з'єднується через пальцеву муфту.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

Котли, які спалюють паливні гранули, розраховані на кілька діб роботи безперервно. Із бункера паливні гранули поступають в ретортну топку, де і спалюються, а в зольнику накопичується утворена зола. Обслуговування котла включає завантаження бункера паливними гранулами і видалення золи. Однак, якщо зольність гранул буде вища за допустиму, потрібно буде знизити періодичність обслуговування котла, щоб видаляти зайву золу. Тому важливо мати інформацію про зольність різних паливних гранул з різних матеріалів.

3.1. Методика визначення зольності паливних гранул

Лабораторна проба з частинками розміром до 3 мм, приготовлена за ДСТУ 7079:2009, перемішується ложкою або шпателем у відкритій банці, після чого в попередньо зважені тиглі поміщається навіска масою 6-8 г.

Наважка береться на всю глибину матеріалу човником в банці або ж ложкою із проби з двох-трьох місць на різній глибині.

Тиглі із навіскою ставляться на під холодної чи нагрітої до температури 250°C муфельній печі, закриваються дверцята та поступово на протязі 1 год. нагрівається піч до температури $(800\pm 20)^{\circ}\text{C}$. При такій температурі утворена зола прожарюється на протязі 2 год. в закритій муфельній печі.

Далі тиглі із зольним залишком виймаються, охолоджуються (спочатку на повітрі на протязі 5 хв., а далім в ексикаторі - до кімнатної температури) і зважуються.

Тиглі з золою для контролю прожарюються на протязі 40 хв. при температурі $(800\pm 20)^{\circ}\text{C}$. Після охолодження та зважування визначається зміна маси.

Якщо маси зменшується або збільшується менше 0,005 г, випробування закінчується і для розрахунку береться остання маса. Якщо маса зменшується більш ніж на 0,005 г, тиглі з золою додатково прожарюються (кожен на протязі 40 хв.), поки

різниця у масі при двох зважуваннях (послідовних) буде меншою 0,005 г.

Усі зважування матеріалу проводяться з похибкою не більше ніж 0,0002 г.

Зольність проби визначають за виразом [17]:

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

де A – зольність проби, %, m_1 – маса тигля, г; m_2 – маса тигля із пробю, г; m_3 – маса тигля із золою, г.

3.2. Результати визначення зольності паливних гранул

Здійснювались дослідження зольності паливних гранул 3 типів:

- паливних гранул деревних промислових
- паливних гранул деревних першого класу;
- паливних гранул з соломи.

Прожарювання зразків здійснювалось у муфельній печі SNOL-72/100 (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Муфельна піч SNOL-72/100

Результати визначення зольності паливних гранул з різного матеріалу наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати експериментальних досліджень зольності паливних гранул із різного матеріалу

Гранули	Повторності	До озолення			Після озолення		Зола %
		Маса тигля, г	Маса тигля і наважки, г	Маса наважки, г	Маса тигля і наважки, г		
Промислові деревні паливні гранули	1	26,5352	33,1082	6,573	27,5682	15,71581	
	2	28,2135	34,2261	6,0126	29,0760	14,34488	
	3	34,8612	40,7385	5,8773	35,6888	14,0813	
	Сер.					14,7140	
Деревні паливні гранули першого класу	1	35,8728	41,1387	5,2659	35,8947	0,415883	
	2	33,1188	38,999	5,8802	33,1405	0,369035	
	3	33,3996	40,4805	7,0809	33,4227	0,32623	
	Сер.					0,3704	
Паливні гранули (солома)	1	39,302	46,316	7,014	39,9559	9,322783	
	2	34,4231	39,1546	4,7315	34,8622	9,280355	
	3	39,5124	46,3377	6,8253	40,1658	9,573206	
	Сер.					9,3921	

Висновки до розділу 3

Внаслідок експериментальних досліджень визначено, що зольність паливних гранул, виготовлених із соломи, становить 9,4%, промислових деревних паливних гранул – 14,7%, деревних паливних гранул першого класу – 0,37%.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Встановлення виробничих небезпек при подрібненні сировини

Під час подрібнення деревної сировини в робочих зонах молоткових подрібнювачів можуть виникати небезпечні моменти з різних причин. Наприклад, з причин пошкодження електричної ізоляції струмопроводів обладнання, викидів шматків сировини із подрібнювача, обрушуванням утвореного в середині бункера склепіння сировини під час перебування там робітника, пилоутворення та можливості вибуху пилу тощо. Перелік виробничих небезпек під час роботи подрібнювача, можливі наслідки небезпек та заходи недопущення небезпечних ситуацій наведені в табл. 4.1.

4.2. Вимоги безпеки при дробленні сировини

Вимоги безпеки при дробленні сировини базуються на [33].

1. Площадки для обслуговування приймального і розвантажувального обладнання і бункерів з сировиною повинні обладнуватися світловою та звуковою сигналізаціями, призначення яких – оповіщати обслуговуючий персонал про початок робіт з завантаження.
2. Приймальні ділянки біля бункерів і майданчики для відвантаження матеріалів у випадку пилоутворення оснащуються ефективним обладнанням для боротьби з присутнім пилом (пиловловлювачами).
3. Заборонено завантажувати приймальні бункери у випадку відкритих завантажувальних люків, а під час розвантаження бункерів – знаходитися в розвантажувальній зоні обслуговуючому персоналу.
4. Руйнувати склепіння або зависання матеріалу в бункерах, його шурвання дозволено лише за допомогою відповідних пристосувань і спеціальних пристроїв (електровібратори, пневматичні пристрої тощо). Спуск обслуговуючого персоналу в бункери для цих цілей забороняється.

НУБІП України

Таблиця 4.1
Перелік виробничих небезпек під час роботи подрібнювача, можливі наслідки небезпек та заходи недопущення небезпечних ситуацій

Технологічний процес	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
Подрібнення соломи	1. Пилоутворення (НУ1) 2. Вибух пилу (НУ2) 3. Пошкодження електроізоляції проводів (НУ3) 4. Обрушення склепіння сировини в бункері (НУ4) 5. Викидання шматка сировини з дробарки (НУ5)	1. Немає захисту від потрапляння в робочу зону пилу (НД1) 2. Поява відкритого полум'я (НД2) 3. Відсутність перед початком роботи перевірки працівником технічного стану агрегату (НД3) 4. Працівник займається руйнуванням в бункері склепіння сировини (НД4) 5. Працівник під час роботи відкриває кришку дробарки (НД5)	1. Працівник перебуває в зоні запылення (НС1) 2. Працівник перебуває в зоні вибуху (НС2) 3. Працівник дотикається до струмопровідних елементів (НС3) 4. Працівник перебуває в бункері сировини (НС4) 5. В працівника потрапляє шматок сировини (НС5)	1. Хвороба легень (МН1) 2. Тривми і опіки (МН2) 3. Електро травма (МН3) 4. Працівника засипає сировиною (МН4) 5. Травма (МН5)	1. Застосування системи пилоочищення і респіраторів (ЗЗНС1) 2. Унеможливлення появи відкритого полум'я (ЗЗНС2) 3. Наявність заземлення і занулення, перевірка цілісності ізоляції, (ЗЗНС3) 3. Застосування електровібраторів пневмоприсосів, що унеможливають спуск в бункер (ЗЗНС4) 5. Використовувати захисні пристрої і блокування, не відкривати кришку дробарки при роботі (ЗЗНС5)

5. Проміжні бункери обладнуються настилами. Завантажувальні отвори

повинні бути перекриті решітками, отвори в яких не повинні бути більшими 200×200 мм або повинні бути обладнані огорожею, висота якої не менша 1 м. Такими ж огорожами або решітками повинні обладнуватися і бункери в точках завантаження конвеєрних транспортерів.

6. Для виконання робіт зі спуску людей у завантажувальні отвори живильників і бункерів для профілактичного огляду або виконання ремонтних заходів повинен оформлятися наряд-допуск, роботи повинні виконуватися у відповідності до плану виконання заходів. Під час цих заходів потрібно дотримуватися наступних вимог:

а) бункери, його складові, білябункерні майданчики, залізничні підзди на цих ділянках повністю повинні очищатися від сировини і добре провітрюватися. Постійно контролювати стан довколишнього повітря в бункері;

б) забезпечувати постійне спостереження спеціалістами технічного нагляду та обов'язково проводити інструктаж обслуговуючого персоналу у відповідності з виробничими інструкціями з безпечного ведення робіт в ємностях;

в) робочі майданчики приймальних і транспортних механізмів у проміжних бункерах, механізми бункерних перекриттів повинні бути забезпечені попереджувальними знаками, що попереджають про проведення робіт всередині бункерів;

г) до спуску працівників у середину бункеру потрібно відключити і зупинити всі завантажувальні та розвантажувальні живильники, встановити попереджувальні плакати: «Не вмикати! Працюють люди!», вимкнути електричні схеми, вимкнути приводи всього наявного технологічного обладнання;

д) в випадку неможливості запобігання падіння предметів до бункеру, де виконуються роботи, необхідно встановити надійні перекриття, недопускаючи травмування працівників, що знаходяться в бункері;

е) бригада для виконання робіт в бункері повинна мати в своєму складі не менше трьох чоловік, при цьому двоє з них повинні знаходитися над бункером зовні;

ж) необхідно використовувати запобіжні пояси (канати). Навколо всього

периметра приймальної ємності повинен бути натягнутий страхувальний трос (канат) до якого під'єднується страхувальний пояс. Всі запобіжні канати і страхувальні пояси під час експлуатації повинні бути випробувані не рідше одного разу у 6 місяців на величину статичного навантаження – 2250 кН на пртязі 5 хв. і мати спеціальне клеймо, де зазначена дата останньої перевірки. Заборонено прив'язувати канат або трос кріплення запобіжного пояса до рам конвєсєрів, до залізничних рейок, до розвантажувальних візків, та до решти технологічного обладнання;

з) працівники повинні бути забезпечені ізолюючими ЗІЗ для органів дихання;

й) у випадку небезпечної ситуації для обслуговуваного персоналу в середині бункєру людей необхідно негайно вивести;

к) для освітлення в середині ємності повинні використовуватися переносні лампи, напруга яких не вища 12 В.

7. Робоче місце оператора, який контролює подачу сировини в подрібнювач та його роботу, повинне забезпечуватися ґратчастими металевими огорожами для недопущення можливих викидів шматків сировини з подрібнюючого механізму на майданчик.

8. Для видалення зависань часток сировини в робочому просторі подрібнювачів на виробництві повинні розроблятися і затверджуватися головним інженером розпорядження, які визначають способи та послідовність міроприємств і методик безпечного виконання завдань з ліквідації зависань.

В випадку застрявання в робочому просторі подрібнюючих механізмів великих за розмірами шматків сировини, їх потрібно видаляти з устаткування за допомогою підйомних засобів і спеціальних пристосувань. Руйнувати застряглі у подрібнюючому органі шматки сировини або витягувати їх вручну суворо забороняється.

Розрізання металевих частин, які випадково потрапили в подрібнювач, повинно відбуватись під наглядом представника технічного нагляду з допуском у відповідності з проектом організації робіт.

9. У випадку аварійної зупинки подрібнювача під «заваном» розвантаження і запуск її слід виконувати у відповідності з проектом організації робіт, який затверджений головним інженером організації.

10. Перекриття і майданчики, на яких розміщені вібраційні грохоти, попередньо розраховуються на показник вібростійкості. Грохоти повинні бути встановлені на спеціальні віброізолюючі основи, здатні поглинати вібрацію, виникаючу під час роботи обладнання.

11. Грохоти і дробарки повинні бути оснащені захисними пристосуваннями, що захищають обслуговуючий персонал від випадкових викидів шматків сировини.

Обслуговуючий персонал, що працює з грохотами, повинен забезпечуватися протишумовими навушниками.

12. «Шурування» у прохідних шляхах живильників, по яких поступає сировина на грохот, в розвантажувальних та завантажувальних отворах під час роботи живильників і грохотів можливе тільки з використанням спеціальних пристроїв і пристосувань.

13. Очищення лотків електровіброживильників в робочому процесі, стояти на борту ємності живильника, торкатися їх поверхні, очищати зазори на віброприводах забороняється.

14. Під час роботим барабанного грохоту заборонено очищати сита, очищати або замінювати ролики,

– робота грохотів зі знятою огорожею.

15. Дробарки молоткової конструкції повинні обладнуватися блокуванням, що недопускає можливість включення подрібнювача за відкритої кришки корпусу. Відкривання і закриття корпусу горизонтальних молоткових подрібнювачів, маса кришки яких більша 50 кг виконується лише механізованим способом.

16. Огороджувальні конструкції деталей, що обертаються і механізми транспортування подрібненої сировини блокуються з пусковим механізмом подрібнювача, що не допускає запуск дробарки в випадку знятої огорожі або її відсут-

ності, пусковий механізм подрібнювача блокують з пусковим механізмом живильника. Процес завантаження і вивантаження продукції механізується повністю і за можливістю автоматизується. Конвеєри, живильники та інші механізми, що транспортують сировину, блокуються з подрібнювачем таким чином, щоб матеріал

не міг надходити, коли не працює дробарка. Подрібнювачі, зазвичай, оснащуються системами механічного змащування і дистанційним контролем температури підшипникових вузлів. У випадку раптового відключення двигуна подрібнювача від перевантаження або з якихось інших причин у випадку перебування

дробарки під «завалом» (заповнення сировиною), запуск її в експлуатацію без

зачистки камери подрібнення не допускається. В таких випадках необхідно вимикання електричного живлення пристрою, на пускових механізмах необхідно вивісити плакати з написом «Не вмикати - працюють люди!», очистити механізм живлення і розвантажити і очистити дробильну камеру подрібнювача від матеріалу.

17. Процес подрібнення сировини, яка схильна до утворення вибухонебезпечного пилу, повинен проводитися відповідно до встановлених заходів, що запобігають цій небезпеці.

18. Для недопущення потрапляння металевих предметів у подрібнювачах із середнім і дрібним дробленням стрічкові конвеєри для транспортування матеріалу, повинні обладнуватися магнітними металопукачами.

19. Очищення металу з магнітного сепаратора з конвеєра, який не виведений з робочої зони, можливе лише після зупинки конвеєрного транспортера і вимкнення магнітної системи. У випадку заклинювання металу в просторі подрібнення дробарки його видаляють за допомогою електрокисневої різки.

20. Шум, який виник під час роботи дробильних машин, за своїми параметрами високочастотний і здатен досягти високого рівня, з цієї причини дробильні ділянки розташовують в добре ізольованих приміщеннях.

21. Під час роботи віброагрегатів і подрібнювачів може виникати сумарна вібрація. Тому конструктивно це обладнання повинно монтуватися у

відповідності з «Санітарними нормами і правилами з обмеження вібрації на робочих місцях».

22. Боротьба з утворенням пилу, витримування його вмісту в повітрі в гранично встановлених концентраціях досягається, в основному, за рахунок зволоження матеріалу та герметизації відповідного обладнання, аспірації ділянок пилоутворення, гідрознепилення та систематичним мокрим прибиранням. Адміністрація виробництва визначає допустимий ступінь зволоження матеріалу, а також норму вологи на усіх етапах виробництва. Всі основні майданчики оснащені періодично діючими форсунками – туманоутворювачами, тому що сухе прибирання виробничих приміщень буде додатковим джерелом утворення пилу в приміщеннях.

23. В процесі обслуговування дробарок повинен реалізуватися комплекс організаційних та технічних заходів, які гарантують безпечні та здорові умови праці на робочих місцях, встановлення спеціальних загороджень і місць для обслуговування обладнання, виконання вимог до технічної експлуатації, регулярний інструктаж працівників, недопущення пилоутворення під час подрібнення сухої сировини.

24. Під час монтажу комплектуючих подрібнювача завантажувальні і розвантажувальні люки захищені суцільними металевими ґратами.

25. Персоналу, що обслуговує дробарку, заборонено залишати робочі місця під час експлуатації подрібнювача та передоручати ввімкнення і еностерження за процесом подрібнювання іншим робітникам, демонтувати або ремонтувати загородження під час ввімкненого обладнання, заходити за огорожу, працювати за відключеної системи вентиляції та з відкритими отворами пилового уловлювання, дозволяти стороннім особам бути присутніми на робочих майданчиках біля ввімкненого подрібнювача.

26. Перед виконанням ремонтних робіт подрібнювач очищується від сировини. Демонтаж деталей та складових одиниць дробарок великої маси виконують вантажопідйомним обладнанням під наглядом відповідальних осіб.

4.3. Встановлення потрібного повітрообміну при підвищеному запиленні і вибір обладнання для пиловидалення із повітря робочої зони

Найбільш небезпечним і руйнівним елементом є дрібний пи́л, що невидимий, розмір якого 2-10 мікрон. Він представляє собою дрібненькі часточки тирси, які витають в повітрі і зависають навіть після зупинки обладнання. Ці невидимі пилинки вдихаються з повітрям і спричиняють виникнення крихітних ран і рубців на поверхні легенів людини. Спочатку принесена шкода непомітна, але при тривалому терміні роботи це спричиняє значне зменшення об'єму легень, та викликає ряд інших порушень в роботі організму людини. Деревний пи́л має вплив на обслуговуючий персонал як подразник. Він подразнює все, з чим може контактувати, з очима, шкірою, легенями. Контакти з пилом викликають різкі реакції організму, призводять до свербіжу, чхання, кашлю, нежиті, висипу, астми і задишки. Вплив пи́лу деревини на організм людини є підступним ще й тому, що кожен наступний контакт з ним робить організм все більш і більш чутливим до його негативної дії. Навіть у випадку, коли робітник не відчуває ніякого алергічного впливу на початку роботи, то в подальшому такі контакти можуть викликати алергію, висипи, запалення та ряд інших хворобливих наслідків [14].

Значення необхідного повітрообміну за підвищеної запиленості в виробничих приміщеннях отримуємо з виразу [20]:

$$Q = \frac{G}{C_{\text{дон}} - C_3}, \quad (4.1)$$

де Q – значення необхідного повітрообміну за підвищеної концентрації шкідливих викидів, м³/год; G – кількість видаленого пи́лу із виробничого приміщення, мг/год; $C_{\text{дон}}$ – величина допустимої концентрації пи́лу в повітрі виробничого приміщення, мг/м³; C_3 – показник концентрації пи́лу в припливному зовні повітрі, мг/м³.

Величина допустимої концентрації пи́лу деревини в повітрі виробничого приміщення дорівнює $C_{\text{дон}}=6$ мг/м³ [11]; величина допустимої концентрації пи́лу

деревини в атмосферному повітрі дорівнює не більше $C_1=0,5 \text{ мг/м}^3$. Під час роботи подрібнювача щогодини викидається в навколишнє повітря 0,2 кг пилу [8, с. 28].

Тоді величина потрібного нам повітрообміну з метою видалення пилу в виробничих приміщеннях з отримання паливних гранул по формулі (4.1) становитиме:

$$Q_2 = \frac{0,2 \cdot 10^6}{6 \cdot 0,5} = 36364 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для виловидалення із повітря в робочій зоні обираємо два вентилятора марки ВЦ-2-28 №10, максимальна продуктивність яких $19,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$, потужність електричного двигуна 37 кВт.

Для пилословлювання обираємо циклон марки ЦН-15У-1400 (рис. 4.2) максимальна продуктивність якого $19500 \text{ м}^3/\text{год}$, величина його діаметра 1400 мм, значення висота – 4635 мм, маса – 800 кг [23].



Рис. 4.1. Вентилятор ВЦ-2-28 №10. Загальний вигляд.



Рис. 4.2. Циклон ЦН-15У-1400. Загальний вигляд.

Висновки до розділу 4

1. Під час роботи подрібнюючого механізму можуть мати місце такі виробничі небезпеки: утворення пилу, його вибух, обвалювання склепіння матеріалу в

бункері, викиди часток матеріалу із дробарки, порушення ізоляції електричної проводки тощо. Описані способи запобігання та недопущення небезпечних ситуацій.

2. Визначений необхідний повітряний обмін для видалення пилу в приміщеннях для ліній виробництва деревних гранул під час подрібнення сировини – 36365 м³/год. Для процесу видалення пилу в робочій зоні обираємо два вентилятора марки ВЦ-2-28 №10 величина максимальної продуктивності яких 19,5·10³ м³/год. при потужності електричний двигун 37 кВт. Для пилоуловлювання обираємо циклон марки ЦН-15У-1400.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Техніко-економічний розрахунок впровадження проекту проводиться за показниками приведених витрат. Терміном окупності вважається відношення капітальних вкладень до величини приведених витрат. Термін окупності не повинен перевищувати сім років, в інших випадках такий проект вважається не ефективним за економічними показниками.

Величину приведених витрат розраховують по формулі [29]:

$$Z_n = C + E_n \cdot K, \quad (5.1)$$

де Z_n – величина приведених витрат, грн.; C – значення собівартості продукції, грн.; E_n – значення нормативного коефіцієнту економічної ефективності вкладень;

K – величина капітальних вкладень, грн.

Значення нормативного коефіцієнту економічної ефективності вкладень E_n дорівнює $E_n = 0,15$ [1].

Величина капітальних вкладень у лінію гранулювання розраховують по формулі [22]:

$$K = N_l \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (5.2)$$

де K_w – величина капітальних вкладень, грн.; N_l – цінова вартість лінії виробництва гранул, грн.; k_1 – значення коефіцієнта складських, торгівельних та транспор-

тних витрат, $k_1 = 1,1$; k_2 – значення коефіцієнта витрат на підготовку фундаме-

нта, $k_2 = 1,2$; k_3 – значення коефіцієнта витрат на монтаж обладнання, $k_3 = 1,13$

[22].

Ціна міні-лінії продуктивністю 350 кг/год. становить 227450 грн. [26]. Ціна спроектованої дробарки – 62100 грн. [32]. Загальна вартість лінії гранулювання со-

ломки із розробленою дробаркою буде становити: $227450 + 62100 = 289550$ грн.

В цьому випадку величина капітальних вкладень по формулі (5.2) буде дорівнювати:

$$K = 289550 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,13 = 434831 \text{ грн.}$$

Значення собівартості в формулі (6.1) отримуємо з виразу:

$$C = C_a + C_p + C_{el} + C_z + C_{сир} \quad (5.3)$$

де C_a – величина амортизаційних затрат, грн.; C_p – величина затрат на проведення технічного обслуговування і ремонту, грн.; C_{el} – величина затрат на придбання електричної енергії, грн.; C_z – величина затрат на виплату заробітної плати, грн.; $C_{сир}$ – величина затрат на придбання сировини, грн.

Амортизаційні затрати визначають по формулі [27]:

$$C_a = \frac{K}{c_a} \quad (5.4)$$

де K – вартість обладнання, грн.; c_a – термін використання обладнання, р.

Допустимий термін використання обладнання четвертої класифікаційної групи, до якої відноситься обладнання з гранулювання – 5 років [27].

Амортизаційні витрати по формулі (5.4) становитимуть:

$$C_a = \frac{434831}{5} = 86966,2 \text{ грн.}$$

Затрати на проведення технічного обслуговування і ремонту розраховуються по формулі (3.7) і становитимуть:

$$C_p = \frac{K \cdot H_p}{100} \quad (5.5)$$

де H_p – норма відрахувань коштів на проведення ремонту і технічного обслуговування (5% [38])

Затрати на проведення ремонту і технічного обслуговування лінії гранулювання з дробаркою по формулі (4.5) будуть становити:

$$Z_{рсм} = \frac{434831 \cdot 5}{100} = 21741,55 \text{ грн.}$$

Затрати на придбання електричної енергії визначають по формулі:

$$C_{el} = U_{el} \cdot N_{el_двиг} \cdot T_1 \cdot T_2 \quad (5.6)$$

де C_{el} – ціна електричної енергії, грн./кВт·год.; N_{el} – величина потужності електродвигунів для лінії гранулювання, кВт.; T_1 – число робочих днів, шт.; T_2 – тривалість зміни, год.

Вартість електроенергії разом з ПДВ з 1 жовтня 2020 р. для користувачів II класу (напруга до 27,5 кВ) становить 372,66 коп./кВт·год. [50]. Лінія гранулювання ГТЛ-304 має потужність 90 кВт [30], подрібнювач – 7,5 кВт, сумарна потужність електродвигунів становитиме: $90 + 7,5 = 97,5$ кВт.

Кількість робочих днів в 2021 році становить 251 робочих днів [43].

За 8 год.робочої зміни по формулі (5.6) затрати на придбання електричної енергії становлять:

$$C_{el} = 3,7266 \cdot 97,5 \cdot 250 \cdot 8 = 729594 \text{ грн.}$$

Затрати на виплату заробітної плати визначають по формулі:

$$C_o = TC \cdot n_{роб} \cdot T, \quad (5.7)$$

де TC – величина тарифної ставки, грн./год.; $n_{роб}$ – чисельність персоналу, чол.; T – робочий час за рік, год.

Величина тарифної ставки розраховується за наступною методикою. Величину тарифної ставки робітника I розряду вважають базовою для встановлення тарифної сітки, що не нижча 110% розміру мінімальної зарплати. Робітник IV розряду (оператор подрібнювача та лінії гранулювання) має коефіцієнт доплати 1,27 [40].

Мінімальна заробітна плата для робітника з I тарифним розрядом в Україні в 2021 р. становить 2270 грн./міс. [40]. Тривалість часу роботи не може бути більшим 40 год/тиждень [50]. Календарний місяць має 4 тижні. Отже значення мінімальної зарплати за годину буде становити: $2270 / (40 \cdot 4) = 14,2$ грн./годину. Розмір заробітної плати оператора 4 розряду буде становити: $14,2 \cdot 1,27 = 18,0$ грн./годину. Один оператор в календарному році працюватиме: $250 \cdot 8 = 2000$ годин.

Затрати на виплату заробітної плати по формулі (5.7) становитимуть:

$$C_o = 18,0 \cdot 2 \cdot 2000 = 72000 \text{ грн.}$$

Затрати на придбання сировини розраховують по формулі:

$$C_c = C_c \cdot m, \quad (5.8)$$

де C_c – цінова вартість сировини, грн./т; m – вага сировини, тонн.

Вартість соломи в тюках – 1000 грн./т [42]. Знаючи продуктивність лінії для отримання гранул – 325 кг/год., вона спроможна гранулювати за рік $325 \cdot 250 \cdot 8 = 650000$ кг, або 650,0 т соломи.

Витрати на придбання сировини за рік (тюкована солома) по формулі (5.8) становитимуть.

$$C_c = 1000 \cdot 650,0 = 650000 \text{ грн.}$$

Значення собівартості соломяних гранул по формулі (5.3) дорівнюватимуть.

$$C = 86379 + 21595 + 729594 + 72000 + 650000 = 1559567 \text{ грн.},$$

Якщо перерахувати на тонну матеріалу:

$$C = \frac{1559567}{650} = 2399,3 \text{ грн./т.}$$

З виразу (5.1) величина приведених витрат становить:

$$Z_{n_c} = 1559567 + 0,15 \cdot 431893 = 1624351 \text{ грн.}, \text{ або}$$

$$Z_{n_c} = \frac{1624351}{650} = 2499,0 \text{ грн./т.}$$

Період окупності інвестицій розраховується по формулі [53]:

$$P = \frac{K}{F} \quad (5.9)$$

де P – час окупності інвестицій, років; K – величина капітальних вкладень, грн.;

F – прибуток від реалізованої продукції на протязі року, грн./рік.

Величину прибутку від реалізації продукції F визначають по формулі:

$$F = (C_{cp} - Z_{nc}) \cdot m_{cp} \quad (5.10)$$

де C_{cp} – цінова вартість гранульованої продукції, грн./т, m_{cp} – вага гранульованої продукції, т.

Гранули реалізовуватимуться по ціні 2500 грн./т [12]. Отриманий від реалізації прибуток по формулі (4.10) буде дорівнюватиме:

$$F = (2500 - 2399,3) \cdot 650 = 65433 \text{ грн.}$$

Період окупності інвестиційних вкладень по формулі (5.11) дорівнюватиме:

$$P = \frac{431893}{65433} = 6,6 \text{ років.}$$

Результати техніко-економічних розрахунків проекту лінії виробництва паливних гранул із соломи з розробкою подрібнювача в СФГ «Колос» показані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Висновки техніко-економічної оцінки впровадження лінії виробництва паливних гранул із соломи з розробкою подрібнювача в СФГ «Колос»

№	Показник	Значення
1	Величина капітальних вкладень, грн.	431 893
2	Затрати на проведення технічного обслуговування та ремонт, грн.	21 595
3	Амортизаційні зарплати, грн.	86 379
4	Затрати на придбання сировини, грн.	650 000
5	Затрати на виплату заробітної плати, грн.	72 000
6	Затрати на придбання електричної енергії, грн.	729 594
7	Величина собівартості паливних гранул, грн./т	1 559 567 2399,3
8	Величина приведених затрат, грн./т	1 624 351 2499
9	Вартість паливних гранул для продажу, грн.	2500
10	Розмір прибутку, грн./рік	65 433
11	Термін окупності інвестицій, роки	6,6

Висновки до розділу 5

Собівартість (розрахункова) пеллет із соломи в СФГ «Колос» становить 2399,3 грн./т, приведені затрати – 2499 грн./т. Прибуток від продажу отриманих

паливних гранул за ціною 2500 грн./т буде становити 65 433 грн., термін окупності інвестицій – 6,6 роки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що якість вироблених паливних гранул залежить від розміру сировини (1-4 мм), тому сировину для виробництва паливних гранул потрібно подрібнювати. Це здійснюється на дробарках, які бувають валкові, конусні, щічні. Але для дрібного дроблення найчастіше використовують молоткові дробарки.

2. Основні конструкційно-технологічні параметри розробленого молоткового подрібнювача для лінії гранулювання соломи продуктивністю 325 кг/год. становлять:

Продуктивність пристрою, кг/год.	325
Величина середнього діаметра часток матеріалу, що іде на подрібнення, мм	40
Величина середнього діаметра подрібненого матеріалу, мм	4
Значення довжини молотка, мм	50
Значення ширини молотка, мм	25
Значення товщини молотка, мм	10
Віддаль від центра маси до осі отвору розташування молотка, мм	12
Віддаль від кінця молотка до осі отвору, протилежного розташуванню молотка, мм	37
Віддаль від осі розташування молотка до осі ротора, мм	50
Величина радіуса кола розташування центрів маси молотків, мм	62
Значення діаметра ротора, мм	167
Значення довжини ротора, мм	98
Число рядів молотків, шт.	8
Число молотків в ряді, шт.	4
Величина товщини диска, мм	2
Значення потужності, що витрачається на подрібнення, холостий хід та роботу вентиляції, кВт	6,3

3. Для приводу молоткового подрібнювача використовується електродвигун марки 4А112М2У3 з потужністю 7,5 кВт і з частотою обертання ротора 3000 об/хв. З валом дробарки електродвигуна з'єднується через пальцеву муфту.

4. Внаслідок експериментальних досліджень визначено, що зольність паливних гранул, виготовлених із соломи, становить 9,4%, промислових деревних паливних гранул – 14,7%, деревних паливних гранул першого класу – 0,37%.

5. Собівартість (розрахункова) пеллет із соломи в СФГ «Колос» становить 2399,3 грн./т, приведені затрати – 2499 грн./т. Прибуток від продажу отриманих паливних гранул за ціною 2500 грн./т буде становити 65 433 грн., термін окупності інвестицій – 6,6 роки.

6. В процесі роботи дробарки можуть виникнути наступні виробничі небезпеки: пилоутворення, вибух пилу, обрушення склепіння сировини в бункері, викид шматка сировини із дробарки, пошкодження ізоляції електропроводки тощо. Визначені заходи запобігання небезпечним ситуаціям.

7. Необхідний повітрообмін для видалення пилу із приміщення цеху виробництва паливних гранул при подрібненні сировини становить 36364 м³/год. Для видалення пилу із повітря робочої зони приймаємо два вентилятора ВЦ-2-28 №10 максимальною продуктивністю 19,5·10³ м³/год. при потужності електродвигуна 37 кВт. Для уловлювання пилу приймаємо циклон ЦН-15У-1400.

Список літературних джерел

1. Ахромкін Є.М. Методична база оцінки ефективності впровадження ресурсозберігаючих технологій. *Ефективна економіка*. 2011. № 1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2011_1_14.
2. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Учебник для вузов. Москва: Машиностроение, 1975. 351 с.
3. Біоенергетичні продукти: від ідеї до втілення: практичний посібник. Під ред. Р. Ю. Тормосова. К.: ТОВ Поліграф плюс, 2015. 208 с.
4. Биомасса как источник энергии. Под ред. С. Соуфера, О. Заборски. М.: Мир, 1985. 368 с.
5. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебн. пособие. Тамбов: ТГТУ, 2004. 75 с.
6. Борщев В.Я., Гусев Ю.И., Промтов М.А., Тимонин А.С. Оборудование для переработки сыпучих материалов. учебн. пособие. Москва: Машиностроение-1, 2006. 208 с.
7. Варес В., Касьяк Ю., Муйсте П., Пиху Т., Соосаар С. Справочник потребителя биотоплива. Таллинн. ТТУ, 2005. 180 с.
8. Временные методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями деревообрабатывающей промышленности. Петрозаводск: Эко-Прогноз, 1992. 58 с.
9. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. Москва: Химия, 1981. 812 с.
10. Гелетуха Г.Г., Петрова Ж.О., Корінчук Д.М., Железна Т.А. та ін. Технології та обладнання для виробництва і споживання альтернативних видів палива. К.: Інститут технічної теплофізики НАН України, 2020. 375 с.
11. ГН 2.2.5.686-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. [Электронный ресурс]. Режим доступа к журн.: <https://docs.cntd.ru/document/1200000525>. (дата обращения: 23.10.2021).

12. Гранульована солома пшенична (гранули / пеллети). Матеріали із сайту flagma.ua [Електронний ресурс]. URL: <https://flagma.ua/uk/granulovana-soloma-pshenichna-granuli-pelleti-o4965312.html/> (дата звернення: 29.10.2021).

13. ГОСТ 12376-71 Дробилки однороторные среднего и мелкого дробления. Технические условия. Действителен от 1973-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1973. 14 с.

14. Древесная пыль и ее вредность для организма. Материалы из сайта Блог Андрея Новака [Электронный ресурс]. URL: <http://andreynoak.ru/bezopasnost/drevesnaya-pyl-i-ee-vrednost-dlya-organizma/> (дата обращения: 22.10.2021).

15. Дробилка молотковая универсальная: паспорт. Макеевка, 2012. 20 с.

16. Дробилки молотковые однороторные нереверсивные. Материалы из сайта Свое дело [Электронный ресурс]. URL: <https://proizvodim.com/drobilki-molotkovye-odnorotornye-nereversivnye.html> (дата обращения: 06.09.2021).

17. ДСТУ 7079:2009. Якість ґрунту. Лабораторні методи аналізування торфу. Загальні вимоги. Дійсний від 01.07.2010. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 7 с.

18. Єременко О.І. Аналіз енергетичного потенціалу біомаси в Україні. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК*. К.: 2013. Вип. 185, ч. 3. С. 347-355.

19. Єременко О.І., Поліщук В.М. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів: монографія. Київ: НУБіП України, 2021. 153 с.

20. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве: учебное пособие. Москва: Агропромиздат, 1985. 175 с.

21. Звуковые свойства древесины. Показатели, характеризующие распространение звука в древесине. Материалы из сайта Древесина [Электронный ресурс]. URL: <http://www.drevesinas.ru/woodstructura/sound/1.html> (дата обращения: 18.09.2021).

22. Инструкция по определению экономической эффективности использо-

вания рационализаторских предложений, изобретений и новой техники в энергетике. Материалы из сайта stroynf.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroynf.ru/Data2/1/4293826/4293826955.htm> (дата обращения: 11.10.2021).

23. Каталог ООО "ЛАНС". 58 с.

24. Клушанцев Б. В., Вихарев С. Н., Степанова Е. Н. Дробилки: конструкция, расчет, особенности эксплуатации. Москва: Машиностроение, 1990. 316 с.

25. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.

26. Линия Гранулирования (комбикормов и пеллет) МЛГ 500 MAX (350 кг/час). Материалы из сайта tmagro.com.ua [Электронный ресурс]. URL: <https://tmagro.com.ua/p422779135-liniya-granulirovaniya-kombikormov.html> (дата обращения: 17.10.2021).

27. Мельник В. І., Ревенко Ю. І., Карабиньош С. С. Амортизація основних засобів. К.: Тоннар, 2012. 26 с.

28. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебное пособие. Ленинград: Колос: Ленингр. отд-ние, 1978. 560 с.

29. Метод розрахунку періоду окупності інвестицій. Матеріали із сайту Навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс]. URL: https://pidru4niki.com/11650503/ekonomika/metod_rozrahunku_periodu_okupnosti_investitsiy (дата звернення: 12.10.2021).

30. Мінікомплекс ГТЛ-304Д. Матеріали із сайту ICK Group [Електронний ресурс]. URL: <https://ick.ua/equipments/minikompleksy-gtl-304d/> (дата звернення: 17.10.2021).

31. Минейко А. М., Поліщук В. М. Системи підготовки біомаси до метанового зброджування. Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: 75-а Всеукраїнська науково-практична студентська конференція, м. Київ, 16-20 березня 2020 р.: тези доповіді. К., 2020. С. 64-65.

32. Молотковая дробилка (дробилка щепы, зернодробилка). Материалы из

сайта prom.ua [Електронний ресурс]. URL: <https://prom.ua/p948266213-molotkova-drobilka-droibilka.html?&primelead=NA> (дата звернення: 17.10.2021).

33. ПБ-03-371-03. Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окучивании руд и концентратов. Серия 03. Вып. 26. Москва: НТЦ «Промышленная безопасность», 2009. 120 с.

34. Поліщук В. М., Войтюк В. Д. Процеси, машини та обладнання виробництва твердих і рідких біопалив: монографія. К.: НУБІП України, 2018. 588 с.

35. Поліщук В. М., Войтюк В. Д., Тарасенко С.Є. Процеси, системи та обладнання для виробництва біопалива: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 548 с.

36. Поліщук В. М., Дубровін В. О., Драгнєв С. В., Лободко М. М., Дубровіна О. В. Розрахунок показників сировини для виготовлення біогазу. К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 24 с.

37. Поліщук В. М., Лобастов І. В., Мороз А. І. Моделювання отримання зернових культур. *Науковий вісник НУБІП України*. 2009. № 134. Ч. 2. С. 59-69.

38. Положення про порядок встановлення амортизації та віднесення амортизаційних відрахувань на витрати виробництва. Матеріали із сайту Верховної Ради України [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1075-96-%D0%BF#Text> (дата звернення: 21.10.2021).

39. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для техникумов. Москва: ГННТХЛ, 1962. 848 с.

40. Посадові оклади за ЄТС 2020, 2021, 2022. Матеріали із сайту Бухгалтер [Електронний ресурс]. URL: <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/posadovi-okladi-za-ets/posadovi-okladi-za-yets-2020-2021-2022/> (дата звернення: 12.10.2021).

41. Присяжная С.П., Присяжная И.М. Обоснование технологических и конструктивных параметров измельчителя соевой соломы. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2011. № 2. С. 20-23.

42. Продам солому пшениці в круглих тюках (балотах). Матеріали із сайту

flagma.ua [Електронний ресурс]. URL: <https://flagma.ua/uk/prodam-solomu-pshenici-v-kruglih-tyukah-balotah-o5051566.html> (дата звернення: 22.10.2021).

43. Робочі дні – 2021. Матеріали із сайту Бухоблік [Електронний ресурс]. URL: <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/3226-3226-robochi-dni.html> (дата звернення: 25.10.2021).

44. Розрахунок концентрації пилу. Матеріали із сайту Студопедія [Електронний ресурс]. URL: https://studopedia.com.ua/1_167015_rozrahunok-kontsentratsii-pilu.html (дата звернення: 02.10.2021).

45. Салів (Миронівський район). Матеріали із сайту Вікіпедія онлайн [Електронний ресурс]. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2_\(%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2_(%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD)) (дата звернення: 14.10.2021).

46. Смолякова В.Л. Обоснование конструктивно-режимных параметров роторной дробилки зерна кукурузы: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 „Технологи и средства механизации сельского хозяйства“. Москва, 2010. 18 с.

47. Смолякова В.Л. Теория исследований процесса разрушения зерна кукурузы. / *Материалы IX международной научно-практической конференции ГИИ «Будущие исследования – 2013»*, (София, 15–25 февраля 2013 г.). Т. 29. Технологии. София: ООД Бял ГРАД-БГ, 2013. С. 21-24.

48. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1. Москва: Энергоатомиздат, 1988. 456 с.

49. Сталь: допускаемые напряжения и механические свойства материалов. Материалы из сайта Развитие [Электронный ресурс]. URL: http://razvitie.ru/?page_id=4121 (дата обращения: 08.09.2021).

50. Тарифи на послуги з передачі та розподілу в 2021 році. Матеріали із сайту Торгова Енергетична Компанія [Електронний ресурс]. URL: <https://tek.energy/storage/prices/electricity/ngyhr1ZhZTB3ibPBOBh38NTC2EG6AQ>

[6UBcbI4me6.pdf](#) (дата звернення: 26.10.2021).

51. Трухачев В.И., Капустин И.В., Ангилеев О.Г., Сребенник В.И. Технологии и технические средства в животноводстве. учебное пособие. Ставрополь: Агрус, 2005. 304 с.

52. Шелудченко Б.А. Методология досліджень екосистеми. Кам'янець-Подільський: В-во ПДАТУ, 2008. 110 с.

53. Формула периода окупаемости. Материалы из сайта Китайское SEO [Электронный ресурс]. URL: <http://anokalintik.ru/formula-sroka-okupaemosti.html> (дата обращения: 14.10.2021).

54. Чуешов В.И., Зайцев О.И., Шебанова С.Т., Чернов М.Ю. Промышленная технология лекарств: учебник. В 2-х т. Том 1; Под ред. проф. В.И. Чуешова Харьков: Издательство НФАУ, 2002. 560 с.

55. EN 17225-1:2014. Solid biofuels. Fuel specifications and classes. General requirements. Publication Date 31.05.2015. London, England: British Standards Institution, 2014. 68 p.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
ДОДАТКИ

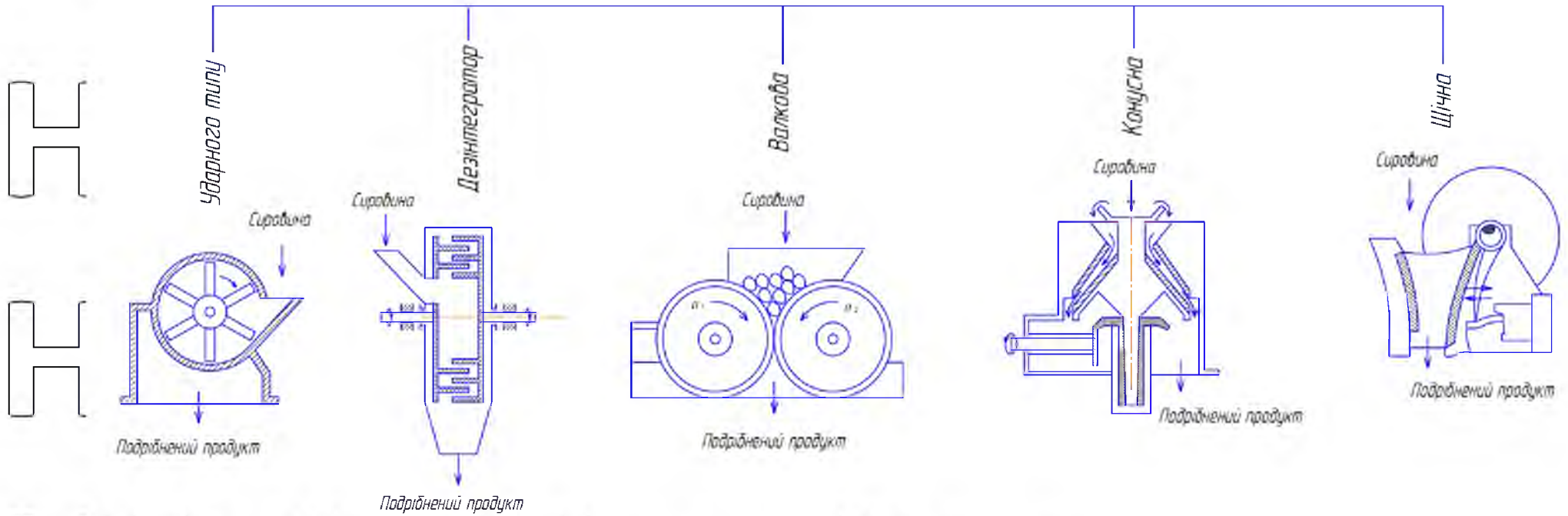
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Дробарки



НУБІП України

НУБІП України

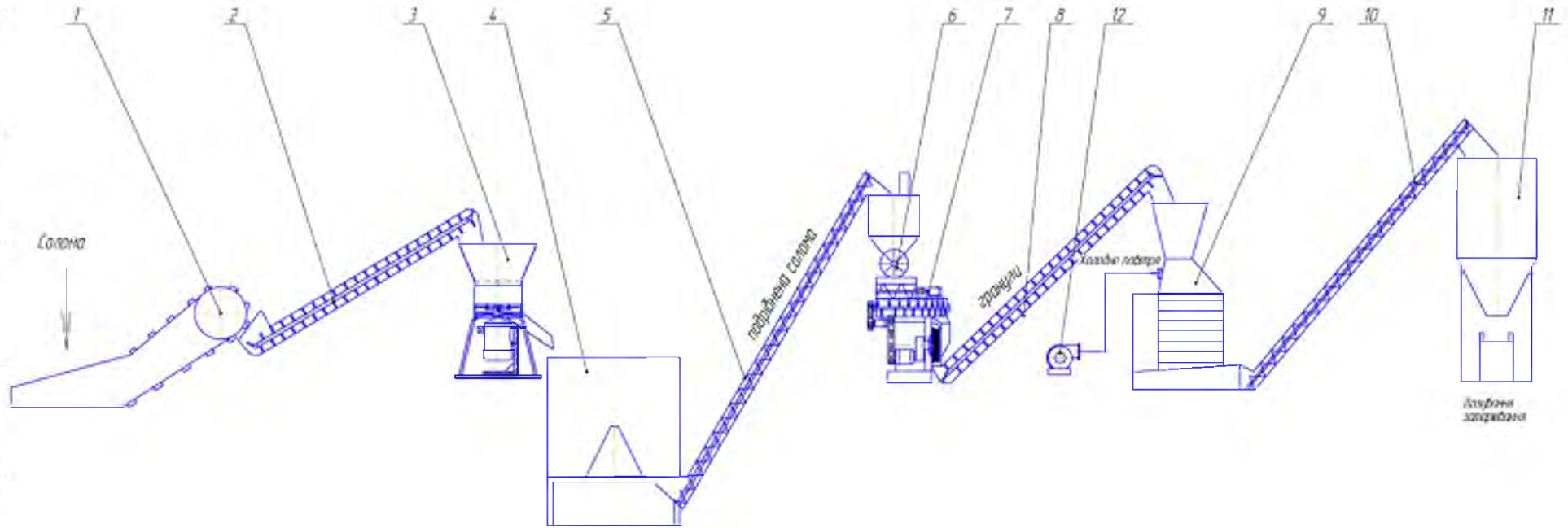
К

*Схема лінії гранулювання комбикормів,
переобладнаної для виробництва паливних гранул*

К

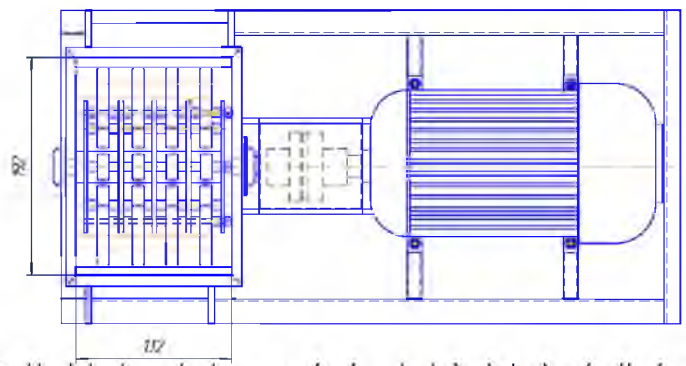
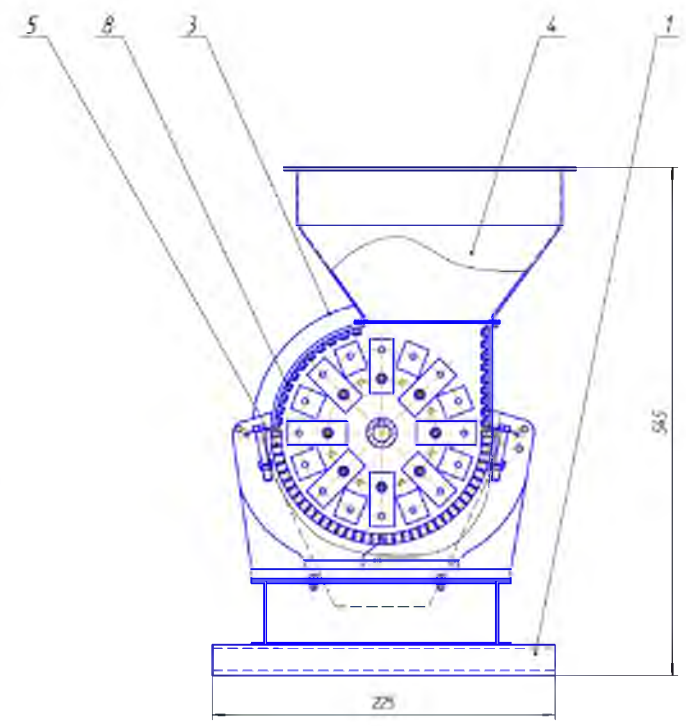
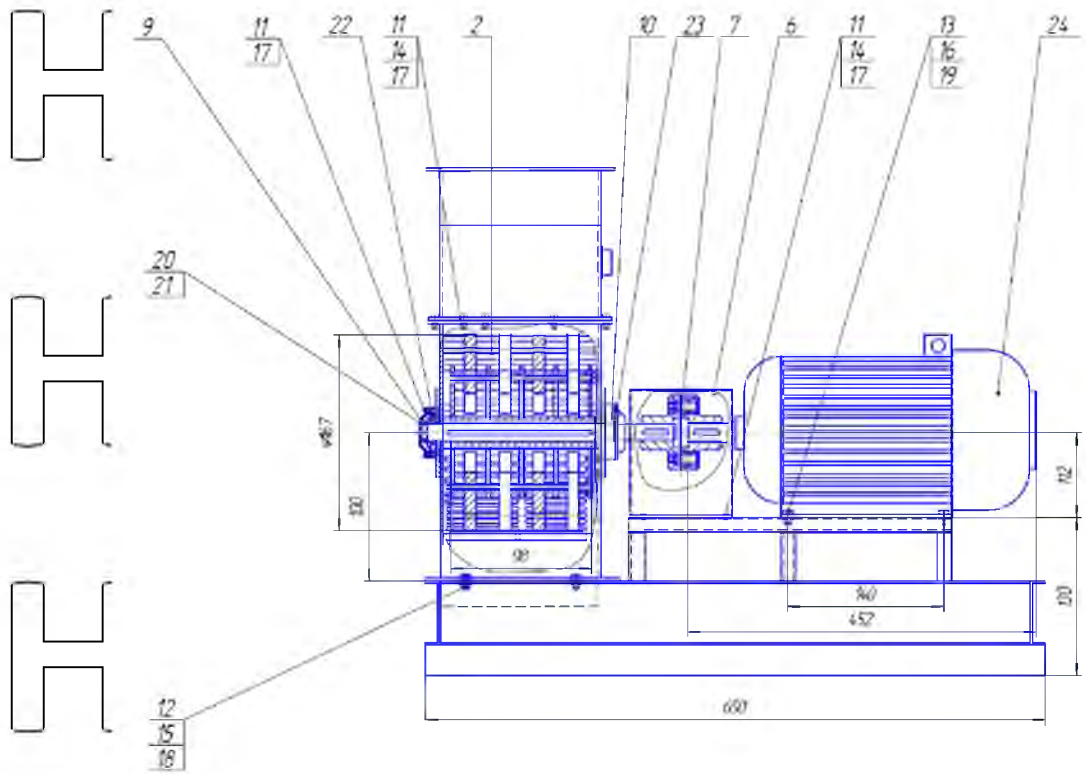
К

К



- 1 - живильник-завантажувач; 2 - скредковий транспортер, 3 - роторна дробарка, 4 - механізований дункер;
 5 - шнековий транспортер, 6- змішувач; 7 - гранулятор, 8 - стрічково-скредковий транспортер;
 9 - охолоджувач-сортувач; 10 - стрічково-скредковий транспортер; 11 - обладнання для дозування і затарювання;
 12 - вентилятор.

НУБІП України



Параметры конструкции:

1 Производительность фидера, кг/сек	325
2 Средний диаметр измельчаемого материала, мм	4
3 Диаметр ротора, мм	47
4 Ширина ротора, мм	98
5 Потребность объема фидера, л/сек	25
6 Ширина молотка, мм	30
7 Ширина молотка, мм	25
8 Толщина молотка, мм	8
9 Количество молотков, шт	12

Размер для заказа:

Формат	Зона	Гвз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Документація						
A1			01.08 МР. 1061 "С"00.000.001 3В	Загальний вигляд		
				Окладальні одиниці		
A4	1		01.08 МР. 1061 "С"01.000.001	Станина	1	
A4	2		01.08 МР. 1061 "С"02.000.001	Ротор	1	
A4	3		01.08 МР. 1061 "С"03.000.001	Корпус камери подрібнення	1	
A4	4		01.08 МР. 1061 "С"04.000.001	Бункер завантажувальний	1	
A4	5		01.08 МР. 1061 "С"05.000.001	Решітка пробивна	1	
A4	6		01.08 МР. 1061 "С"06.000.001	Кожух захисний	1	
A4	7		01.08 МР. 1061 "С"07.000.001	Муфта з'єднувальна	1	
A4	8		01.08 МР. 1061 "С"08.000.001	Відбійник	1	
Деталі						
A4						
A4						
A4	9		01.08 МР. 1061 "С"00.001.001	Кришка	1	
A4	10		01.08 МР. 1061 "С"00.002.001	Кришка	1	
Стандартні вироби						
		11		Болт МВх30.48.016 ГОСТ 7798-70	26	
		12		Болт М12х30.48.016 ГОСТ 7798-70	12	
		13		Болт М16х50.48.016 ГОСТ 7798-70	4	
01.08 МР. 1061 "С"00.000.001						
Изм.	Лист	№ докум.	Гвз.	Дата		
Разраб.	Миненко				Лист	Листов
Пров.	Гбліщук					
Исполн.	Еременко				НУБІП України	
Утв.						

Дробарка молоткова

Копировал

Формат А4

*Результати визначення економічної ефективності виробництва
гранульованого біопалива на лінії ГТЛ-304*

<i>№п/п</i>	<i>Показник</i>	<i>Значення</i>
1	<i>Загальні капіталовкладення, грн</i>	431893
2	<i>Затрати на амортизацію, грн</i>	86379
3	<i>Затрати на ремонт, грн</i>	21595
4	<i>Затрати на електроенергію, грн</i>	729594
5	<i>Затрати на оплату праці, грн</i>	72000
6	<i>Затрати на сировину, грн</i>	650000
7	<i>Собівартість виробництва продукції, грн</i>	1559567
8	<i>грн/т</i>	2399,3
9	<i>Ціна продукції, грн.</i>	2500
10	<i>Прибуток, грн./рік</i>	65433
11	<i>Термін окупності інвестицій, років</i>	6,6

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України